

Vedlegg A1 - Nyttelastberegning	5
Vedlegg A2 - Snølastberegninger	6
Vedlegg A3 - Snølastberegninger OS-prog	8
Vedlegg A4 - Vindlastberegninger	10
Vedlegg A5 - Vindlastberegninger OS-prog	12
Vedlegg A6 - Lastsammenligning av dekker	24
Vedlegg A7 - Kapasitetskontroll plate Pl.C.301	31
Vedlegg A8 - Kapasitetskontroll plate Pl.C.302	42
Vedlegg A9 - Kapasitetskontroll plate Pl.C303	49
Vedlegg A10 - Kapasitetskontroll plate Pl.C.304	55
Vedlegg A11 - Kapasitetskotroll plate Pl.C.305	70
Vedlegg A12 - Effektiv flensbredde	78
Vedlegg A13 - Laster bjelke Bj.C.306	81
Vedlegg A14 - Bjelke Bj.C.306 Nyttelast i begge felt	84
Vedlegg A15 - Bjelke Bj.C.306 Nyttelast i venstre felt	102
Vedlegg A16 - Bjelke Bj.C.306 Nyttelast i høyre felt	120
Vedlegg A17 - Laster bjelke Bj.C.307	138
Vedlegg A18 - Bjelk Bj.C.307 nr.1 Nyttelast i beggde felt	141
Vedlegg A19 - Bjelke Bj.C.307 nr.1 Nyttelast i venstre felt	153
Vedlegg A20 - Bjelke Bj.C.307 nr.1 Nyttelast i høyre felt	165
Vedlegg A21 - Bjelke Bj.C.307 nr.2 Nyttelast i begge felt	177
Vedlegg A22 - Bjelke Bj.C.307 nr.2 Nyttelast i venstre felt	189
Vedlegg A23 - Bjelke Bj.C.307 nr.2 Nyttelast i høyre felt	201
Vedlegg A24 - Laster bjelke Bj.C.308	213
Vedlegg A25 - Bjelke Bj.C.308 Nyttelast i begge felt	215
Vedlegg A26 - Bjelke Bj.C.308 Nyttelast i venstre felt	231
Vedlegg A27 - Bjelke Bj.C.308 Nyttelast i høyre felt	247
Vedlegg A28 - Skjærkontroll bjelker	263
Vedlegg A29 - Forslag til forbedring plate PL.C.305	266
Vedlegg A30 - Eksisterende plate PL.C.305 etter forbedring	275

Vedlegg A31 - Bruksgrensekontroll av ny plate Pl.C.305 _____	277
Vedlegg A32 - Dimensjonering av stålbjelke i bruddgrense _____	281
Vedlegg A33 - Dimensjonering i bruksgrense for stålbjelker _____	285
Vedlegg A34 - Conlit brannsikring for stålbjelke _____	287
Vedlegg A35 - Laster bjelke Bj.C.306 etter forbedring _____	288
Vedlegg A36 - Bj.C.306 etter forbedring -nyttelast begge felt _____	290
Vedlegg A37 - Bj.C.306 etter forbedring -nyttelast venstre felt _____	308
Vedlegg A38 - Bj.C.306 etter forbedring -nyttelast høyre felt _____	326
Vedlegg A39 - Laster bjelke Bj.C.307 etter forbedring _____	344
Vedlegg A40 - Bj.C.307 nr.1 etter forbedring -nytte begge felt _____	348
Vedlegg A41 - Bj.C.307 nr.1 etter forbedring -nytte venstre felt _____	360
Vedlegg A42 - Bj.C.307 nr.1 etter forbedring -nytte høyre felt _____	372
Vedlegg A43 - Bj.C.307 nr.2 etter forsterkning -nytte begge felt _____	384
Vedlegg A44 - Bj.C.307 nr.2 etter forbedring -nytte venstre felt _____	396
Vedlegg A45 - Bj.C.307 nr.2 etter forbedring -nytte høyre felt _____	408
Vedlegg A46 - Kapasitetskontroll for bjelker uten flens _____	420
Vedlegg A47 - Laster bjelke Bj.C.308 etter forbedring _____	423
Vedlegg A48 - Bj.C.308 etter forbedring -nyttelast i begge felt _____	425
Vedlegg A49 - Bj.C.308 etter forbedring -nyttelast i venstre felt _____	441
Vedlegg A50 - Bj.C.308 etter forbedring -nyttelast i høyre felt _____	457
Vedlegg A51 - Skjærkontroll bjelker etter forbedring _____	473
Vedlegg A52 - Bruksgrenselaster bjelke Bj.C.306 _____	476
Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll bjelke Bj.C.306 _____	485
Vedlegg A54 - Bruksgrenselaster bjelke Bj.C.307 nr.1 _____	497
Vedlegg A55 - Bruksgrensekontroll bjelke Bj.C.307 nr.1 _____	504
Vedlegg A56 - Bruksgrenselaster bjelke Bj.C.307 nr.2 _____	513
Vedlegg A57 - Bruksgrensekontroll bjelke Bj.C.307 nr.2 _____	526
Vedlegg A58 - Beregning Crossmetoden _____	535
Vedlegg A59 - Kapasitetsberegning søyle S.C.308 _____	559
Vedlegg A60 - Kapasitetsberegning søyle S.C.309 _____	561

Vedlegg A61 - Kapasitetsberegning søyle S.C.315	563
Vedlegg A62 - Kapasitetsberegning søyle S.C.317	565
Vedlegg A63 - Kapasitetsberegning søyle S.C.322	567
Vedlegg A64 - Kapasitetsberegning søyle S.C.324	569
Vedlegg A65 - Total belastning søyler i 2. og 1. etasje	571
Vedlegg A66 - Kapasitetsberegning søyle S.C.208	577
Vedlegg A67 - Kapasitetsberegning søyle S.C.209	579
Vedlegg A68 - Kapasitetsberegning søyle S.C.212	581
Vedlegg A69 - Kapasitetsberegning søyle S.C.213	583
Vedlegg A70 - Kapasitetsberegning søyle S.C.214	585
Vedlegg A71 - Kapasitetsberegning søyle S.C.219	587
Vedlegg A72 - Kapasitetsberegning søyle S.C.221	589
Vedlegg A73 - Kapasitetsberegning søyle S.C.226	591
Vedlegg A74 - Kapasitetsberegning søyle S.C.228	593
Vedlegg A75 - Kapasitetsberegning søyle S.C.108	595
Vedlegg A76 - Kapasitetsberegning søyle S.C.109	597
Vedlegg A77 - Kapasitetsberegning søyle S.C.113	599
Vedlegg A78 - Kapasitetsberegning søyle S.C.114	601
Vedlegg A79 - Kapasitetsberegning søyle S.C.115	603
Vedlegg A80 - Kapasitetsberegning søyle S.C.117	605
Vedlegg A81 - Kapasitetsberegning søyle S.C.119	607
Vedlegg A82 - Kapasitetsberegning søyle S.C.121	609
Vedlegg A83 - Kapasitetsberegning søyle S.C.122	611
Vedlegg A84 - Kapasitetsberegning søyle S.C.124	613
Vedlegg A85 - Kapasitetsberegning søyle S.C.126	615
Vedlegg A86 - Kapasitetsberegning søyle S.C.128	617
Vedlegg A87 - Kontroll fundamenter	619
Vedlegg A88 - Forsterkning bjelke Bj.C.306 i 1.felt	624
Vedlegg A89 - Forsterkning bjelke Bj.C.306 i 4. felt	642
Vedlegg A90 - Forsterkning bjelke Bj.C.306 i 6.felt	660

Vedlegg A91 - Forsterkning bjelke Bj.C.306 over 2. støtte _____	678
Vedlegg A92 - Forsterkning bjelke Bj.C.306 over 4. støtte _____	685
Vedlegg A93 - Forsterkning bjelke Bj.C.306 over 6. støtte _____	703
Vedlegg A94 - Forsterkning bjelke Bj.C.306 skjær _____	722
Vedlegg A95 - Forsterkning bjelke Bj.C.307 nr.1 over 2. støtte _____	727
Vedlegg A96 - Forsterkning bjelke Bj.C.307 nr.1 over 3. støtte _____	750
Vedlegg A97 - Forsterkning bjelke Bj.C.307 nr.2 i 1. felt _____	773
Vedlegg A98 - Forsterkning bjelke Bj.C.307 nr.2 over 2. støtte _____	793
Vedlegg A99 - Forsterkning bjelke Bj.C.307 nr.2 over 3. støtte _____	816
Vedlegg A100 - Forsterkning søyle S.C.315 _____	839
Vedlegg A101 - Kapasitetsberegning søyle S.C.315 med B25 _____	854
Vedlegg A102 - Kapasitetsberegning søyle S.C.315 med B30 _____	856
Vedlegg A103 - Forsterkning søyle S.C.317 _____	858
Vedlegg A104 - Kapasitetsberegning søyle S.C.317 med B25 _____	873
Vedlegg A105 - Kapasitetsberegning søyle S.C.317 med B30 _____	875
Vedlegg A106 - Forsterkning søyle S.C.322 _____	877
Vedlegg A107 - Kapasitetsberegning søyle S.C.322 med B25 _____	892
Vedlegg A108 - Kapasitetsberegning søyle S.C.322 med B30 _____	894
Vedlegg A109 - Forsterkning søyle S.C.324 _____	896
Vedlegg A110 - Kapasitetsberegning søyle S.C.324 med B25 _____	911
Vedlegg A111 - Kapasitetsberegning søyle S.C.324 med B30 _____	913

Vedlegg A1 - Nyttelastberegning

NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008

4. etasje:

Tabell NA.6.1 C1: Undervisningslokale

Tabell NA.6.2 $q_{k.4} := 3.0 \frac{kN}{m^2}$

3. etasje:

Tabell NA.6.1 B: Kontorer

Tabell NA.6.2 $q_{k.3} := 3.0 \frac{kN}{m^2}$

2. etasje:

Tabell NA.6.1 D1: Kjøpesenter

Tabell NA.6.2 $q_{k.2} := 5.0 \frac{kN}{m^2}$

1. etasje:

Tabell NA.6.1 D1: kjøpesenter

Tabell NA.6.2 $q_{k.1} := 5.0 \frac{kN}{m^2}$

Tak tappehallen:

Tabell NA.6.1 A: Balkonger og verandaer

Tabell NA.6.2 $q_{k.t} := 4.0 \frac{kN}{m^2}$

Vedlegg A2 - Snølastberegninger

NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008

Tabell NA.4.1(901) Bergen $S_{k0} := 2.0 \frac{kN}{m^2}$ $H_g := 150 m$ $\Delta S_k := 0.5$

Tapperiets høyde over havet: $H := 20 m$

NA.4.1(1) $H < H_g$ $\rightarrow S_k := S_{k0} = (2 \cdot 10^3) Pa$ snølast på mark

Tabell 5.2 Formfaktor for snølast Takvinkel på bygg B og C: 30°

Takvinkel på tappehallen: omtrent 0°

Formfaktor for takvinkel mellom 0 og 30° : $\mu_1 := 0.8$

Tabell 5.1 Normal topografi $C_e := 1.0$

[5.2(8)] Termisk koeffisient $C_t := 1.0$

Bygg B og C:

Figur 5.3 Situasjon (ii)/(iii) $\mu_{i,1} := 0.5 \cdot \mu_1$ $\mu_{i,2} := \mu_1$

Karakteristisk snølast:

$$S_1 := \mu_{i,1} \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 800 Pa \quad (5.1)$$

$$S_2 := \mu_{i,2} \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = (1.6 \cdot 10^3) Pa \quad (5.1)$$

Tappehallen:

[5.3.6] Formfaktor for tak nært høyere byggverk

Bygg B og C har snøfangere $\rightarrow \mu_s := 0$

Figur 5.7 $b_{1,B} := 18.5 m$ $b_{1,C} := 15.75 m$ $h := 4.42 m$

$b_{2,B} := 45 m$ $b_{2,C} := 30 m$

$$L_s := 2 \cdot h = 8.84 m \quad (5.9)$$

Formfaktor grunnet vind:

$$\mu_{w.B} := \frac{(b_{1.B} + b_{2.B})}{2 \cdot h} = 7.183 \quad \text{fra bygg B} \quad (5.8)$$

$$\gamma := 2 \frac{kN}{m^3} \quad \mu_g := \frac{(\gamma \cdot h)}{S_k} = 4.42$$

$$\mu_{w.B} \leq \mu_g = 0 \quad \rightarrow \quad \mu_{w.B} := \mu_g = 4.42$$

$$\mu_{w.C} := \frac{(b_{1.C} + b_{2.C})}{2 \cdot h} = 5.175 \quad \text{fra bygg C} \quad (5.8)$$

$$\mu_{w.C} \leq \mu_g = 0 \quad \rightarrow \quad \mu_{w.C} := \mu_g = 4.42$$

NA.5.3.6(1) Begrensninger $0.8 \leq \mu_w \leq 4.0$

$$\mu_w := 4.0 \quad \text{For både bygg B og C}$$

$$\mu_2 := \mu_s + \mu_w = 4 \quad (5.7)$$

$$S_{t.1} := \mu_1 \cdot S_k = (1.6 \cdot 10^3) \text{ Pa} \quad (5.1)$$

$$S_{t.2} := \mu_2 \cdot S_k = (8 \cdot 10^3) \text{ Pa} \quad (5.1)$$

[6.2(2)] Snødriver ved framspring og hindringer - for takoppbygg

$$\mu_1 := 0.8 \quad \mu_2 := \frac{(\gamma \cdot h)}{S_k} = 4.42 \quad (6.1)$$

$$0.8 \leq \mu_2 \leq 2.0 = 0 \quad \rightarrow \quad \mu_2 := 2.0 \quad (6.2)$$

$$S_{t.3} := \mu_1 \cdot S_k = (1.6 \cdot 10^3) \text{ Pa} \quad S_{t.4} := \mu_2 \cdot S_k = (4 \cdot 10^3) \text{ Pa}$$

Forenklet brukes interpolasjon til å finne en verdi for snølasten over taket på tappehallen. Denne vil gå fra kant av tak og frem til en avtand ls fra bygg B og C.

$$L_1 := 11.16 \text{ m} \quad \text{Lengde på lasten } S_{t.1}$$

$$L_4 := 25 \text{ m} \quad \text{Lengde på lasten } S_{t.4}$$

$$S_T := \frac{((S_{t.1} \cdot L_1) + (S_{t.4} \cdot L_4))}{L_1 + L_4} = (3.259 \cdot 10^3) \text{ Pa} \quad \text{Karakteristisk snølast}$$

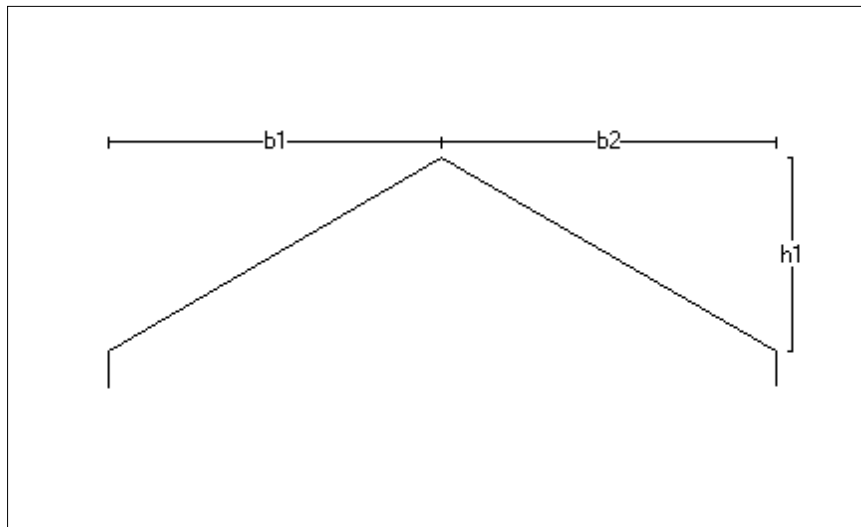
Tittel Vedlegg A3 - Snølastberegninger OS-prog		Side 1
Prosjekt Laster OS	Ordre	Sign Dato 18-05-2022

Dataprogram: LastBeregning versjon 7.1.1 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-3: Snølaster

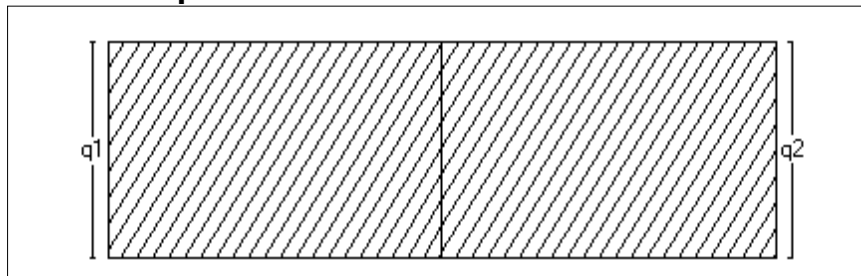
Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\Laster OS\Snølast saltak Tapperiet OS-prog.sls

1. Geometri

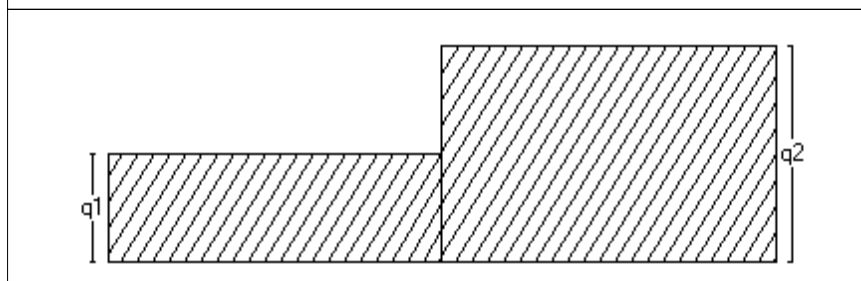


b1	9000	mm
b2	9000	mm
h1	5200	mm

2. Snølast på tak



Last nr.:1		
q1	1,60	kN/m ²
q2	1,60	kN/m ²



Last nr.:2		
q1	0,80	kN/m ²
q2	1,60	kN/m ²

Det brukes snøfanger og minimum formfaktor er satt til 0.8

3. Snølastdata

Fylke	Hordaland
Kommune	Bergen
Sted	Minde
Byggets plassering (moh)	
Eksponeringskoeffisient C_e	1
Termisk koeffisient C_t	1
Snølast, S:	2 kN/m ²

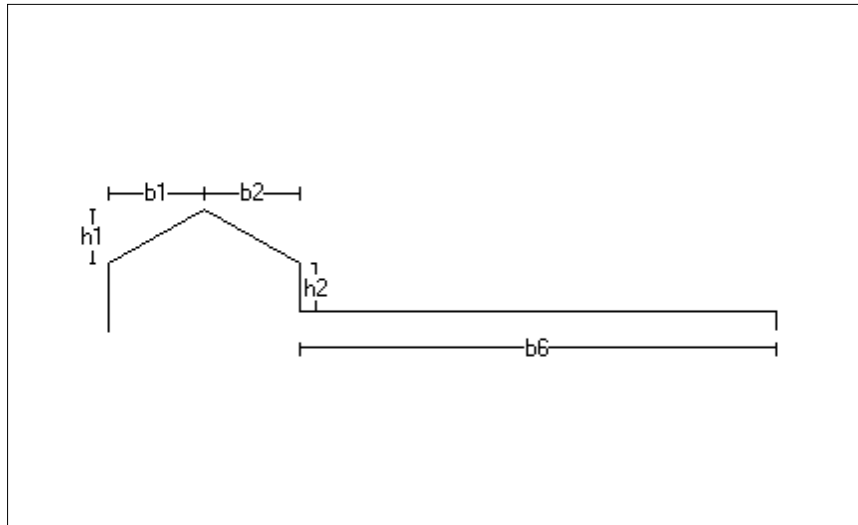
Tittel Vedlegg A3 - Snølastberegning OS-prog		Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign Dato 18-05-2022

Dataprogram: LastBeregning versjon 7.1.1 Laget av Sletten Bygdata AS

Standard NS-EN 1991-1-3: Snølaster

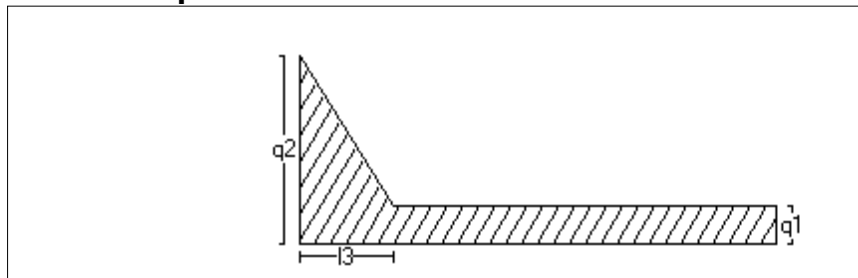
Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\Laster OS\Snølast Tapperiet OS-prog.sls

1. Geometri



b1	9000	mm
h1	5200	mm
b2	9000	mm
h2	4420	mm
b6	45000	mm

2. Snølast på tak



Last nr.:1

q1	1,60	kN/m ²
q2	8,00	kN/m ²
l3	8840	mm

Det er snøfanger på overliggende tak, og bidrag pga takras er ikke tatt med ($U_s=0$)

Det brukes ikke snøfanger og minste formfaktor er mindre enn 0.8

3. Snølastdata

Fylke	Hordaland
Kommune	Bergen
Sted	Minde
Byggets plassering (moh)	
Eksponeeringskoeffisient C_e	1
Termisk koeffisient C_t	1
Snølast, S:	2 kN/m ²

Vedlegg A4 -Vindlastberegninger

NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

Høyde bygg $z := 18.63 \text{ m}$

Tabell NA.4(901.1). Bergen, Hordaland $v_{b.0} := 26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Referansevindhastighet

NA.4.2(2)P Merknad 2: Formel NA.4.1.

Antar alle C-verdiene=1.0

$c_{dir} := 1.0$ $c_{season} := 1.0$ $c_{alt} := 1.0$ $c_{prob} := 1.0$

$v_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{alt} \cdot c_{prob} \cdot v_{b.0} = 26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (NA.4.1) Basisvindhastigheten

Vindretning: Løvstakken

Byggestedet på lesiden av bratt terreng med fall større enn 30 grader. NA.4.3.3(901.4)
Da skal kategorinummer II alltid benyttes

Tabell NA.4.1 $k_r := 0.19$ $z_0 := 0.05 \text{ m}$ $z_{min} := 4 \text{ m}$

$C_{rz} := k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 1.125$ (4.4) Ruhetsfaktor

Helningsvinkelen er større enn 40° og avstanden til byggested er nærmere 10H

Figur NA.4(901.6) $K_I := 1.75$ $C_{0z} := 1.0$

$V_{mz} := C_{rz} \cdot C_{0z} \cdot v_b = 29.247 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (4.3) Stedsvindhastighet

$\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Luftens densitet etter anbefaling fra standard NA.4.5

$q_{mz} := 0.5 \rho \cdot V_{mz}^2 = 534.628 \text{ Pa}$ NA.4.5(1)

$I_{vz} := \frac{K_I}{C_{0z} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = 0.296$ (4.7)

$$K_p := 3.5$$

$$q_{pz} := (1 + 2 \cdot K_p \cdot I_{vz}) \cdot q_{mz} = (1.641 \cdot 10^3) \text{ Pa} \quad (\text{NA.4.8})$$

Vindretning: Byfjorden

Tabell NA.4.1 $k_r := 0.22$ $z_0 := 0.3 \text{ m}$ $z_{min} := 8 \text{ m}$

$$C_{rz} := k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.908$$

$$V_{mz} := C_{rz} \cdot C_{0z} \cdot v_b = 23.616 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_{mz} := 0.5 \rho \cdot V_{mz}^2 = 348.585 \text{ Pa}$$

$$K_I := 1.0 \quad C_{0z} := 1.0$$

$$I_{vz} := \frac{K_I}{C_{0z} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = 0.242$$

$$q_{pz} := (1 + 2 \cdot K_p \cdot I_{vz}) \cdot q_{mz} = 939.586 \text{ Pa}$$

Overgangssonefaktor K3:

Sone A: kategorinummer I-Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker (Byfjorden).

Tabell NA.4.1

Sone B: kategorinummer III- sammenhengende småhusbebyggelse, industriområder eller skogsområder (Tapperiet)

$$\Delta n_{ba} := 3 - 1 = 2$$

$$x_b := 5.0 \text{ km}$$

Tabell V.1 a) $K_3 := 1.0$

$$q_{kast} := q_{pz} \cdot K_3 = 939.586 \text{ Pa}$$

Vindkasthastighetstrykk

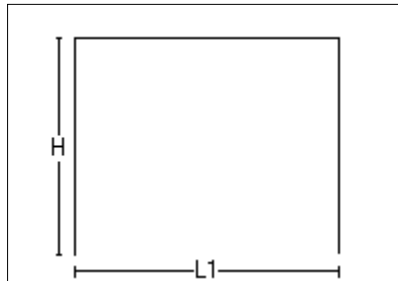
Tittel Vedlegg A5 - Vindlastberegning OS-prog		Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign Dato 18-05-2022

Dataprogram: LastBeregning versjon 7.1.1 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\Laster OS\Vindlast Tak og vegger stort flatt tak Tapperiet OS-prog.sls

1. Geometri



H 18630 mm

L1 45500 mm

Byggets lengde, L2: 63250 mm

Takvinkel : 0,00 (grader)

Vertikalsnitt

2. Vindhastighet

Fylke: Hordaland Kommune: Bergen Referansevindhastighet: 26 m/s

Byggested, høyde over havet (m): 20 Calt: 1

Returperiode (år):50 Cprob: 1

Årstidsfaktoren, Cseason: 1 hele året

Vindretning (region):Bruker retningsfaktoren C-ret: 1

Basisvindhastighet: 26 m/s

Høyde Z over grunnivået: 18,63 m

BYGGESTEDETS TERRENGDATA

Terrengruhetskategori II: Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller trær.

Terrengruhetsfaktoren Kt: 0,19 Ruhetslengden Zo (m): 0,05 Zmin (m): 4 Vm (m/s): 29,25 Cr: 1,12

OVERGANGSONE

Terrengruhetskategori I: Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker.

Terrengruhetsfaktoren Kt: 0,17 Ruhetslengden Zo (m): 0,01 Zmin (m): 2 Vm (m/s) : 33,28 Cr: 1,28

Avstand mot vindretning fra byggested til grense for terrengkategoriendring Xb (m): 5000

Overgangsonefaktor Cs(Xb): 1,03 Vm(z) : 30,1(lign NA.4(901.2/3))

TOPOGRAFI: NA.4.3.3 (901.4) Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større en 30 grader i vindretningen.

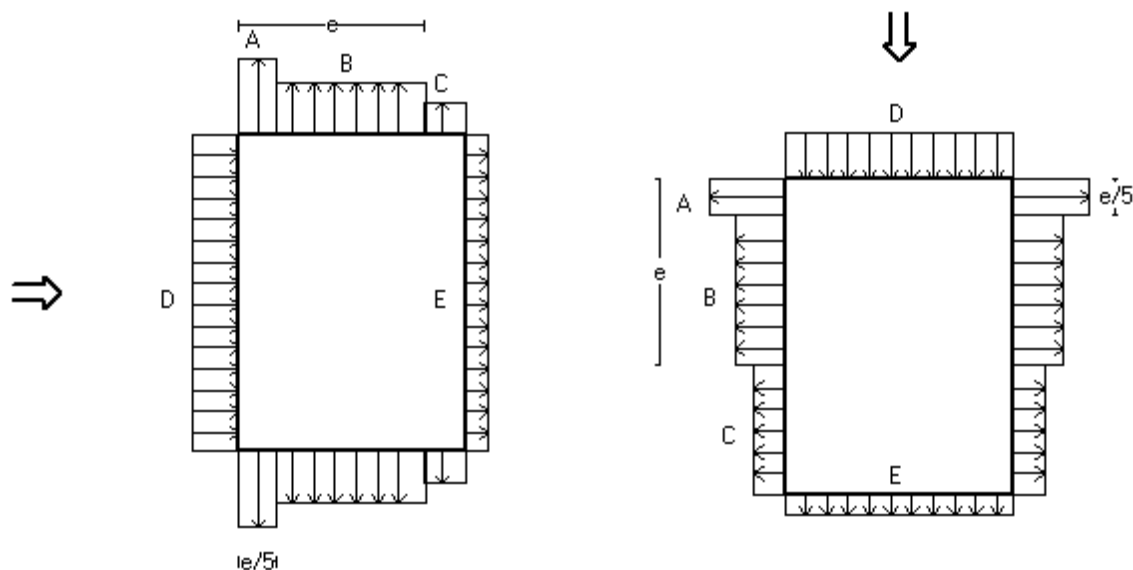
Terrengformfaktor Co(z): 1 Turbulensfaktor Ki: 1,75

Vkast: 51,26 m/s

Qkast: 1,643 kN/m²

3. Yttervegger

3.1 Utvendig vindlast



Vindretning 0 grader. $e=37260$ mm

Vindretning 90 grader. $e=37260$ mm

Vindinnfallsretning på 0 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,72	-0,34
Utvendig last (kN/m ²)	-1,97	-1,31	-0,82	1,18	-0,56
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,34
Utvendig last (kN/m ²)	-2,30	-1,81	-0,82	1,64	-0,56
Ustrekning (mm)	7452	29808	8240	63250	63250

Vindinnfallsretning på 90 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,31
Utvendig last (kN/m ²)	-1,97	-1,31	-0,82	1,16	-0,51
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,31
Utvendig last (kN/m ²)	-2,30	-1,81	-0,82	1,64	-0,51
Ustrekning (mm)	7452	29808	25990	45500	45500

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.

3.2 Innvendig vindlast

Bygning uten dominerende vindfasade

Beregn innvendig vindlast for $u=0.2$ overtrykk og $u=-0.3$ (undertrykk)

	Undertrykk	Overtrykk
Formfaktor	-0,30	0,20
Innvendig last (kN/m ²)	-0,49	0,33

Tittel Vedlegg A5 - Vindlastberegning OS-prog		Side 3	
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 18-05-2022

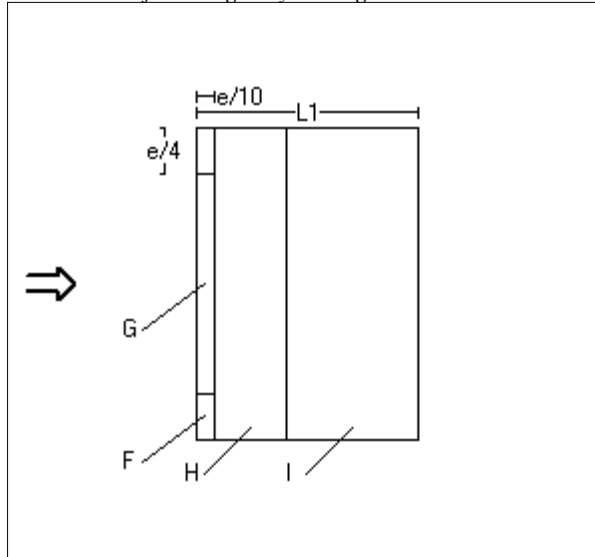
4 Overside av tak

Taktype: Flatt tak

L1=45500 mm L2=63250 mm

Cpe,10 Gjelder for hele bygget. ($\geq 10m^2$)

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



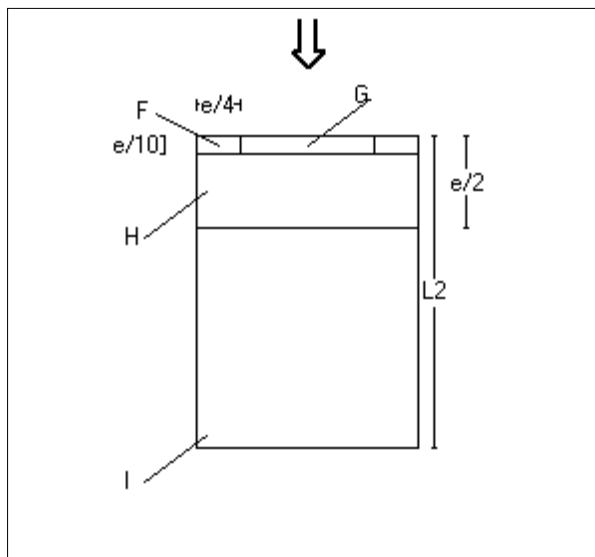
Utstrekning (mm)

$e=37260$

$e/4=9315$

$e/10=3726$

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-2,96	9315x3726
G	-1,20	-1,97	44620x3726
H	-0,70	-1,15	63250x14904
I	+/-0,20	+/-0,33	63250x26870



Utstrekning (mm)

$e=37260$

$e/4=9315$

$e/10=3726$

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-2,96	9315x3726
G	-1,20	-1,97	26870x3726
H	-0,70	-1,15	45500x14904
I	+/-0,20	+/-0,33	45500x44620

Tittel Vedlegg A5 - Vindlastberegning OS-prog		Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign Dato 18-05-2022

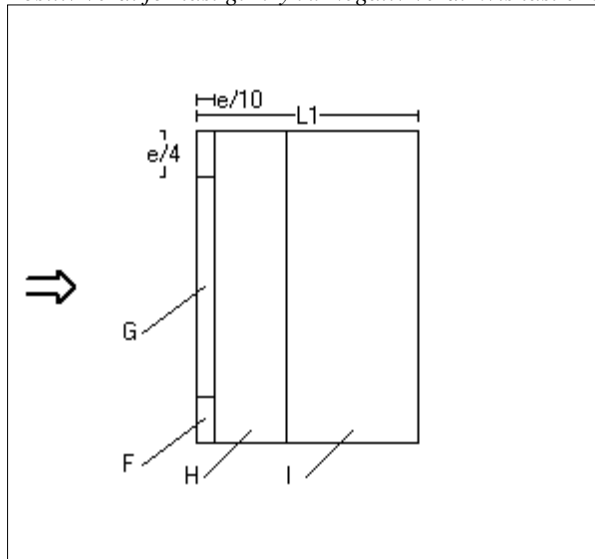
Taktype: Flatt tak

L1=45500 mm L2=63250 mm

C_{pe,1} Gjelder for en lokal flate på 1m². Benyttes ved dimensjonering av limfuger, spikring, båndstål o.l.

*Interpoleringsformel for belastet areal A mellom 1 og 10 m² : $C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) * \log_{10}A$*

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



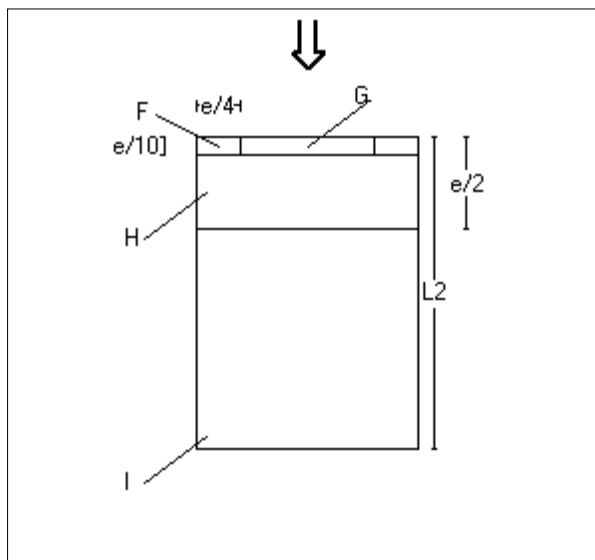
Utstrekning (mm)

e=37260

e/4=9315

e/10=3726

	C _{pe,1}	Last (kN/m ²)	Hor.projeksjon(mm)
F	-2,50	-4,11	9315x3726
G	-2,00	-3,29	44620x3726
H	-1,20	-1,97	63250x14904
I	+/-0,20	+/-0,33	63250x26870



Utstrekning (mm)

e=37260

e/4=9315

e/10=3726

	C _{pe,1}	Last (kN/m ²)	Hor.projeksjon(mm)
F	-2,50	-4,11	9315x3726
G	-2,00	-3,29	26870x3726
H	-1,20	-1,97	45500x14904
I	+/-0,20	+/-0,33	45500x44620

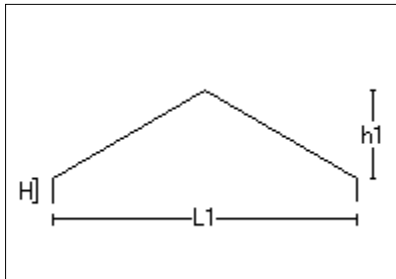
Tittel Vedlegg A5 - Vindlastberegning OS-prog		Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign Dato 18-05-2022

Dataprogram: LastBeregning versjon 7.1.1 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\Laster OS\Vindlast Tak Bygg B Tapperiet OS-prog.sls

1. Geometri



h1 5200 mm
H 1343 mm
L1 18000 mm

Byggets lengde, L2: 45500 mm
Takvinkel : 30,02 (grader)

Vertikalsnitt

2. Vindhastighet

Fylke: Hordaland Kommune: Bergen Referansevindhastighet: 26 m/s

Byggested, høyde over havet (m): 20 Calt: 1

Returperiode (år):50 Cprob: 1

Årstidsfaktoren, Cseason: 1 hele året

Vindretning (region):Bruker retningsfaktoren C-ret: 1

Basisvindhastighet: 26 m/s

Høyde Z over grunnivået: 18,63 m

BYGGSTEDETS TERRENGDATA

Terrengruhetskategori II: Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller trær.

Terrengruhetsfaktoren Kt: 0,19 Ruhetslengden Zo (m): 0,05 Zmin (m): 4 Vm (m/s): 29,25 Cr: 1,12

OVERGANGSONE

Terrengruhetskategori I: Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker.

Terrengruhetsfaktoren Kt: 0,17 Ruhetslengden Zo (m): 0,01 Zmin (m): 2 Vm (m/s) : 33,28 Cr: 1,28

Avstand mot vindretning fra byggested til grense for terrengkategorierendring Xb (m): 5000

Overgangsonesfaktor Cs(Xb): 1,03 Vm(z) : 30,1(lign NA.4(901.2/3))

TOPOGRAFI: NA.4.3.3 (901.4) Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større en 30 grader i vindretningen.

Terrengeformfaktor Co(z): 1 Turbulensfaktor Ki: 1,75

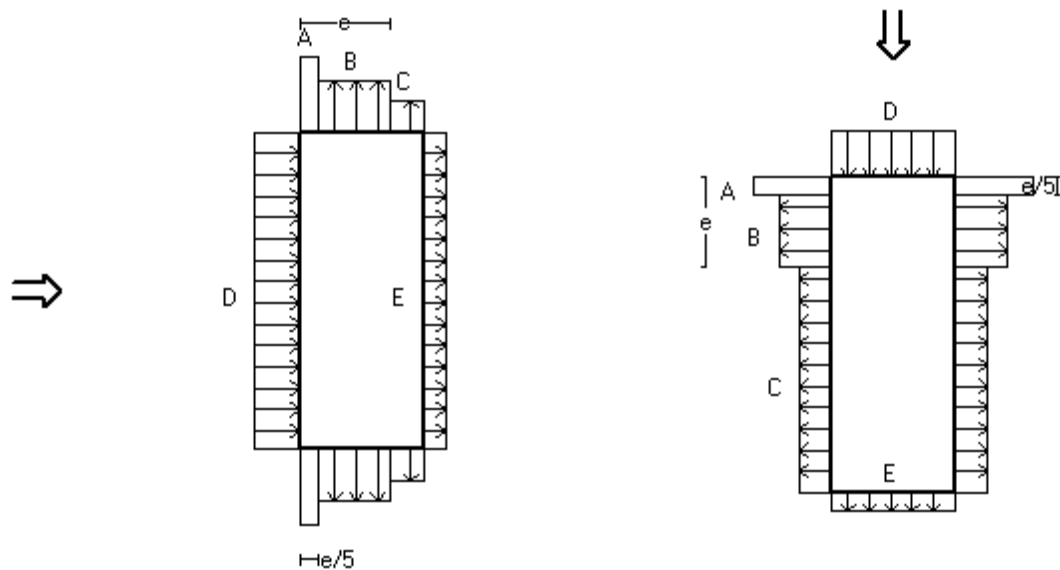
Vkast: 51,26 m/s

Qkast: 1,643 kN/m²

Tittel Vedlegg A5 - Vindlastberegning OS-prog		Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign Dato 18-05-2022

3. Yttervegger

3.1 Utvendig vindlast



Vindretning 0 grader. $e=13086$ mm

Vindretning 90 grader. $e=13086$ mm

Vindinnfallsretning på 0 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,72	-0,33
Utvendig last (kN/m ²)	-1,97	-1,31	-0,82	1,17	-0,54
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,33
Utvendig last (kN/m ²)	-2,30	-1,81	-0,82	1,64	-0,54
Ustrekning (mm)	2617	10469	4914	45500	45500

Vindinnfallsretning på 90 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30
Utvendig last (kN/m ²)	-1,97	-1,31	-0,82	1,15	-0,49
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,30
Utvendig last (kN/m ²)	-2,30	-1,81	-0,82	1,64	-0,49
Ustrekning (mm)	2617	10469	32414	18000	18000

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.

3.2 Innvendig vindlast

Bygning uten dominerende vindfasade

Beregn innvendig vindlast for $u=0.2$ overtrykk og $u=-0.3$ (undertrykk)

	Undertrykk	Overtrykk
Formfaktor	-0,30	0,20
Innvendig last (kN/m ²)	-0,49	0,33

Tittel Vedlegg A5 - Vindlastberegning OS-prog		Side 3	
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 18-05-2022

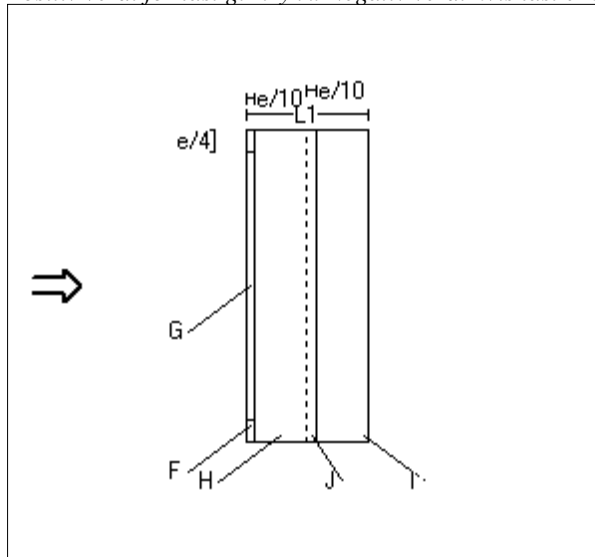
4 Overside av tak

Taktype: Saltak

L1=18000 mm L2=45500 mm

Cpe,10 Gjelder for hele bygget. (>=10m2)

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



Utstrekning (mm)

e=13086

e/4=3272

e/10=1309

Alt.1. LO-side:Sug, LE-side:Sug

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-0,50	-0,82	3272x1309
G	-0,50	-0,82	38957x1309
H	-0,20	-0,33	45500x7691
I	-0,40	-0,66	45500x7691
J	-0,50	-0,82	45500x1309

Alt.2. LO-side:Sug, LE-side:Trykk

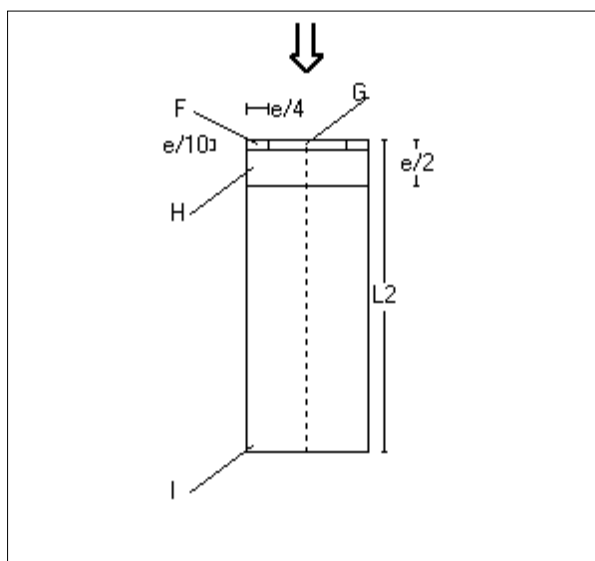
	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-0,50	-0,82	3272x1309
G	-0,50	-0,82	38957x1309
H	-0,20	-0,33	45500x7691
I	0,00	0,00	45500x7691
J	0,00	0,00	45500x1309

Alt.3. LO-side:Trykk, LE-side:Sug

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	0,70	1,15	3272x1309
G	0,70	1,15	38957x1309
H	0,40	0,66	45500x7691
I	-0,40	-0,66	45500x7691
J	-0,50	-0,82	45500x1309

Alt.4. LO-side:Trykk, LE-side:Trykk

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	0,70	1,15	3272x1309
G	0,70	1,15	38957x1309
H	0,40	0,66	45500x7691
I	0,00	0,00	45500x7691
J	0,00	0,00	45500x1309



Utstrekning (mm)

e=13086

e/4=3272

e/10=1309

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,10	-1,81	3272x1309
G	-1,40	-2,30	11457x1309
H	-0,80	-1,31	18000x5234
I	-0,50	-0,82	18000x38957

Tittel Vedlegg A5 - Vindlastberegning OS-prog		Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign Dato 18-05-2022

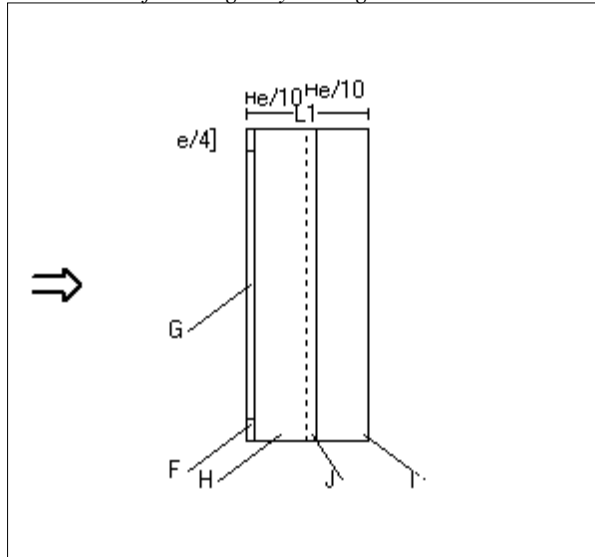
Taktype: Saltak

L1=18000 mm L2=45500 mm

Cpe,1 Gjelder for en lokal flate på 1m2. Benyttes ved dimensjonering av limfuger, spikring, båndstål o.l.

Interpoleringsformel for belastet areal A mellom 1 og 10 m2 : $Cpe = Cpe,1 + (Cpe,10 - Cpe,1) * \log_{10}A$

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



Utstrekning (mm)

e=13086

e/4=3272

e/10=1309

Alt.1. LO-side:Sug, LE-side:Sug

	Cpe,1	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon(mm)
F	-1,50	-2,46	3272x1309
G	-1,50	-2,46	38957x1309
H	-0,20	-0,33	45500x7691
I	-0,40	-0,66	45500x7691
J	-0,50	-0,82	45500x1309

Alt.2. LO-side:Sug, LE-side:Trykk

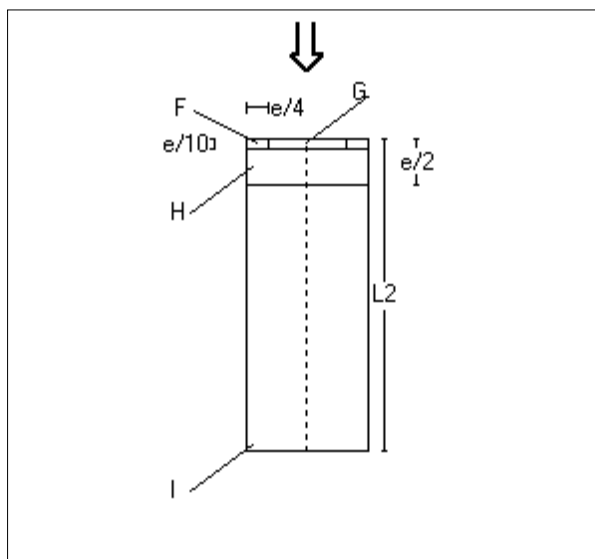
	Cpe,1	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon(mm)
F	-1,50	-2,46	3272x1309
G	-1,50	-2,46	38957x1309
H	-0,20	-0,33	45500x7691
I	0,00	0,00	45500x7691
J	0,00	0,00	45500x1309

Alt.3. LO-side:Trykk, LE-side:Sug

	Cpe,1	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon(mm)
F	0,70	1,15	3272x1309
G	0,70	1,15	38957x1309
H	0,40	0,66	45500x7691
I	-0,40	-0,66	45500x7691
J	-0,50	-0,82	45500x1309

Alt.4. LO-side:Trykk, LE-side:Trykk

	Cpe,1	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon(mm)
F	0,70	1,15	3272x1309
G	0,70	1,15	38957x1309
H	0,40	0,66	45500x7691
I	0,00	0,00	45500x7691
J	0,00	0,00	45500x1309



Utstrekning (mm)

e=13086

e/4=3272

e/10=1309

	Cpe,1	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon(mm)
F	-1,50	-2,46	3272x1309
G	-2,00	-3,29	11457x1309
H	-1,20	-1,97	18000x5234
I	-0,50	-0,82	18000x38957

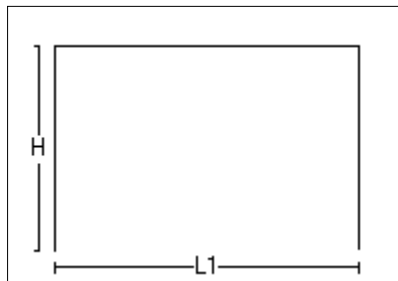
Tittel Vedlegg A5 - Snølastberegning OS-prog		Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign Dato 18-05-2022

Dataprogram: LastBeregning versjon 7.1.1 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\Laster OS\Vindlast Tapperiet OS-prog.sls

1. Geometri



H 10000 mm

L1 30000 mm

Byggets lengde, L2: 45250 mm

Takvinkel : 0,00 (grader)

Vertikalsnitt

2. Vindhastighet

Fylke: Hordaland Kommune: Bergen Referansevindhastighet: 26 m/s

Byggested, høyde over havet (m): 20 Calt: 1

Returperiode (år):50 Cprob: 1

Årstidsfaktoren, Cseason: 1 hele året

Vindretning (region):Bruker retningsfaktoren C-ret: 1

Basisvindhastighet: 26 m/s

Høyde Z over grunnivået: 18,63 m

BYGGESTEDETS TERRENGDATA

Terrengruhetskategori III: Sammenhengende småhusbebyggelse industriområder eller skogsområder.

Terrengruhetsfaktoren Kt: 0,22 Ruhetslengden Zo (m): 0,3 Zmin (m): 8 Vm (m/s): 23,62 Cr: 0,91

OVERGANGSONE

Terrengruhetskategori I: Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker.

Terrengruhetsfaktoren Kt: 0,17 Ruhetslengden Zo (m): 0,01 Zmin (m): 2 Vm (m/s) : 33,28 Cr: 1,28

Avstand mot vindretning fra byggested til grense for terrengkategorierendring Xb (m): 5000

Overgangsonesfaktor Cs(Xb): 1,06 Vm(z) : 25,(lign NA.4(901.2/3))

TOPOGRAFI: NA.4.3.3 (901.4) Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større en 30 grader i vindretningen.

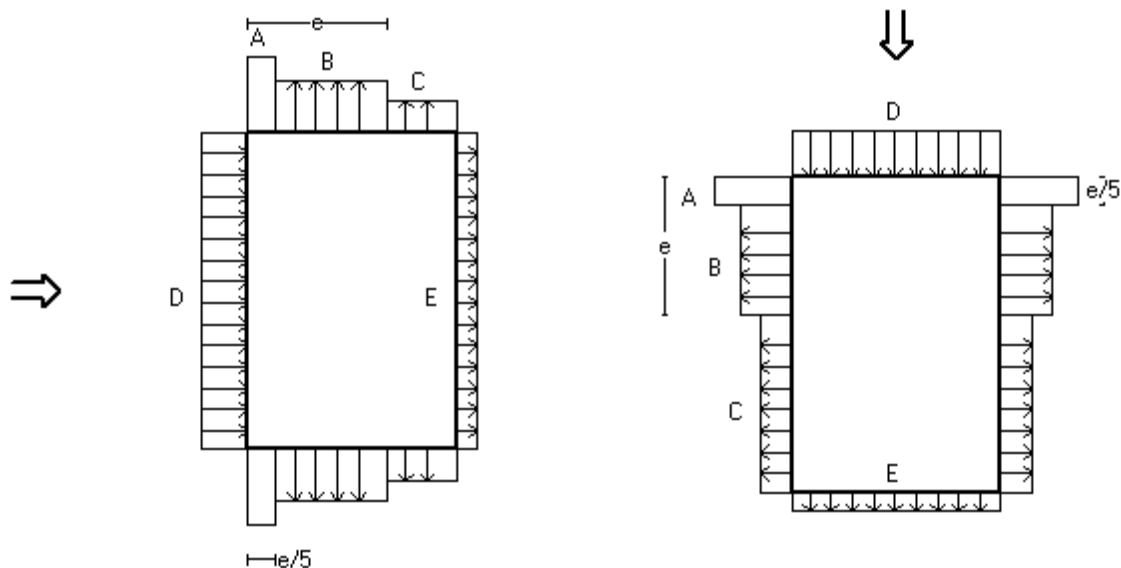
Terrengeformfaktor Co(z): 1 Turbulensfaktor Ki: 1,75

Vkast: 46,62 m/s

Qkast: 1,358 kN/m²

3. Yttervegger

3.1 Utvendig vindlast



Vindretning 0 grader. $e=20000$ mm

Vindretning 90 grader. $e=20000$ mm

Vindinnfallsretning på 0 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,32
Utvendig last (kN/m ²)	-1,63	-1,09	-0,68	0,97	-0,44
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,32
Utvendig last (kN/m ²)	-1,90	-1,49	-0,68	1,36	-0,44
Utrekning (mm)	4000	16000	10000	45250	45250

Vindinnfallsretning på 90 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30
Utvendig last (kN/m ²)	-1,63	-1,09	-0,68	0,95	-0,41
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,30
Utvendig last (kN/m ²)	-1,90	-1,49	-0,68	1,36	-0,41
Utrekning (mm)	4000	16000	25250	30000	30000

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.

3.2 Innvendig vindlast

Bygning uten dominerende vindfasade

Beregn innvendig vindlast for $u=0.2$ overtrykk og $u=-0.3$ (undertrykk)

	Undertrykk	Overtrykk
Formfaktor	-0,30	0,20
Innvendig last (kN/m ²)	-0,41	0,27

Tittel Vedlegg A5 - Snølastberegning OS-prog		Side 3	
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 18-05-2022

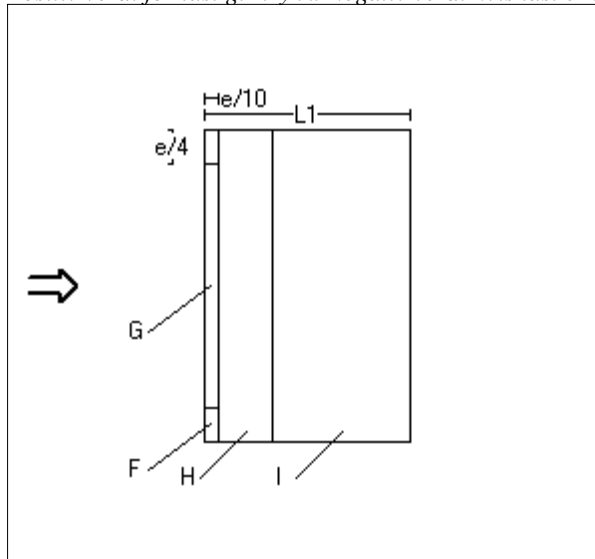
4 Overside av tak

Taktype: Flatt tak

L1=30000 mm L2=45250 mm

Cpe,10 Gjelder for hele bygget. ($\geq 10m^2$)

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



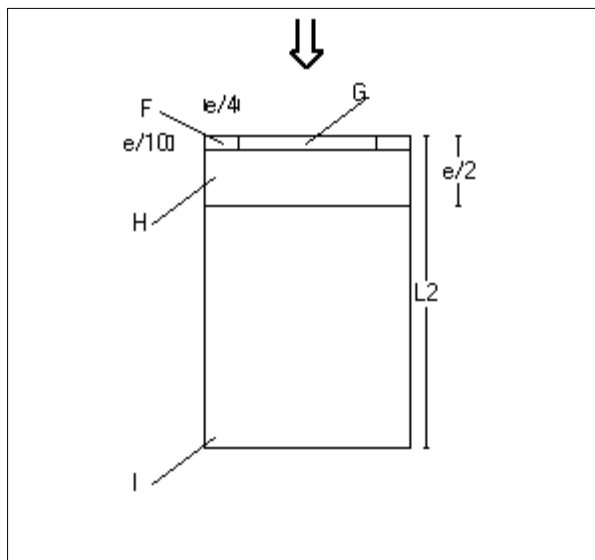
Utstrekning (mm)

e=20000

e/4=5000

e/10=2000

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-2,45	5000x2000
G	-1,20	-1,63	35250x2000
H	-0,70	-0,95	45250x8000
I	+/-0,20	+/-0,27	45250x20000



Utstrekning (mm)

e=20000

e/4=5000

e/10=2000

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-2,45	5000x2000
G	-1,20	-1,63	20000x2000
H	-0,70	-0,95	30000x8000
I	+/-0,20	+/-0,27	30000x35250

Tittel Vedlegg A5 - Snølastberegning OS-prog		Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign Dato 18-05-2022

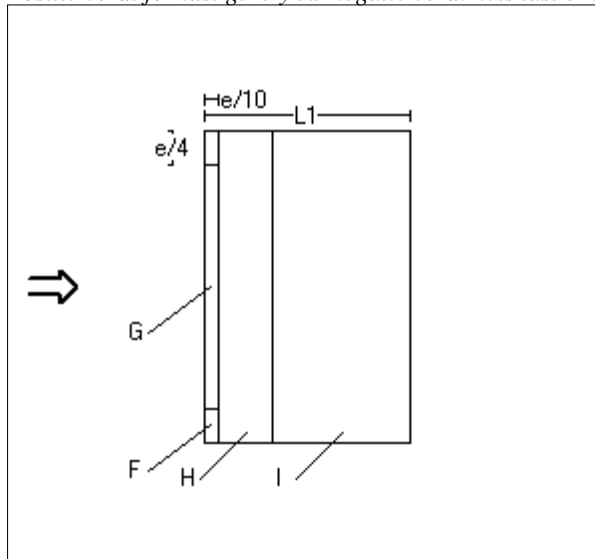
Taktype: Flatt tak

L1=30000 mm L2=45250 mm

Cpe,1 Gjelder for en lokal flate på 1m2. Benyttes ved dimensjonering av limfuger, spikring, båndstål o.l.

Interpoleringsformel for belastet areal A mellom 1 og 10 m2 : $C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) * \log_{10}A$

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



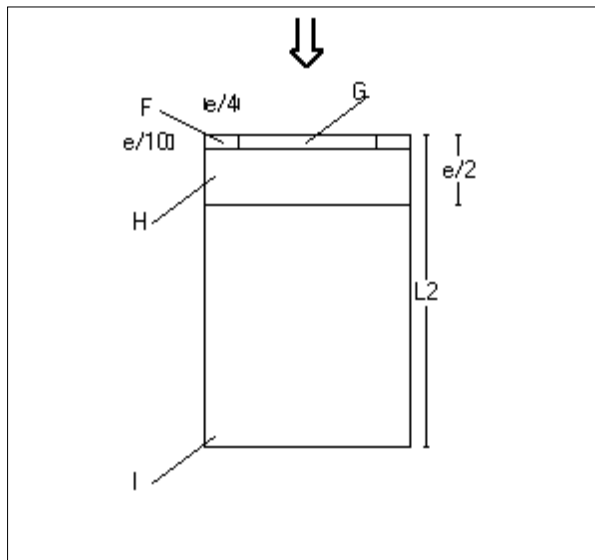
Utstrekning (mm)

e=20000

e/4=5000

e/10=2000

	Cpe,1	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon(mm)
F	-2,50	-3,40	5000x2000
G	-2,00	-2,72	35250x2000
H	-1,20	-1,63	45250x8000
I	+/-0,20	+/-0,27	45250x20000



Utstrekning (mm)

e=20000

e/4=5000

e/10=2000

	Cpe,1	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon(mm)
F	-2,50	-3,40	5000x2000
G	-2,00	-2,72	20000x2000
H	-1,20	-1,63	30000x8000
I	+/-0,20	+/-0,27	30000x35250

Vedlegg A6- Lastsammenligning

Lastene i bygg B og C er like

Bygg B og C (takkonstruksjon)

Belastning, eksisterende. *Se vedlegg B2, s 233*

Egenvekt skifter på bordtak $g_{5.1} := 0.95 \frac{kN}{m^2}$

Sperrer etc. $g_{5.2} := 0.15 \frac{kN}{m^2}$

Total egenlast $g_5 := g_{5.1} + g_{5.2} = (1.1 \cdot 10^3) Pa$

Snølast, vindlast $p_5 := 1.6 \frac{kN}{m^2}$

Total last $q_5 := g_5 + p_5 = (2.7 \cdot 10^3) Pa$

Last ved ny bruk

Karakteristisk

Egenlast $g_{k.5} := 1.1 \frac{kN}{m^2}$ *Se vedlegg B2, s 233*

Snølast $s_{k.5} := 1.6 \frac{kN}{m^2}$ *Se vedlegg A2*

Vindlast $v_{k.5} := 1.48 \frac{kN}{m^2}$ *Se vedlegg A5*

Total last $g_k := g_{k.5} + s_{k.5} + v_{k.5} = (4.18 \cdot 10^3) Pa$

Bruddgrense

Egenlast $g_{f.5} := 1.1 \frac{kN}{m^2}$

Snølast $s_{f.5} := s_{k.5} \cdot 1.5 = (2.4 \cdot 10^3) Pa$

Vindlast $v_{f.5} := v_{k.5} \cdot 1.05 = (1.554 \cdot 10^3) Pa$

Total last $q_{f.5} := g_{f.5} + s_{f.5} + v_{f.5} = (5.054 \cdot 10^3) Pa$

$$q_5 = (2.7 \cdot 10^3) \text{ Pa} \qquad < \qquad q_{f.5} = (5.054 \cdot 10^3) \text{ Pa}$$

Kapasiteten til takkonstruksjonen overskrides etter dagens krav.

Dekke over 3.etasje. Bygg B og C

Belastning, eksisterende. **Se vedlegg B2, s 1**

Egenvekt $g_{4.1} := 6.25 \frac{kN}{m^2}$

Gulvbelegg $g_{4.2} := 1.2 \frac{kN}{m^2}$

Siporex $g_{4.3} := 0.6 \frac{kN}{m^2}$

Nyttelast $p_4 := 10 \frac{kN}{m^2}$

Total last $q_4 := g_{4.1} + g_{4.2} + g_{4.3} + p_4 = (1.805 \cdot 10^4) \text{ Pa}$

Last ved ny bruk

Karakteristisk

Egenvekt $g_{k.4.1} := 6.25 \frac{kN}{m^2}$ **Se vedlegg B2, s 1**

Siporex $g_{k.4.2} := 0.6 \frac{kN}{m^2}$

Himling/gulv/tekn. $g_{k.4.3} := 2.0 \frac{kN}{m^2}$ Legges ny himling, gulv og tekniske instalasjoner

Nyttelast $p_{k.4} := 3.0 \frac{kN}{m^2}$ Undervisningslokal. **Se vedlegg A1**

Total last $q_{k.4} := g_{k.4.1} + g_{k.4.2} + g_{k.4.3} + p_{k.4} = (1.185 \cdot 10^4) \text{ Pa}$

Bruddgrense

Egenvekt $g_{f.4.1} := 6.25 \frac{kN}{m^2}$

Siporex $g_{f.4.2} := 0.6 \frac{kN}{m^2}$

Himling/gulv/tekn. $g_{f.4.3} := g_{k.4.3} \cdot 1.2 = (2.4 \cdot 10^3) Pa$

Nyttelast $p_{f.4} := p_{k.4} \cdot 1.5 = (4.5 \cdot 10^3) Pa$

Total last $q_{f.4} := g_{f.4.1} + g_{f.4.2} + g_{f.4.3} + p_{f.4} = (1.375 \cdot 10^4) Pa$

$$q_4 = (1.805 \cdot 10^4) Pa > q_{f.4} = (1.375 \cdot 10^4) Pa$$

Kapasiteten til dekke i 3 etasje overskrides ikke etter dagens krav.

Dekke over 2 etasje. Bygg B og C

Belastning, eksisterende. **Se vedlegg B2, s 53**

Egenlasten og nyttelasten er lik som dekke over 3 etasje.

Total last $q_3 := q_4 = (1.805 \cdot 10^4) Pa$

Last ved ny bruk

Karakteristisk

Egenlast $g_{k.3.1} := 6.25 \frac{kN}{m^2}$

Siporex $g_{k.3.2} := 0.6 \frac{kN}{m^2}$

Himling/gulv/tekn. $g_{k.3.3} := 2.0 \frac{kN}{m^2}$

Nyttelast $p_{k.3} := 3.0 \frac{kN}{m^2}$ Kontorlokale. **Se vedlegg A1**

Total last $q_{k.2} := g_{k.3.1} + g_{k.3.2} + g_{k.3.3} + p_{k.3} = (1.185 \cdot 10^4) \text{ Pa}$

Bruddgrense

Egenlast $g_{f.3.1} := 6.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Siporex $g_{f.3.2} := 0.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Himling/gulv/tekn. $g_{f.3.3} := g_{k.3.3} \cdot 1.2 = (2.4 \cdot 10^3) \text{ Pa}$

Nyttelast $p_{f.3} := p_{k.3} \cdot 1.5 = (4.5 \cdot 10^3) \text{ Pa}$

Total last $q_{f.3} := g_{f.3.1} + g_{f.3.2} + g_{f.3.3} + p_{f.3} = (1.375 \cdot 10^4) \text{ Pa}$

$$q_3 = (1.805 \cdot 10^4) \text{ Pa} > q_{f.3} = (1.375 \cdot 10^4) \text{ Pa}$$

Kapasiteten til dekke i 2 etasje overskrides ikke etter dagens krav.

Dekke over 1 etasje. Bygg B og C

Belastning, eksisterende. **Se vedlegg B2, s 99.**

Egenlast $g_2 := 8.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Nyttelast $p_2 := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$$q_2 := g_2 + p_2 = (1.805 \cdot 10^4) \text{ Pa}$$

Last ved ny bruk

Karakteristisk

Egenlast $g_{k.2.1} := 6.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Siporex $g_{k.2.2} := 0.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Himling/gulv/tekn. $g_{k.2.3} := 2.0 \frac{kN}{m^2}$

Nyttelast $p_{k.2} := 5.0 \frac{kN}{m^2}$ Kjøpesenter. **Se vedlegg A1**

Total last $q_{k.2} := g_{k.2.1} + g_{k.2.2} + g_{k.2.3} + p_{k.2} = (1.385 \cdot 10^4) Pa$

Bruddgrense

Egenlast $g_{f.2.1} := 6.25 \frac{kN}{m^2}$

Siporex $g_{f.2.2} := 0.6 \frac{kN}{m^2}$

Himling/gulv/tekn. $g_{f.2.3} := g_{k.2.3} \cdot 1.2 = (2.4 \cdot 10^3) Pa$

Nyttelast $p_{f.2} := p_{k.2} \cdot 1.5 = (7.5 \cdot 10^3) Pa$

Total last $q_{f.2} := g_{f.2.1} + g_{f.2.2} + g_{f.2.3} + p_{f.2} = (1.675 \cdot 10^4) Pa$

$q_2 = (1.805 \cdot 10^4) Pa > q_{f.2} = (1.675 \cdot 10^4) Pa$

Kapasiteten til dekke i 1 etasje overskrides ikke etter dagens krav.

Dekke over kjeller. Bygg B og C

Beregning, eksisterende. **Se vedlegg B2, s 159**

Egenvekt plate $g_{1.1} := 6.25 \frac{kN}{m^2}$

Belegg $g_{1.2} := 1.25 \frac{kN}{m^2}$

Nyttelast $p_1 := 10 \frac{kN}{m^2}$

Total last $q_1 := g_{1.1} + g_{1.2} + p_1 = (1.75 \cdot 10^4) Pa$

Last ved ny bruk

Karakteristisk

Egenvekt plate $g_{k.1.1} := 6.25 \frac{kN}{m^2}$

Gulv/himling/tekn $g_{k.1.2} := 2.0 \frac{kN}{m^2}$

Nyttelast $p_{k.1} := 5.0 \frac{kN}{m^2}$ Kjøpesenter. **Se vedlegg A1**

Total last $q_{k.1} := g_{k.1.1} + g_{k.1.2} + p_{k.1} = (1.325 \cdot 10^4) Pa$

Bruddgrense

Egenvekt plate $g_{f.1.1} := 6.25 \frac{kN}{m^2}$

Gulv/himling/tekn $g_{f.1.2} := g_{k.1.2} \cdot 1.2 = (2.4 \cdot 10^3) Pa$

Nyttelast $p_{f.1} := p_{k.1} \cdot 1.5 = (7.5 \cdot 10^3) Pa$

Total last $q_{f.1} := g_{f.1.1} + g_{f.1.2} + p_{f.1} = (1.615 \cdot 10^4) Pa$

$$q_1 = (1.75 \cdot 10^4) Pa > q_{f.1} = (1.615 \cdot 10^4) Pa$$

Kapasiteten til dekke over kjeller overskrides ikke etter dagens krav.

Taket over Tappehallen, plate Pl.C.305

Beregning, eksisterende. **Se vedlegg B2, s 87**

Egenvekt plate $g := 6.5 \frac{kN}{m^2}$

Nyttelast $p := 1.5 \frac{kN}{m^2}$

Total last $q_1 := g + p = (8 \cdot 10^3) \text{ Pa}$

Last ved ny bruk

Karakteristisk

Egenlast $g_k := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ Se vedlegg B2, s 87

Nyttelast $p_k := 4.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ Takterrasse

Vindlast $v_k := 1.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ Se vedlegg A4

Snølast $s_k := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ Se vedlegg A2

Total last $q_k := g_k + p_k + v_k + s_k = (1.532 \cdot 10^4) \text{ Pa}$

Bruddgrense

Egenvekt plate $g_f := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ Se vedlegg B2, s 87

Nyttelast $p_f := p_k \cdot 1.5 = (6 \cdot 10^3) \text{ Pa}$

Vindlast $v_f := v_k \cdot 1.05 = (1.638 \cdot 10^3) \text{ Pa}$

Snølast $s_f := s_k \cdot 1.05 = (3.423 \cdot 10^3) \text{ Pa}$

Total last $q_f := g_f + p_f + v_f + s_f = (1.756 \cdot 10^4) \text{ Pa}$

$q_1 = (8 \cdot 10^3) \text{ Pa} < q_f = (1.756 \cdot 10^4) \text{ Pa}$

Kapasiteten til taket over Tappehallen overskrides etter dagens krav.

Vedlegg A7 - Kapasitetskontroll PL.C.301

Platenene er enveisdekker med to frittoplegte opplager

1. Plate -ytterst mot bygg B:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{kN}{m} \cdot 1.2 = (7.8 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

$$S_{Ed.1} := 3.26 \frac{kN}{m} \cdot 1.5 = (4.89 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense for tak Tappehall} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$S_{Ed.2} := 3.17 \frac{kN}{m} \quad \text{Snølast i bruddgrense fra tak bygg B -virker konservativt over hele}$$

$$V_{Ed} := 1.56 \frac{kN}{m} \cdot 0.95 \cdot 1.05 = (1.556 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense} \\ \text{Se vedlegg A4 og A5}$$

Totale laster:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + V_{Ed} = (14.246 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

$$q_{Ed.2} := S_{Ed.2} = (3.17 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Trekantlast}$$

Momenter:

$$M_{Ed.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L^2)}{8} = (40.178 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Maksimalt moment jevnt fordelt last}$$

$$M_{Ed.2} := \frac{\left(q_{Ed.2} \cdot \frac{L}{2} \cdot 0.5 \cdot L\right)}{3 \cdot L^2} \cdot (L^2 - (0.5 \cdot L)^2) = (4.47 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Moment midt mellom opplegg for trekantlast}$$

$$M_{Ed.3} := \frac{\left(q_{Ed.1} \cdot \frac{L}{2\sqrt{3}}\right)}{2} \cdot \left(L - \frac{L}{2\sqrt{3}}\right) = (39.217 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Moment ved } L/\sqrt{3} \text{ for jevnt fordelt last}$$

$$M_{Ed.4} := \frac{\left(2 \cdot q_{Ed.2} \cdot \frac{L}{2} L\right)}{9 \cdot \sqrt{3}} = (4.588 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Maks moment
for trekantlast

$$M_{Ed} := M_{Ed.1} + M_{Ed.2} = (44.649 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Maks totalmoment

Opplagerreaksjoner:

$$q_{1.A} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (33.834 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for jevnt
fordelt last

$$q_{2.A} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{3} = (5.019 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekantlast i
opplager mot bygg B

$$q_{2.B} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{6} = (2.51 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekant last i
opplager mot kant tak

$$q_{301.A} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.A})}{1 \text{ m}} + 9.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (48.454 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke
Bj.C.301 mot bygg B

$$q_{301.B} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.B})}{1 \text{ m}} + 9.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (45.944 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke
Bj.C.301 mot kant tak

$$P_{306.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (181.701 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.306

$$P_{307.1} := P_{306.1} = (181.701 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

$$P_{306.2} := \frac{(q_{301.B} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (172.29 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.306

$$P_{307.2} := P_{306.2} = (172.29 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

Momentkapasitet:

Ø12 c 135

Se vedlegg B1 257-A.135

$$b := 1000 \text{ mm} \quad h := 170 \text{ mm} \quad f_{yd} := 320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{cd} := 9.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$d := 148 \text{ mm} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

$$\phi := 12 \text{ mm}$$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{135 \text{ mm}} + 1 = 8.407 \quad \text{Antall armeringsjern}$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2 = (950.855 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2 \quad \text{Armeringsareal}$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}} = (41.796 \cdot 10^{-3}) \text{ m} < x_{bal} := 0.617 \cdot d = (91.316 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{Ed} = (44.649 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd} = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_1 := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 1.118 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

2. Plate -midterst med bygg B:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$S_{Ed.1} = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense for tak Tappehall}$$

$$S_{Ed.2} = (3.17 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense fra bygg B -virker konservativt over hele}$$

$$S_{Ed.3} := 1.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast i bruddgrense fra bygg C -virker konservativt som en jevnt fordelt last}$$

$$V_{Ed} := 1.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.05 = (1.638 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense}$$

Totale laster:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.3} + V_{Ed} = (15.408 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

$$q_{Ed.2} := S_{Ed.2} = (3.17 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Trekantlast

Momenter:

$$M_{Ed.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L^2)}{8} = (43.455 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Maksimalt moment jevnt fordelt last

$$M_{Ed.2} = (4.47 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Moment midt mellom opplegg for trekantlast

$$M_{Ed} := M_{Ed.1} + M_{Ed.2} = (47.926 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Opplagerreaksjoner:

$$q_{1.A} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (36.594 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for jevnt fordelt last

$$q_{2.A} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{3} = (5.019 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekantlast i opplager mot bygg B

$$q_{2.B} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{6} = (2.51 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekant last i opplager mot kant tak

$$q_{301.A} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.A})}{1 \text{ m}} + 9.6 \frac{kN}{m} = (51.213 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301 mot bygg B

$$q_{301.B} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.B})}{1 \text{ m}} + 9.6 \frac{kN}{m} = (48.704 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301 mot kant tak

$$P_{307.1.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (192.049 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

$$P_{307.2.1} := P_{307.1.1} = (192.049 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2

$$P_{307.1.2} := \frac{(q_{301.B} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (182.638 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

$$P_{307.2.2} := P_{307.1.2} = (182.638 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2

Momentkapasitet: $\varnothing 12$ c 135 **Se vedlegg B1 257-A.135**

Lik armering som i 1. plate

$$M_{Rd} = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{Ed} = (47.926 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd} = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_1 := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 1.2 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

3. Plate -innerst mot bygg B:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$S_{Ed.1} = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense for tak Tappehall}$$

$$S_{Ed.2} = (3.17 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense fra bygg B -virker konservativt over hele}$$

$$S_{Ed.3} := 5.61 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast i bruddgrense fra bygg C -regener konservativt med den største verdien}$$

$$V_{Ed} = (1.638 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense}$$

Totale laster:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.3} + V_{Ed} = (19.938 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

$$q_{Ed.2} := S_{Ed.2} = (3.17 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Trekantlast}$$

Momenter:

$$M_{Ed.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L^2)}{8} = (56.231 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Maksimalt moment jevnt fordelt last}$$

$$M_{Ed.2} = (4.47 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Moment midt mellom opplegg for trekantlast}$$

$$M_{Ed} := M_{Ed.1} + M_{Ed.2} = (60.702 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Opplagerreaksjoner:

$$q_{1.A} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (47.353 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon for jevnt fordelt last}$$

$$q_{2.A} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{3} = (5.019 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon for trekantlast i opplager mot bygg B}$$

$$q_{2.B} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{6} = (2.51 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon for trekant last i opplager mot kant tak}$$

$$q_{301.A} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.A})}{1 \text{ m}} + 9.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (61.972 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301 mot bygg B}$$

$$q_{301.B} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.B})}{1 \text{ m}} + 9.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (59.462 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301 mot kant tak}$$

$$P_{307.2.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (232.395 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2}$$

$$P_{308.1} := P_{307.2.1} = (232.395 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke Bj.C.308}$$

$$P_{307.2.2} := \frac{(q_{301.B} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (222.984 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2}$$

$$P_{308.2} := P_{307.2.2} = (222.984 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke Bj.C.308}$$

Momentkapasitet: $\emptyset 12 \text{ c } 135$ **Se vedlegg B1 257-A.135**

Lik armering som i 1. plate

$$M_{Rd} = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{Ed} = (60.702 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd} = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_1 := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 1.52 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

4. Plate -yttest i midten:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$S_{Ed.1} = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense for tak Tappehall}$$

$$V_{Ed} = (1.638 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense}$$

Total last:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + V_{Ed} = (14.328 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Momenter:

$$M_{Ed} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L^2)}{8} = (40.409 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Maksimalt moment jevnt fordelt last}$$

Opplagerreaksjoner:

$$q_1 := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (34.029 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon for jevnt fordelt last}$$

$$q_{301.A} := \frac{(q_1)}{1 \text{ m}} + 9.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (43.629 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301}$$

$$P_{306.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (163.609 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke Bj.C.306}$$

$$P_{307.1} := P_{306.1} = (163.609 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

$$P_{306.2} := P_{306.1} = (163.609 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.306

$$P_{307.2} := P_{306.1} = (163.609 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

Momentkapasitet: $\emptyset 12$ c 135 **Se vedlegg B1 257-A.135**

Lik armering som i 1. plate

$$M_{Rd} = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{Ed} = (40.409 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd} = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_1 := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 1.012 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ok!}$$

5. Plate -midterst i midten:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$S_{Ed.1} = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense for tak Tappehall}$$

$$S_{Ed.2} := 1.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast i bruddgrense fra bygg C -regener konservativt med den største verdien}$$

$$V_{Ed} = (1.638 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense}$$

Total last:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (15.408 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Momenter:

$$M_{Ed} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L^2)}{8} = (43.455 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Maksimalt moment jevnt fordelt last

Opplagerreaksjoner:

$$q_1 := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (36.594 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for jevnt fordelt last

$$q_{301.A} := \frac{(q_1)}{1 \text{ m}} + 9.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (46.194 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301

$$P_{307.1.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (173.228 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

$$P_{307.2.1} := P_{307.1.1} = (173.228 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2

$$P_{307.1.2} := P_{307.1.1} = (173.228 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

$$P_{307.2.2} := P_{307.1.1} = (173.228 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2

Momentkapasitet:

ø12 c 135

Se vedlegg B1 257-A.135

Lik armering som i 1. plate

$$M_{Rd} = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{Ed} = (43.455 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd} = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_1 := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 1.088$$

Kapasitetsoverskridelse

Ikke Ok!

6. Plate -innerst i midten:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$S_{Ed.1} = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense for tak Tappehall}$$

$$S_{Ed.2} := 5.61 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast i bruddgrense fra bygg C -virker konservativt over hele}$$

$$V_{Ed} = (1.638 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense}$$

Total last:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (19.938 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Momenter:

$$M_{Ed} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L^2)}{8} = (56.231 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Maksimalt moment jevnt fordelt last}$$

Opplagerreaksjoner:

$$q_1 := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (47.353 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon for jevnt fordelt last}$$

$$q_{301.A} := \frac{(q_1)}{1 \text{ m}} + 9.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (56.953 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301}$$

$$P_{307.2.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (213.573 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2}$$

$$P_{308.1} := P_{307.2.1} = (213.573 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke Bj.C.308}$$

$$P_{307.2.2} := P_{307.2.1} = (213.573 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2}$$

$$P_{308.2} := P_{307.2.1} = (213.573 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke Bj.C.308}$$

Momentkapasitet: ø12 c 135 **Se vedlegg B1 257-A.135**

Lik armering som i 1. plate

$$M_{Rd} = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{Ed} = (56.231 \cdot 10^3) \text{ J} \quad < \quad M_{Rd} = (39.946 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_1 := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 1.408$$

Kapasitetsoverskridelse

Ikke Ok!

7.Plate -yttest med kant av tak:

Se beregninger for 4.plate

8.Plate -midterst med kant av tak:

Se beregninger for 5.plate

9.Plate -innerst med kant av tak:

Se beregninger for 6.plate

Vedlegg A8 - Kapasitetskontroll PI.C.302

Beregning moment:

Platene på taket til Tappehallen er toveisplater og den tyske boken Beton-Kalender benyttes ved utregning av moment og skjær. [Se vedlegg B5](#)

1. Plate - mot bygg B:

$$L_y := 7.25 \text{ m} \quad L_x := 7.25 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1 \quad \rightarrow \quad f := 1.0$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

$$S_{Ed} := 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = (12 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense: trapeslast over hele lengden -dominerende last} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0.95 \cdot 1.05 = (1.636 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense} \\ \text{Se vedlegg A4 og A5}$$

Regner moment ved å bruke en jevnt fordelt last over hele platen og deretter trekke fra den ekstra trekantlasten for snø

$$S_{Ed.2} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast for tak på Tappehallen}$$

$$S_{Ed.tr} := S_{Ed.2} + (S_{Ed} - S_{Ed.2}) \cdot \frac{(8.84 \text{ m} - L_x)}{8.84 \text{ m}} \quad \text{korte siden av trapeset}$$

Total last:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed} = (21.436 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

$$q_{Ed.2} := S_{Ed} - S_{Ed.tr} = (5.831 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total trekantlast}$$

Vedlegg B5 s.320-321 Fast innspent i en ende for y-retning og fast innspent i en ende for x-retning

$M_{xerm.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x^2)}{14.3} = (78.792 \cdot 10^3) \text{ J}$	Strekk ok	Maksimalt moment over fast innspent opplegg i x-retning
$M_{xm.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x^2)}{42.7} = (26.387 \cdot 10^3) \text{ J}$	Strekk uk	Maksimalt moment i felt i x-retning
$M_{yerm.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x^2)}{14.3} = (78.792 \cdot 10^3) \text{ J}$	Strekk ok	Maksimalt moment over fast innspent opplegg i y-retning
$M_{ymax.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x^2)}{40.2} = (28.028 \cdot 10^3) \text{ J}$	Strekk uk	Maksimalt moment i felt i x-retning
$q_{xerm.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x)}{1.96} = (79.291 \cdot 10^3) \text{ N}$	Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i x-retning	
$q_{xm.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x)}{2.76} = (56.308 \cdot 10^3) \text{ N}$	Opplagerreaksjon fritt opplagt i x-retning	
$q_{yerm.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x)}{1.96} = (79.291 \cdot 10^3) \text{ N}$	Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i y-retning	
$q_{ym.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x)}{2.76} = (56.308 \cdot 10^3) \text{ N}$	Opplagerreaksjon fritt opplagt i y-retning	

Vedlegg B5 s.334 Fast innspent i en ende for y-retning og fast innspent i en ende for x-retning -Trekantlast

$M_{xerm.2} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x^2)}{24.1} = (12.718 \cdot 10^3) \text{ J}$	Strekk ok	Maksimalt moment over fast innspent opplegg i x-retning
$M_{xm.2} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x^2)}{83.3} = (3.679 \cdot 10^3) \text{ J}$	Strekk uk	Maksimalt moment i felt i x-retning
$M_{yerm.2} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x^2)}{31} = (9.887 \cdot 10^3) \text{ J}$	Stekk ok	Maksimalt moment over fast innspent opplegg i y-retning

$$M_{y_{max.2}} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x^2)}{86.3} = (3.552 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt i x-retning}$$

$$q_{xerm.2} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x)}{2.77} = (15.262 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i x-retning}$$

$$q_{xm.2} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x)}{10.1} = (4.186 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i x-retning}$$

$$q_{yerm.2} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x)}{3.94} = (10.73 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i y-retning}$$

$$q_{ym.2} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x)}{5.43} = (7.786 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i y-retning}$$

Armering: $\emptyset 10$ c 140 uk felt x-retning [Se vedlegg A1 258-A.136](#)

$\emptyset 10$ c 280 + $\emptyset 8$ c 280 ok støtte x-retning

$\emptyset 10$ c 140 uk felt y-retning

$\emptyset 10$ c 280 + $\emptyset 8$ c 280 ok støtte y-retning

$$b := 1000 \text{ mm} \quad h := 150 \text{ mm} \quad f_{yd} := 320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{cd} := 9.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$d := 128 \text{ mm}$ [Se vedlegg B3 s.87](#)

Momentkapasitet uk felt x-retning: $\emptyset 10$ c 140

$\emptyset := 10 \text{ mm}$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{140 \text{ mm}} + 1 = 8.143 \quad \text{Antall armeringsjern}$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2 = (639.539 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2 \quad \text{Armeringsarealet}$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}} = (28.112 \cdot 10^{-3}) \text{ m} \quad < \quad x_{bal} := 0.617 \cdot d = (78.976 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd.1} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (23.894 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Momentkapasitet ok støtte x-retning: $\emptyset 10 \text{ c } 280 + \emptyset 8 \text{ c } 280$

$$\emptyset_1 := 10 \text{ mm} \qquad \emptyset_2 := 8 \text{ mm}$$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{280 \text{ mm}} + 1 = 4.571$$

$$A_s := \left(n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset_1}{2} \right)^2 \right) + \left(n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset_2}{2} \right)^2 \right) = (588.824 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}} = (25.882 \cdot 10^{-3}) \text{ m} \quad < \quad x_{bal} = (78.976 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd.2} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (22.167 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Momentkapasitet uk felt y-retning: $\emptyset 10 \text{ c } 200$

Lik armering som i uk felt x-retning

$$M_{Rd.3} := M_{Rd.1} = (23.894 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Momentkapasitet ok støtte y-retning: $\emptyset 10 \text{ c } 280 + \emptyset 8 \text{ c } 280$

Lik armering som i ok støtte x-retning

$$M_{Rd.4} := M_{Rd.2} = (22.167 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} := M_{xm.1} - M_{xm.2} = (22.708 \cdot 10^3) \text{ J} \quad < \quad M_{Rd.1} = (23.894 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_1 := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 0.95 \qquad \text{Ok!}$$

$$M_{xerm} := M_{xerm.1} - M_{xerm.2} = (66.074 \cdot 10^3) \text{ J} \quad < \quad M_{Rd.2} = (22.167 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_2 := \frac{M_{xerm}}{M_{Rd.2}} = 2.981 \qquad \text{Kapasitetsoverskridelse} \qquad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{ymax} := M_{ymax.1} - M_{ymax.2} = (24.476 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.3} = (23.894 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_3 := \frac{M_{ymax}}{M_{Rd.3}} = 1.024 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ok!}$$

$$M_{yerm} := M_{yerm.1} - M_{yerm.2} = (68.905 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.4} = (22.167 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_4 := \frac{M_{yerm}}{M_{Rd.4}} = 3.108 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

2. Plate - kant tak:

$$L_x = 7.25 \text{ m} \quad L_y = 7.25 \text{ m} \quad f = 1$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$S_{Ed} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense -dominerende last}$$

$$V_{Ed} = (1.636 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed} = (14.326 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Vedlegg B5 s.320-321 Fast innspent i en ende for y-retning og fast innspent i en ende for x-retning

$$M_{xerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{14.3} = (52.658 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg i x-retning}$$

$$M_{xrm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{42.7} = (17.635 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt i x-retning}$$

$$M_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{14.3} = (52.658 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg i y-retning}$$

$M_{ymax} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{40.2} = (18.731 \cdot 10^3) \text{ J}$	Strekk uk	Maksimalt moment i felt y-retning
$q_{xerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.96} = (52.991 \cdot 10^3) \text{ N}$	Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i x-retning	
$q_{xm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.76} = (37.631 \cdot 10^3) \text{ N}$	Opplagerreaksjon fritt opplagt i x-retning	
$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.96} = (52.991 \cdot 10^3) \text{ N}$	Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i y-retning	
$q_{ym} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.76} = (37.631 \cdot 10^3) \text{ N}$	Opplagerreaksjon fritt opplagt i y-retning	

Armering: Lik som 1. plate Se vedlegg A1 258-A.136

ø10 c 140 uk felt x-retning

ø10 c 280 + ø8 c 280 ok støtte x-retning

ø10 c 140 uk felt y-retning

ø10 c 280 + ø8 c 280 ok støtte y-retning

Momentkapasitet:

$$M_{Rd.1} = (23.894 \cdot 10^3) \text{ J} \quad M_{Rd.2} = (22.167 \cdot 10^3) \text{ J} \quad M_{Rd.3} = (23.894 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$M_{Rd.4} = (22.167 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} = (17.635 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.1} = (23.894 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_5 := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 0.738 \quad \text{Ok!}$$

$$M_{xerm} = (52.658 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.2} = (22.167 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_6 := \frac{M_{xerm}}{M_{Rd.2}} = 2.375 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{ymax} = (18.731 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.3} = (23.894 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_7 := \frac{M_{ymax}}{M_{Rd.3}} = 0.784 \quad \text{Ok!}$$

$$M_{yerm} = (52.658 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.4} = (22.167 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_8 := \frac{M_{yerm}}{M_{Rd.4}} = 2.375 \quad \text{Kapacitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

Vedlegg A9- Kapasitetskontroll Pl.C.303

Beregning av moment og skjær moment:

Platene på taket til Tappehallen er toveisplater og den tyske boken Beton-Kalender benyttes ved utregning av moment og skjær. [Se vedlegg B5](#)

1. Plate - mot bygg B

$$L_y := 7.5 \text{ m} \quad L_x := 7.25 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1.034 \quad \rightarrow \quad f := 1.05 \quad \text{Runder verdien konservativt oppover}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense.}$$

[Se vedlegg B3, s. 87](#)

$$S_{Ed.1} := 4.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast i bruddgrense}$$

$$S_{Ed.2} := 3.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast grunnet bygg B:}$$

trekantlast med lengde 1.34m

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0.95 \cdot 1.05 = (1.636 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense.}$$

[Se vedlegg A4 og A5.](#)

Tar konservativt trekantlasten til snø som en jevnt fordelt last over hele platen.

$$q_{Ed} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (1.75 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

[Se vedlegg B5 s.322-323.](#) Fast innspent i begge ender for x-retning og ene enden for y-retningen. Andre retningen i y-retning er fritt opplagt.

$$M_{xerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{16.6} = (5.54 \cdot 10^4) \text{ J} \quad \text{Strekk ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg i x-retning}$$

$$M_{xm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{51.6} = (1.782 \cdot 10^4) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fast innspente opplegg og fritt opplagt opplegg i x-retning}$$

$$M_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{15.4} = (5.972 \cdot 10^4) \text{ J}$$

Strekk ok

Maksimalt moment over fast innspent opplegg i y-retning

$$M_{ym} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{43.6} = (2.109 \cdot 10^4) \text{ J}$$

Strekk uk

Maksimalt moment i felt mellom fast innspente opplegg i y-retning

$$q_{xerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.1} = (6.04 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i x-retning.

$$q_{xrm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.92} = (4.344 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon fritt opplagt opplegg i x-retning.

$$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.05} = (6.188 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Opplagerreaksjoner fast innspent opplegg i y-retning.

Armering:

ø10 c 170 uk felt x-retning

ø10+ø8 c 340 ok støtte i x-retning

Se vedlegg B1.
Tegning 258-A136

ø10+ø8 c 280 uk felt i y-retning

ø10+ø8 c 280 ok støtte i y-retning

$$b := 1000 \text{ mm} \quad h := 150 \text{ mm} \quad f_{yd} := 320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{cd} := 9.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$d := 128 \text{ mm}$$

Se vedlegg B3 s. 88

Momentkapasitet uk felt x-retning

ø10 c 170

$$\phi := 10 \text{ mm}$$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{170 \text{ mm}} + 1 = 6.882$$

Antall armeringsjern

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 = (5.405 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

Armeringsareal

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}} = 0.024 \text{ m} \quad < \quad x_{bal} := 0.617 \cdot d = 0.079 \text{ m}$$

$$M_{Rd.1} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (2.05 \cdot 10^4) \text{ J}$$

Momentkapasitet ok støtte x-retning

ø10+ø8 c 340

$$\phi_1 := 10 \text{ mm} \quad \phi_2 := 8 \text{ mm}$$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{340 \text{ mm}} + 1 = 3.941$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi_1}{2}\right)^2 + n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi_2}{2}\right)^2 = (5.076 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{(0.8 \cdot b \cdot f_{cd})} = 0.022 \text{ m} < x_{bal} := 0.617 \cdot d = 0.079 \text{ m}$$

$$M_{Rd.2} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (1.934 \cdot 10^4) \text{ J}$$

Momentkapasitet uk felt y-retning

ø10 + ø8 c 280

$$\phi_1 := 10 \text{ mm} \quad \phi_2 := 8 \text{ mm}$$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{280 \text{ mm}} + 1 = 4.571$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi_1}{2}\right)^2 + n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi_2}{2}\right)^2 = (5.888 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{(0.8 \cdot b \cdot f_{cd})} = 0.026 \text{ m} < x_{bal} := 0.617 \cdot d = 0.079 \text{ m}$$

$$M_{Rd.3} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (2.217 \cdot 10^4) \text{ J}$$

Momentkapasitet ok støtte y-retning

ø10+ø8 c 280

Lik som over

$$M_{Rd.4} := M_{Rd.3} = (2.217 \cdot 10^4) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} = (1.782 \cdot 10^4) \text{ J} < M_{Rd.1} = (2.05 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$m_1 := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 0.87$$

Ok!

$$M_{xerm} = (5.54 \cdot 10^4) \text{ J} < M_{Rd.2} = (1.934 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$m_2 := \frac{M_{xerm}}{M_{Rd.2}} = 2.864 \quad \text{Kapitetoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{ym} = (2.109 \cdot 10^4) \text{ J} < M_{Rd.3} = (2.217 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$m_3 := \frac{M_{ym}}{M_{Rd.3}} = 0.952 \quad \text{Ok!}$$

$$M_{yerm} = (5.972 \cdot 10^4) \text{ J} < M_{Rd.4} = (2.217 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$m_4 := \frac{M_{yerm}}{M_{Rd.4}} = 2.694 \quad \text{Kapitetoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

2. Plate- 3 like

$$L_x = 7.25 \text{ m} \quad L_y = 7.5 \text{ m} \quad f = 1.05$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense.}$$

$$V_{Ed} = (1.636 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense.}$$

$$S_{Ed} := S_{Ed.1} = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense}$$

Tar konservativt trekantlasten til snø som en jevnt fordelt last over hele platen.

$$q_{Ed.2} := G_{Ed} + V_{Ed} + S_{Ed} = (1.433 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Se vedlegg B5 s.322-323. Fast innspent i begge ender for x-retning og ene enden for y-retningen. Andre retningen i y-retning er fritt opplagt.

$M_{xerm} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x^2)}{16.6} = (4.536 \cdot 10^4) \text{ J}$	Strekk ok	Maksimalt moment over fast innspent opplegg i x-retning
$M_{xm} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x^2)}{51.6} = (1.459 \cdot 10^4) \text{ J}$	Strekk uk	Maksimalt moment i felt mellom fast innspent opplegg og fritt opplagt opplegg i x-retning
$M_{yerm} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x^2)}{15.4} = (4.89 \cdot 10^4) \text{ J}$	Strekk ok	Maksimalt moment over fast innspent opplegg i y-retning
$M_{ym} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x^2)}{43.6} = (1.727 \cdot 10^4) \text{ J}$	Strekk uk	Maksimalt moment i felt mellom fast innspente opplegg i y-retning
$q_{xerm} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x)}{2.1} = (4.946 \cdot 10^4) \text{ N}$	Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i x-retning.	
$q_{xrm} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x)}{2.92} = (3.557 \cdot 10^4) \text{ N}$	Opplagerreaksjon fritt opplagt opplegg i x-retning.	
$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x)}{2.05} = (5.066 \cdot 10^4) \text{ N}$	Opplagerreaksjoner fast innspent opplegg i y-retning.	

Armering: Lik som 1.plate

ø10 c 170 uk felt x-retning

ø10+ø8 c 340 ok støtte x-retning

ø10+ø8 c 280 uk felt i y-retning

ø10+ ø8 c 280 ok støtte i y-retning

Se vedlegg B1.
Tegning 258-A136

Momentkapasitet:

$$M_{Rd.1} = (2.05 \cdot 10^4) \text{ J} \quad M_{Rd.2} = (1.934 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$M_{Rd.3} = (2.217 \cdot 10^4) \text{ J} \quad M_{Rd.4} = (2.217 \cdot 10^4) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} = (1.459 \cdot 10^4) \text{ J} < M_{Rd.1} = (2.05 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$m_5 := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 0.712$$

Ok!

$$M_{xerm} = (4.536 \cdot 10^4) \text{ J} < M_{Rd.2} = (1.934 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$m_6 := \frac{M_{xerm}}{M_{Rd.2}} = 2.345$$

Kapasitetsoverskridelse

Ikke ok!

$$M_{ym} = (1.727 \cdot 10^4) \text{ J} < M_{Rd.3} = (2.217 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$m_7 := \frac{M_{ym}}{M_{Rd.3}} = 0.779$$

Ok!

$$M_{yerm} = (5.972 \cdot 10^4) \text{ J} < M_{Rd.4} = (2.217 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$m_8 := \frac{M_{yerm}}{M_{Rd.4}} = 2.694$$

Kapasitetsoverskridelse

Ikke ok!

3.Plate

Se beregning for 2.plate

4.Plate

Se beregning for 2.plate

Vedlegg A10- Kapasitetskontroll Pl.C.304

Beregning av moment og skjær:

Platene på taket til Tappehallen er toveisplater og den tyske boken Beton-Kalender benyttes ved utregning av moment og skjær. **Se vedlegg B5**

1. Plate - ytterst mot bygg B:

$$L_y := 7.5 \text{ m} \quad L_x := 4.9 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1.531 \quad \rightarrow \quad f := 1.55 \quad \text{Runder verdien konservativt oppover}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast i bruddgrense.
Se vedlegg B3, s. 87

$$S_{Ed.1} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast i bruddgrense for tak
Tappehallen -dominerende last

$$S_{Ed.2} := 10.03 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast i bruddgrense:
trapeslast over hele lengden -
dominerende last

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0.95 \cdot 1.05 = (1.636 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast i bruddgrense.
Se vedlegg A4 og A5.

I Beton-Kalender finnes det ikke formler for trekantlasten til denne platen. Regner dermed moment konservativt med å bruke en jevnt fordelt last over hele platen, uten å trekke fra den ekstra snølasten

Total last:

$$q_{Ed} := G_{Ed} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (19.466 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Total jevnt fordelt last

Se vedlegg B5 s.316-317 Fast innspent i begge ender for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning

$$M_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{9.3} = (50.256 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Strekk ok

Maksimalt moment over
fast innspent opplagg

$$M_{ymax} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{32.7} = (14.293 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fast innspente opplegg}$$

$$M_{xm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{19} = (24.599 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fritt opplagte opplegg}$$

$$q_{xm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.14} = (44.571 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i x-retning}$$

$$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.47} = (64.886 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i y-retning}$$

Armering: $\emptyset 10$ c 280 + $\emptyset 8$ c 280 uk felt y-retning

$\emptyset 10$ c 140 ok støtte y-retning

Se vedlegg B1.
Tegning 257-A135

$\emptyset 10$ c 150 uk felt x-retning

$$b := 1000 \text{ mm} \quad h := 130 \text{ mm} \quad f_{yd} := 320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{cd} := 9.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$d := 108 \text{ mm}$ Se vedlegg B3 s. 89

Momentkapasitet uk felt x-retning: $\emptyset 10$ c 150

$\emptyset := 10 \text{ mm}$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} + 1 = 7.667 \quad \text{Antall armeringsjern}$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2 = (602.139 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2 \quad \text{Armeringsarealet}$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}} = (26.468 \cdot 10^{-3}) \text{ m} < x_{bal} := 0.617 \cdot d = (66.636 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd.1} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Momentkapasitet uk felt y-retning: $\emptyset 10 \text{ c } 280 + \emptyset 8 \text{ c } 280$

$$\emptyset_1 := 10 \text{ mm} \qquad \emptyset_2 := 8 \text{ mm}$$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{280 \text{ mm}} + 1 = 4.571$$

$$A_s := \left(n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset_1}{2} \right)^2 \right) + \left(n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset_2}{2} \right)^2 \right) = (588.824 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}} = (25.882 \cdot 10^{-3}) \text{ m} \quad < \quad x_{bal} := 0.617 \cdot d = (66.636 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd.2} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (18.399 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Momentkapasitet ok støtte y-retning: $\emptyset 10 \text{ c } 140$

$$\emptyset := 10 \text{ mm}$$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{140 \text{ mm}} + 1 = 8.143 \qquad \text{Antall armeringsjern}$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2} \right)^2 = (639.539 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2 \qquad \text{Armeringsarealet}$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}} = (28.112 \cdot 10^{-3}) \text{ m} \quad < \quad x_{bal} := 0.617 \cdot d = (66.636 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd.3} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} = (24.599 \cdot 10^3) \text{ J} \quad < \quad M_{Rd.1} = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_1 := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 1.311 \qquad \text{Kapasitetsoverskridelse} \qquad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{ymax} = (14.293 \cdot 10^3) \text{ J} \quad < \quad M_{Rd.2} = (18.399 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_2 := \frac{M_{ymax}}{M_{Rd.2}} = 0.777 \qquad \text{Ok!}$$

$$M_{yerm} = (50.256 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.3} = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_3 := \frac{M_{yerm}}{M_{Rd.3}} = 2.538 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

2. Plate -midterst med bygg B:

$$L_x = 4.9 \text{ m} \quad L_y = 7.5 \text{ m} \quad f = 1.55$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense.}$$

$$S_{Ed.1} = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense for tak Tappehallen}$$

$$S_{Ed.2} = (10.03 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense: trapeslast over hele lengden fra bygg B}$$

$$S_{Ed.3} := 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast grunnet bygg C: trekantlast med lengde på 1.34 m}$$

$$V_{Ed} = (1.636 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense.}$$

I Beton-Kalender finnes det ikke formler for trekantlasten til snø fra bygg B til denne platen. Regner dermed moment konservativt med å bruke en jevnt fordelt last over hele platen, uten å trekke fra den ekstra snølasten

I tillegg blir konservativt trekantlasten til snø fra bygg C regnet som en jevnt fordelt last over hele platen

Total last:

$$q_{Ed} := G_{Ed} + S_{Ed.2} + S_{Ed.3} + V_{Ed} = (20.216 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Se vedlegg B5 s.316-317 Fast innspent i begge ender for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning

$$M_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{9.3} = (52.192 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strek ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplagg}$$

$$M_{ymax} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{32.7} = (14.844 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strek uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fast innspente opplegg}$$

$$M_{xm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{19} = (25.547 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strek uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fritt opplagte opplegg}$$

$$q_{xm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.14} = (46.289 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i x-retning}$$

$$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.47} = (67.386 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i y-retning}$$

Armering:

Lik som 1. plate

ø10 c 280 + ø8 c 280 uk felt y-retning

ø10 c 140 ok støtte y-retning

ø10 c 150 uk felt x-retning

Se vedlegg B1.
Tegning 257-A135

Momentkapasitet:

$$M_{Rd.1} = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J} \quad M_{Rd.2} = (18.399 \cdot 10^3) \text{ J} \quad M_{Rd.3} = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} = (25.547 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.1} = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_4 := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 1.361 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{ymax} = (14.844 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.2} = (18.399 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_5 := \frac{M_{ymax}}{M_{Rd.2}} = 0.807 \quad \text{Ok!}$$

$$M_{yerm} = (52.192 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.3} = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_6 := \frac{M_{yerm}}{M_{Rd.3}} = 2.636 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

3. Plate - innerst:

$$L_x = 4.9 \text{ m} \quad L_y = 7.5 \text{ m} \quad f = 1.55$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$S_{Ed.1} = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense for tak Tappehallen}$$

$$S_{Ed.2} = (10.03 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense: trapeslast over hele lengden fra bygg B}$$

$$S_{Ed.3} := 7.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast i bruddgrense: trapeslast over hele lengden fra bygg C}$$

I Beton-Kalender finnes det ikke formler for trekantlasten til snø fra bygg B til denne platen. Regner dermed konservativt med å bruke en jevnt fordelt last over hele platen, uten å trekke fra den ekstra snølasten

Regner totalt moment ved å bruke en jevnt fordelt last over hele platen og deretter trekke fra den ekstra trekantlasten til snø fra bygg C

$$S_{Ed.tr} := S_{Ed.1} + S_{Ed.3} \cdot \frac{(8.84 \text{ m} - L_y)}{8.84 \text{ m}} \quad \text{Korte siden av trapeset}$$

Total last:

$$q_{Ed.3} := G_{Ed} + S_{Ed.2} + S_{Ed.3} + V_{Ed} = (26.576 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

$$q_{Ed.4} := S_{Ed.2} - S_{Ed.tr} = (4.062 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total trekantlast}$$

Se vedlegg B5 s.312-313 Fast innspent i en ende for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning

$$M_{xm.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x^2)}{15.7} = (40.643 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt x-retning}$$

$$M_{yerm.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x^2)}{8.9} = (71.695 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg}$$

$$M_{y_{max}.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x^2)}{32.3} = (19.755 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt y-retning}$$

$$q_{xm.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x)}{2.05} = (63.523 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i x-retning}$$

$$q_{yerm.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x)}{1.43} = (91.064 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i y-retning}$$

$$q_{ym.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x)}{1.94} = (67.125 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i y-retning}$$

Se vedlegg B5 s.331 Fast innspent i en ende for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning -Trekantlast

$$x_1 := 35.3 - \frac{((35.3 - 23.6) \cdot 0.05)}{0.5} \quad \text{Interpolere verdier for å få 1.55}$$

$$M_{xm.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x^2)}{x_1} = (2.858 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt i x-retning}$$

$$x_2 := 14.1 - \frac{((14.1 - 11.8) \cdot 0.05)}{0.5} \quad \text{Interpolere verdier for å få 1.55}$$

$$M_{yerm.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x^2)}{x_2} = (7.032 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg}$$

$$M_{y_{max}.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x^2)}{56.5} = (1.726 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt i y-retning}$$

$$x_3 := 3.87 - \frac{((3.87 - 3.31) \cdot 0.05)}{0.5} \quad \text{Interpolere verdier for å få 1.55}$$

$$q_{xm.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x)}{x_3} = (5.219 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i x-retning}$$

$$x_4 := 2.03 - \frac{((2.03 - 1.8) \cdot 0.05)}{0.5} \quad \text{Interpolere verdier for å få 1.55}$$

$$q_{yerm.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x)}{x_4} = (9.918 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i y-retning}$$

$$x_5 := 7.9 - \frac{((7.9 - 8.75) \cdot 0.05)}{0.5} \quad \text{Interpolere verdier for å få 1.55}$$

$$q_{ym.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x)}{x_5} = (2.493 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon fritt
opplagt i y-retning

Armering: Lik som 1. plate

ø10 c 280 + ø8 c 280 uk felt y-retning

ø10 c 140 ok støtte y-retning

ø10 c 150 uk felt x-retning

Se vedlegg B1.
Tegning 257-A135

Momentkapasitet:

$$M_{Rd.1} = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J} \quad M_{Rd.2} = (18.399 \cdot 10^3) \text{ J} \quad M_{Rd.3} = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} := M_{xm.1} - M_{xm.2} = (37.785 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.1} = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_7 := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 2.013 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{ymax} := M_{ymax.1} - M_{ymax.2} = (18.029 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.2} = (18.399 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_8 := \frac{M_{ymax}}{M_{Rd.2}} = 979.876 \cdot 10^{-3} \quad \text{Ok!}$$

$$M_{yerm} := M_{yerm.1} - M_{yerm.2} = (64.663 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.3} = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_9 := \frac{M_{yerm}}{M_{Rd.3}} = 3.266 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ok!}$$

4. plate- ytterst

$$L_y := 7.5 \text{ m} \quad L_x := 4.9 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1.531 \quad \rightarrow \quad f := 1.55 \quad \text{Runder verdien konservativt oppover}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{kN}{m} \cdot 1.2 = (7.8 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Egenlast i bruddgrense

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{kN}{m} \cdot 0.95 \cdot 1.05 = (1.636 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Vindlast i bruddgrense

$$S_{Ed} := 3.26 \frac{kN}{m} \cdot 1.5 = (4.89 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Snølast i bruddgrense

$$q_{Ed} := G_{Ed} + V_{Ed} + S_{Ed} = (14.326 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Total jevnt fordelt last

Se vedlegg B5 s.316-317. Fast innspent i begge ender for x-retning og fritt opplagt for begge ender for y-retning.

$$M_{xm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{19} = (18.103 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Strekk uk Maksimalt moment i felt mellom fritt opplagte opplegg i x-retning

$$M_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{9.3} = (36.985 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Strekk ok Maksimalt moment over fast innspent opplegg i y-retning

$$M_{ymax} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{32.7} = (10.519 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Strekk uk Maksimalt moment i felt mellom fast innspenne opplegg i y-retning

$$q_{xrm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.14} = (32.802 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjoner fritt opplagt i x-retning.

$$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.47} = (47.753 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjoner fast innspent opplegg i y-retning.

Armering: ø10 c 150 uk felt x-retning

ø10 c 140 ok støtte y-retning

Se vedlegg B1.
Tegning 258-A136

ø10+ ø8 c 280 uk felt y-retning

$$b := 1000 \text{ mm} \quad h := 150 \text{ mm} \quad f_{yd} := 320 \frac{N}{mm^2} \quad f_{cd} := 9.1 \frac{N}{mm^2}$$

$d := 108 \text{ mm}$ Se vedlegg B3, s. 89

Momentkapasitet uk felt x-retning: $\varnothing 10$ c 150

$$\varnothing := 10 \text{ mm}$$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} + 1 = 7.667 \quad \text{Antall armeringsjern}$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2}\right)^2 = (602.139 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2 \quad \text{Armeringsareal}$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{(0.8 \cdot b \cdot f_{cd})} = (26.468 \cdot 10^{-3}) \text{ m} < x_{bal} := 0.617 \cdot d = (66.636 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd.1} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Momentkapasitet ok støtte y-retning: $\varnothing 10$ c 140

$$\varnothing := 10 \text{ mm}$$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{140 \text{ mm}} + 1 = 8.143$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2}\right)^2 = (639.539 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{(0.8 \cdot b \cdot f_{cd})} = (28.112 \cdot 10^{-3}) \text{ m} < x_{bal} := 0.617 \cdot d = (66.636 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd.2} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Momentkapasitet uk felt y-retning: $\varnothing 10 + \varnothing 8$ c 280

$$\varnothing_1 := 10 \text{ mm}$$

$$\varnothing_2 := 8 \text{ mm}$$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{280 \text{ mm}} + 1 = 4.571$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_1}{2}\right)^2 + n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_2}{2}\right)^2 = (588.824 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{(0.8 \cdot b \cdot f_{cd})} = (25.882 \cdot 10^{-3}) \text{ m} < x_{bal} := 0.617 \cdot d = (66.636 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd.3} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot d) = (12.21 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} = (18.103 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.1} = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_{10} := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 964.489 \cdot 10^{-3}$$

Ok!

$$M_{yerm} = (36.985 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.2} = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_{11} := \frac{M_{yerm}}{M_{Rd.2}} = 1.868$$

Kapasitetsoverskridelse

Ikke ok!

$$M_{ymax} = (10.519 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.3} = (12.21 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_{12} := \frac{M_{ymax}}{M_{Rd.3}} = 861.501 \cdot 10^{-3}$$

Ok!

5.Plade- midterste:

$$L_y = 7.5 \text{ m}$$

$$L_x = 4.9 \text{ m}$$

$$f = 1.55$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast i bruddgrense

$$V_{Ed} = (1.636 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast i bruddgrense

$$S_{Ed.1} := S_{Ed} = (4.89 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast i bruddgrense

$$S_{Ed.2} := 1.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast fra bygg C: trekantlast med lengre 1.34m

Tar konservativt trekantlasten til snø som en jevnt fordelt last over hele platen.

$$q_{Ed} := G_{Ed} + V_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} = (15.406 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Total jevnt fordelt last

Se vedlegg B5 s.316-317. Fast innspent i begge ender for x-retning og fritt opplagt for begge ender i y-retning.

$$M_{xm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{19} = (19.468 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Strekk i uk

Maksimalt moment i felt mellom fritt opplagte i x-retning

$$M_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{9.3} = (39.774 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Strekk i ok

Maksimalt moment over fast innspent opplagg i y-retning

$$M_{ymax} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{32.7} = (11.312 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Strekk i uk

Maksimalt moment i felt mellom fast innspente opplagg i y-retning

$$q_{xrm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.14} = (35.275 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjoner fritt opplagt i x-retning.

$$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.86} = (40.585 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjoner fast innspent opplagg i y-retning.

Armering:

Lik som 4.plate

ø10 c 150 uk felt x-retning

ø10 c 140 ok støtte y-retning

ø10+ ø8 c 280 uk felt y-retning

Se vedlegg B1.
Tegning 258-A136

Momentkapasitet:

$$M_{Rd.1} = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$M_{Rd.2} = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$M_{Rd.3} = (12.21 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} = (19.468 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$M_{Rd.1} = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_{13} := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 1.037$$

Kapasitetsoverskridelse

Ikke ok!

$$M_{yerm} = (39.774 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$M_{Rd.2} = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_{14} := \frac{M_{yerm}}{M_{Rd.2}} = 2.009$$

Kapasitetsoverskridelse

Ikke ok!

$$M_{ymax} = (11.312 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$M_{Rd.3} = (12.21 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_{15} := \frac{M_{ymax}}{M_{Rd.3}} = 926.448 \cdot 10^{-3}$$

OK!

6. Plate -innerst

$$L_y = 7.5 \text{ m}$$

$$L_x = 4.9 \text{ m}$$

$$f = 1.55$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast i bruddgrense

$$V_{Ed} = (1.636 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast i bruddgrense

$$S_{Ed} := 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = (12 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast i bruddgrense

Regner moment ved å bruke en jevnt fordelt last over hele platen og deretter trekke fra den ekstra trekantlasten fra snø.

$$S_{Ed.1} := 6.03 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Total last:

$$q_{Ed} := G_{Ed} + V_{Ed} + S_{Ed} = (21.436 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$q_{Ed.1} := S_{Ed.1} = (6.03 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Se vedlegg B5 s. 312-313. Fast innspent i en ende for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning

$$M_{xm.1} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{15.7} = (32.782 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Strekk i uk

Maksimalt moment i felt mellom fritt opplagte opplegg i x-retning

$$M_{yerm.1} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{8.8} = (58.486 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk i ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg i y-retning}$$

$$M_{ymax.1} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{33} = (15.596 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk i uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt i y-retning}$$

$$q_{xrm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.05} = (51.237 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjoner fritt opplagt i x-retning.}$$

$$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.43} = (73.452 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i y-retning.}$$

$$q_{yrm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.94} = (54.142 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i y-retning.}$$

Se vedlegg B5 s. 331. Fast innspent i en ende for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning- Trekantlast.

Interpolere mellom 1.5 og 2.0:

$$x_1 := 35.3 - \frac{(11.7 \cdot 0.05)}{0.5} = 34.13$$

$$M_{xrm.2} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x^2)}{x_1} = (4.242 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk i uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt i x-retning}$$

$$x_2 := 14.1 - \frac{(2.3 \cdot 0.05)}{0.5} = 13.87$$

$$M_{yerm.2} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x^2)}{x_2} = (10.438 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk i ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg i y-retning}$$

$$M_{ymax.2} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x^2)}{56.5} = (2.562 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk i uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt i y-retning}$$

$$x_3 := 3.87 - \frac{(0.56 \cdot 0.05)}{0.5} = 3.814$$

$$q_{xrm.2} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x)}{x_3} = (7.747 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjoner fritt opplagt i x-retning.}$$

$$x_4 := 2.03 - \frac{(0.23 \cdot 0.05)}{0.5} = 2.007$$

$$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x)}{x_4} = (14.722 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon fast
innspent opplegg i y-retning.

$$x_5 := 7.9 + \frac{(0.85 \cdot 0.05)}{0.5} = 7.985$$

$$q_{yrm} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x)}{x_5} = (3.7 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon fritt
opplagt i y-retning.

Armering:

Lik som 4.plate

Ø10 c/c 150 uk felt x-retning

Ø10 c/c 140 ok støtte y-retning

Ø10+ Ø8 c/c 280 uk felt y-retning

Se vedlegg B1.
Tegning 258-A136

Momentkapasitet:

$$M_{Rd.1} = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$M_{Rd.2} = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$M_{Rd.3} = (12.21 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} := M_{xm.1} - M_{xm.2} = (28.54 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.1} = (18.77 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_{16} := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 1.521$$

Kapasitetsoverskridelse

Ikke ok!

$$M_{yerm} := M_{yerm.1} - M_{yerm.2} = (48.048 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.2} = (19.801 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_{17} := \frac{M_{yerm}}{M_{Rd.2}} = 2.426$$

Kapasitetsoverskridelse

Ikke ok!

$$M_{ymax} := M_{ymax.1} - M_{ymax.2} = (13.034 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.3} = (12.21 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_{18} := \frac{M_{ymax}}{M_{Rd.3}} = 1.067$$

Kapasitetsoverskridelse

Ikke ok!

Vedlegg A11 - Kapasitetskontroll Pl.C.305

Beregning moment og skjær:

Platene på taket til Tappehallen er toveisplater og den tyske boken Beton-Kalender benyttes for utregning av moment og skjær. [Se vedlegg B5](#)

1. Plate - ytterst:

$$L_y := 10.25 \text{ m} \quad L_x := 7.5 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1.367 \quad \rightarrow \quad f := 1.4 \quad \text{Runder verdien konservativt oppover}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

$$P_{Ed} := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = (6 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Nyttelast fra takterrassen i bruddgrense} \\ \text{-dominerende last} \quad \text{Se vedlegg A1}$$

$$S_{Ed} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.05 = (3.423 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0.95 \cdot 1.05 = (1.636 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense} \\ \text{Se vedlegg A4 og A5}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed} = (18.859 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

[Vedlegg B5 s.318-319](#) Fast innspent i begge ender for y-retning og fritt opplagt i begge ender for x-retning

$$M_{xerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{12.3} = (86.245 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg}$$

$$M_{xm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{26.6} = (39.88 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fast innsente opplegg}$$

$$M_{ymax} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x^2)}{74.6} = (14.22 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fritt opplagte opplegg}$$

$$q_{xerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.9} = (74.443 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon fast
innspent opplegg

$$q_{ym} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.95} = (47.946 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon fritt
opplagt opplegg

Armering: $\emptyset 12$ c 170 uk felt x-retning **Se vedlegg B1 258-A.136**

$\emptyset 12$ c 340 + $\emptyset 8$ c 340 ok støtte x-retning

$\emptyset 10$ c 200 uk felt y-retning

$$b := 1000 \text{ mm} \quad h := 150 \text{ mm} \quad f_{yd} := 320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{cd} := 9.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$d := 128 \text{ mm}$ **Se vedlegg B3 s.89**

Momentkapasitet uk felt x-retning: $\emptyset 12$ c 170

$\emptyset := 12 \text{ mm}$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{170 \text{ mm}} + 1 = 6.882 \quad \text{Antall armeringsjern}$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2 = (778.376 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2 \quad \text{Armeringsarealet}$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}} = (34.214 \cdot 10^{-3}) \text{ m} \quad < \quad x_{bal} := 0.617 \cdot d = (78.976 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd.1} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (28.473 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Momentkapasitet ok støtte x-retning: $\emptyset 12$ c 170 + $\emptyset 8$ c 340

$\emptyset_1 := 12 \text{ mm}$ $\emptyset_2 := 8 \text{ mm}$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{340 \text{ mm}} + 1 = 3.941 \quad n_2 := \frac{1000}{170}$$

$$A_s := \left(n_2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset_1}{2}\right)^2 \right) + \left(n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset_2}{2}\right)^2 \right) = (863.384 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}} = (37.951 \cdot 10^{-3}) \text{ m} < x_{bal} = (78.976 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd.2} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (31.17 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Momentkapasitet uk felt y-retning: $\varnothing 10 \text{ c } 200$

$$\varnothing := 10 \text{ mm}$$

$$n := \frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} + 1 = 6$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2}\right)^2 = (471.239 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$x := \frac{(f_{yd} \cdot A_s)}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}} = (20.714 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd.3} := 0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0.4 \cdot x) = (18.053 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} = (39.88 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.1} = (28.473 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_1 := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 1.401 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{xerm} = (86.245 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.2} = (31.17 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_2 := \frac{M_{xerm}}{M_{Rd.2}} = 2.767 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{ymax} = (14.22 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.3} = (18.053 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_3 := \frac{M_{ymax}}{M_{Rd.3}} = 0.788 \quad \text{Ok!}$$

2. Plate - midterst:

$$L_x = 7.5 \text{ m} \quad L_y = 10.25 \text{ m} \quad f = 1.4$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$P_{Ed} = (6 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Nyttelast fra takterrassen i bruddgrense-dominerende last}$$

$$S_{Ed.1} := S_{Ed} = (3.423 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense}$$

$$S_{Ed.2} := 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast grunnet bygg C: trekantlast med lengde på 1.34 m}$$

$$V_{Ed} = (1.636 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense}$$

Tar konservativt trekantlasten til snø som en jevnt fordelt last over hele platen

$$q_{Ed.2} := G_{Ed} + P_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (19.609 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Vedlegg B5 s.318-319 Fast innspent i begge ender for y-retning og fritt opplagt i begge ender for x-retning

$$M_{xerm} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x^2)}{12.3} = (89.675 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg}$$

$$M_{xm} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x^2)}{26.6} = (41.466 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fast innspenne opplegg}$$

$$M_{ymax} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x^2)}{74.6} = (14.786 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fritt opplagte opplegg}$$

$$q_{xerm} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x)}{1.9} = (77.404 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg}$$

$$q_{ym} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x)}{2.95} = (49.853 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt opplegg}$$

Armering:

Lik som 1. plate

Se vedlegg B1 258-A.136

ø12 c 170 uk felt x-retning

ø12 c 170 + ø8 c 340 ok støtte x-retning

ø10 c 200 uk felt y-retning

Momentkapasitet:

$$M_{Rd.1} = (28.473 \cdot 10^3) \text{ J} \quad M_{Rd.2} = (31.17 \cdot 10^3) \text{ J} \quad M_{Rd.3} = (18.053 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} = (41.466 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.1} = (28.473 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_4 := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 1.456 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{xerm} = (89.675 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.2} = (31.17 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_5 := \frac{M_{xerm}}{M_{Rd.2}} = 2.877 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{ymax} = (14.786 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.3} = (18.053 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_6 := \frac{M_{ymax}}{M_{Rd.3}} = 0.819 \quad \text{Ok!}$$

3. Plate - innerst:

$$L_x = 7.5 \text{ m} \quad L_y = 10.25 \text{ m} \quad f = 1.4$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$P_{Ed} := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.05 = (4.2 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Nyttelast fra takterrassen i bruddgrense}$$

$$S_{Ed} := 8 \frac{kN}{m} \cdot 1.5 = (12 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense: trapeslast over hele lengden -dominerende last}$$

$$V_{Ed} = (1.636 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense}$$

Regner moment ved å bruke en jevnt fordelt last over hele platen og deretter trekke fra den ekstra trekantlasten fra snø

$$S_{Ed.2} := 3.26 \frac{kN}{m} \cdot 1.5 = (4.89 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Snølast for tak på Tappehallen}$$

$$S_{Ed.tr} := S_{Ed.2} + (S_{Ed} - S_{Ed.2}) \cdot \frac{(8.84 \text{ m} - L_x)}{8.84 \text{ m}} \quad \text{korte siden av trapeset}$$

Total last:

$$q_{Ed.3} := G_{Ed} + P_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed} = (25.636 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

$$q_{Ed.4} := S_{Ed} - S_{Ed.tr} = (6.032 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Total trekantlast}$$

Vedlegg B5 s.314-315 Fast innspent i en ende for y-retning og fritt opplagt i begge ender for x-retning

$$M_{xerm.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x^2)}{9.3} = (155.056 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg}$$

$$M_{xm.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x^2)}{21} = (68.668 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fast innspente opplegg}$$

$$M_{ymax.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x^2)}{54.3} = (26.557 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fritt opplagte opplegg}$$

$$q_{xerm.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x)}{1.58} = (121.689 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg}$$

$$q_{xm.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x)}{2.41} = (79.78 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i x-retning}$$

$$q_{ym.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x)}{2.48} = (77.528 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i y-retning}$$

Vedlegg B5 s.330 Fast innspent i en ende for y-retning og fritt opplaggt i begge ender for x-retning -Trekanlast

$$M_{xerm.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x^2)}{16.8} = (20.197 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg}$$

$$M_{xm.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x^2)}{43.8} = (7.747 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fast innspente opplegg}$$

$$M_{ymax.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x^2)}{116.2} = (2.92 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fritt opplagte opplegg}$$

$$q_{xerm.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x)}{2.48} = (18.243 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg}$$

$$q_{xm.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x)}{8.55} = (5.291 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplaggt i x-retning}$$

$$q_{ym.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x)}{5.14} = (8.802 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplaggt i y-retning}$$

Armering: Lik som 1. plate Se vedlegg B1 258-A.136

Ø12 c 170 uk felt x-retning

Ø12 c 170 + Ø8 c 340 ok støtte x-retning

Ø10 c 200 uk felt y-retning

Momentkapasitet:

$$M_{Rd.1} = (28.473 \cdot 10^3) \text{ J} \quad M_{Rd.2} = (31.17 \cdot 10^3) \text{ J} \quad M_{Rd.3} = (18.053 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Kapasitetskontroll:

$$M_{xm} := M_{xm.1} - M_{xm.2} = (60.921 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.1} = (28.473 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_7 := \frac{M_{xm}}{M_{Rd.1}} = 2.14 \quad \text{Kapasitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{xerm} := M_{xerm.1} - M_{xerm.2} = (134.859 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.2} = (31.17 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_8 := \frac{M_{xerm}}{M_{Rd.2}} = 4.327 \quad \text{Kapacitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{ymax} := M_{ymax.1} - M_{ymax.2} = (23.636 \cdot 10^3) \text{ J} < M_{Rd.3} = (18.053 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$m_9 := \frac{M_{ymax}}{M_{Rd.3}} = 1.309 \quad \text{Kapacitetsoverskridelse} \quad \text{Ikke Ok!}$$

4.Plate -ytterst

Se beregning for 1. plate

5.Plate -ytterst

Se beregning for 2. plate

6.Plate -ytterst

Se beregning for 3. plate

Vedlegg A12 - Effektiv flensbredde

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008
[5.3.2.1]

Bjelke Bj.C.306:

$$L := 7.25 \text{ m}$$

$$h := 500 \text{ mm}$$

$$L_2 := 7.5 \text{ m}$$

$$b_1 := \frac{L}{2} - \frac{h}{2} = 3.375 \text{ m} \quad b_2 := \frac{L}{2} - 125 \text{ mm} = 3.5 \text{ m} \quad \text{Figur 5.3}$$

$$L_{0,1} := 0.85 \cdot L = 6.163 \text{ m} \quad \text{Figur 5.2}$$

$$L_{0,2} := 0.15 (L + L_2) = 2.213 \text{ m} \quad \text{Figur 5.2}$$

$$L_{0,3} := 0.15 (L_2 + L_2) = 2.25 \text{ m} \quad \text{Figur 5.2}$$

$$L_{0,4} := 0.7 \cdot L_2 = 5.25 \text{ m} \quad \text{Figur 5.2}$$

$$b_{eff,1.1} := 0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot L_{0,1} = 1.291 \text{ m} < 0.2 \cdot L_{0,1} = 1.233 \text{ m} \quad (5.7a)$$

$$b_{eff,1.1} := 1.233 \text{ m}$$

$$b_{eff,1.2} := 0.2 \cdot b_2 + 0.1 \cdot L_{0,1} = 1.316 \text{ m} < 0.2 \cdot L_{0,1} = 1.233 \text{ m} \quad (5.7a)$$

$$b_{eff,1.2} := 1.233 \text{ m}$$

$$b_{eff,1} := b_{eff,1.1} + b_{eff,1.2} + h = 2.966 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$b_{eff,2.1} := 0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot L_{0,2} = 0.896 \text{ m} < 0.2 \cdot L_{0,2} = 0.443 \text{ m} \quad (5.7a)$$

$$b_{eff,2.1} := 0.443 \text{ m}$$

$$b_{eff,2.2} := 0.2 \cdot b_2 + 0.1 \cdot L_{0,2} = 0.921 \text{ m} < 0.2 \cdot L_{0,2} = 0.443 \text{ m} \quad (5.7a)$$

$$b_{eff,2.2} := 0.443 \text{ m}$$

$$b_{eff,2} := b_{eff,2.1} + b_{eff,2.2} + h = 1.386 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$b_{eff.3.1} := 0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot L_{0.3} = 0.9 \text{ m} < 0.2 \cdot L_{0.3} = 0.45 \text{ m} \quad (5.7a)$$

$$b_{eff.3.1} := 0.45 \text{ m}$$

$$b_{eff.3.2} := 0.2 \cdot b_2 + 0.1 \cdot L_{0.3} = 0.925 \text{ m} < 0.2 \cdot L_{0.3} = 0.45 \text{ m} \quad (5.7a)$$

$$b_{eff.3.2} := 0.45 \text{ m}$$

$$b_{eff.3} := b_{eff.3.1} + b_{eff.3.2} + h = 1.4 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$b_{eff.4.1} := 0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot L_{0.4} = 1.2 \text{ m} < 0.2 \cdot L_{0.4} = 1.05 \text{ m} \quad (5.7a)$$

$$b_{eff.4.1} := 1.05 \text{ m}$$

$$b_{eff.4.2} := 0.2 \cdot b_2 + 0.1 \cdot L_{0.4} = 1.225 \text{ m} < 0.2 \cdot L_{0.4} = 1.05 \text{ m} \quad (5.7a)$$

$$b_{eff.4.2} := 1.05 \text{ m}$$

$$b_{eff.4} := b_{eff.4.1} + b_{eff.4.2} + h = 2 \text{ m} \quad (5.7)$$

Velger konservativt minste bredde over hele: $b_{eff} := b_{eff.2} = 1.386 \text{ m}$

Bjelke Bj.C.307:

$$L := 14.75 \text{ m}$$

$$h := 500 \text{ mm}$$

$$L_2 := 15 \text{ m}$$

$$b_1 := \frac{7.5 \text{ m}}{2} - \frac{h}{2} = 3.5 \text{ m} \quad b_2 := b_1 = 3.5 \text{ m} \quad \text{Figur 5.3}$$

$$L_{0.1} := 0.85 \cdot L = 12.538 \text{ m} \quad \text{Figur 5.2}$$

$$L_{0.2} := 0.15 (L + L_2) = 4.463 \text{ m} \quad \text{Figur 5.2}$$

$$L_{0.3} := 0.7 \cdot L_2 = 10.5 \text{ m} \quad \text{Figur 5.2}$$

$$b_{eff.1.1} := 0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot L_{0.1} = 1.954 \text{ m} < 0.2 \cdot L_{0.1} = 2.508 \text{ m} \quad (5.7a)$$

$$b_{eff.1.1} := 1.954 \text{ m}$$

$$b_{eff.1} := 2 \cdot b_{eff.1.1} + h = 4.408 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$b_{eff.2.1} := 0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot L_{0.2} = 1.146 \text{ m} < 0.2 \cdot L_{0.2} = 0.893 \text{ m} \quad (5.7a)$$

$$b_{eff.2.1} := 0.893 \text{ m}$$

$$b_{eff.2} := 2 \cdot b_{eff.2.1} + h = 2.286 \text{ m} \quad (5.7)$$

$$b_{eff.3.1} := 0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot L_{0.3} = 1.75 \text{ m} < 0.2 \cdot L_{0.3} = 2.1 \text{ m} \quad (5.7a)$$

$$b_{eff.3.1} := 1.75 \text{ m}$$

$$b_{eff.3} := 2 \cdot b_{eff.3.1} + h = 4 \text{ m} \quad (5.7)$$

Velger konservativt minste bredde over hele: $b_{eff} := b_{eff.2} = 2.286 \text{ m}$

Vedlegg A13 - Laster bjelke Bj.C.306

Laster hentet fra vedlegg A10 1.plate og A8 1. plate

$$q_{yerm.304} := 64.893 \cdot 10^3 \frac{N}{m} \quad q_{yerm.302.1} := 79.299 \cdot 10^3 \frac{N}{m} \quad q_{yerm.302.2} := 10.73 \cdot 10^3 \frac{N}{m}$$

$$q_{Ed.306.1} := q_{yerm.304} + q_{yerm.302.1} - q_{yerm.302.2} = (133.462 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 1.plate

$$P_{306.1} := 182.431 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

$$P_{306.2} := 173.02 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

Last hentet fra vedlegg A8 1.plate

$$q_{xerm.1} := 68.569 \frac{kN}{m}$$

Last hentet fra vedlegg A9 1.plate

$$q_{xerm} := 60.41 \frac{kN}{m}$$

Laster hentet fra vedlegg A9 1.plate og A11 1.plate

$$q_{xerm.303} := 6.041 \cdot 10^4 \frac{N}{m} \quad q_{xerm.305} := 74.451 \cdot 10^3 \frac{N}{m}$$

$$q_{Ed.306.2} := q_{xerm.303} + q_{xerm.305} = (134.861 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A9 2.plate og A11 1.plate

$$q_{xerm.303} := 4.947 \cdot 10^4 \frac{N}{m} \quad q_{xerm.305} := 74.451 \cdot 10^3 \frac{N}{m}$$

$$q_{Ed.306.3} := q_{xerm.303} + q_{xerm.305} = (123.921 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 4.plate

$$P_{306.3} := 163.609 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

$$P_{306.4} := 163.609 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A9 2.plate

$$q_{xerm} := 49.47 \frac{kN}{m}$$

Laster hentet fra vedlegg A9 3.plate

$$q_{xerm} := 49.47 \frac{kN}{m}$$

Laster hentet fra vedlegg A9 3.plate og A11 4.plate

$$q_{xerm.303} := 4.947 \cdot 10^4 \frac{N}{m} \quad q_{xerm.305} := 74.451 \cdot 10^3 \frac{N}{m}$$

$$q_{306.4} := q_{xerm.303} + q_{xerm.305} = (123.921 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet vedlegg A9 4.plate og A11 4.plate

$$q_{xerm.303} := 4.947 \cdot 10^4 \frac{N}{m} \quad q_{xerm.305} := 74.451 \cdot 10^3 \frac{N}{m}$$

$$q_{306.5} := q_{xerm.303} + q_{xerm.305} = (123.921 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 7.plate

$$P_{306.5} := 163.609 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

$$P_{306.6} := 163.609 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A9 3.plate

$$q_{xerm} := 49.47 \frac{kN}{m}$$

Laster hentet fra vedlegg A8 2.plate

$$q_{xerm} := 52.999 \frac{kN}{m}$$

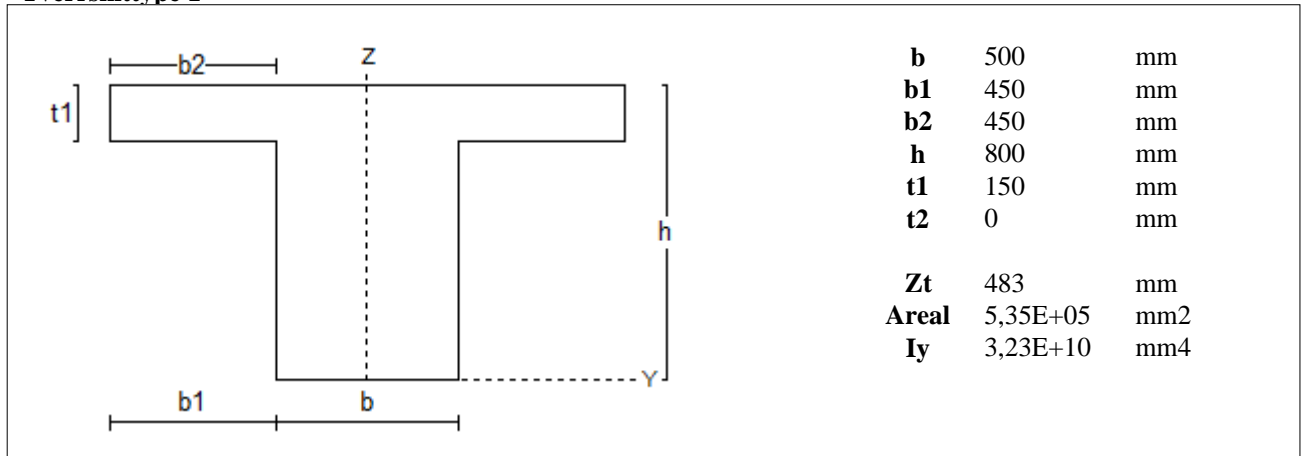
Laster hentet fra vedlegg A8 2.plate og A10 4.plate

$$q_{yerm.302} := 52.999 \cdot 10^3 \frac{N}{m} \quad q_{yerm.304} := 4.776 \cdot 10^4 \frac{N}{m}$$

$$q_{306.6} := q_{yerm.302} + q_{yerm.304} = (100.759 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

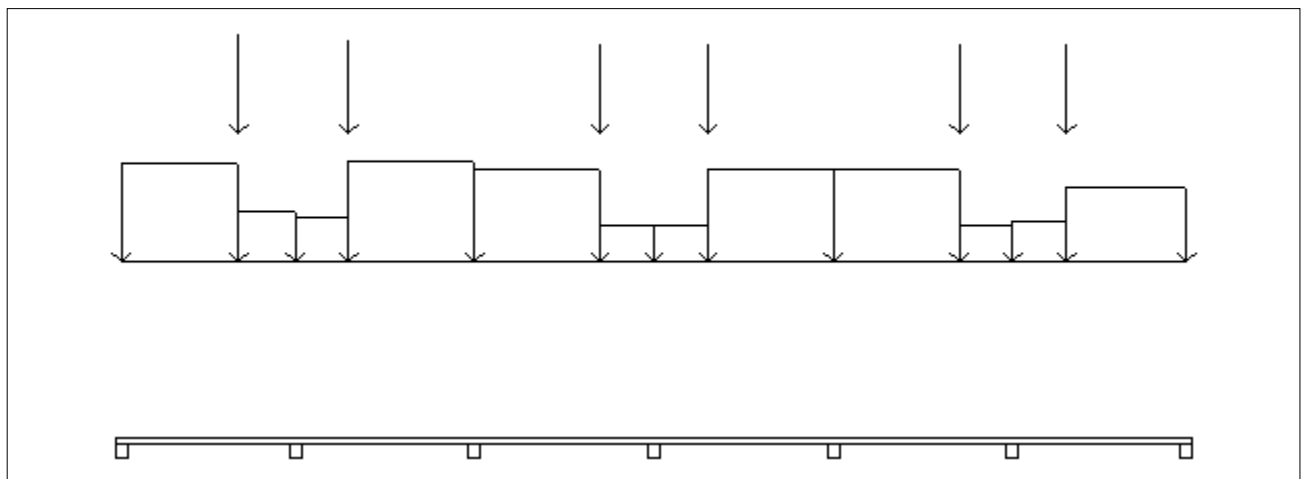
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	13,38	0,00	0,00
2	13,38	0,00	0,00
3	13,38	0,00	0,00
4	13,38	0,00	0,00
5	13,38	0,00	0,00
6	13,38	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
182,43	0,00	4900	1
173,02	0,00	2250	2
163,61	0,00	5250	3
163,61	0,00	2250	4
163,61	0,00	5250	5
163,61	0,00	2250	6

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
133,50	133,50	0,00	0,00	0	4900	1
68,57	68,57	0,00	0,00	4900	7250	1
60,41	60,41	0,00	0,00	0	2250	2
134,86	134,86	0,00	0,00	2250	7500	2
123,92	123,92	0,00	0,00	0	5250	3
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	3
49,47	49,47	0,00	0,00	0	2250	4
123,92	123,92	0,00	0,00	2250	7500	4
123,92	123,92	0,00	0,00	0	5250	5
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	5
53,00	53,00	0,00	0,00	0	2250	6
100,76	100,76	0,00	0,00	2250	7250	6

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

1.4 MATERIALDATA

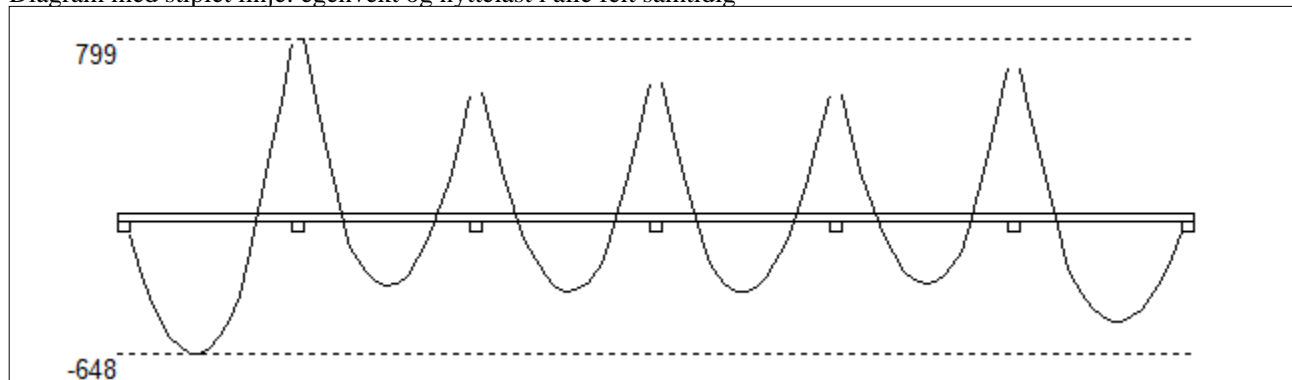
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	244			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryttall, FI 28_5000		3,17
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00008
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-648	-648	-648	-648
2	-336	-336	-336	-336
3	-361	-361	-361	-361
4	-365	-365	-365	-365
5	-324	-324	-324	-324
6	-499	-499	-499	-499

Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

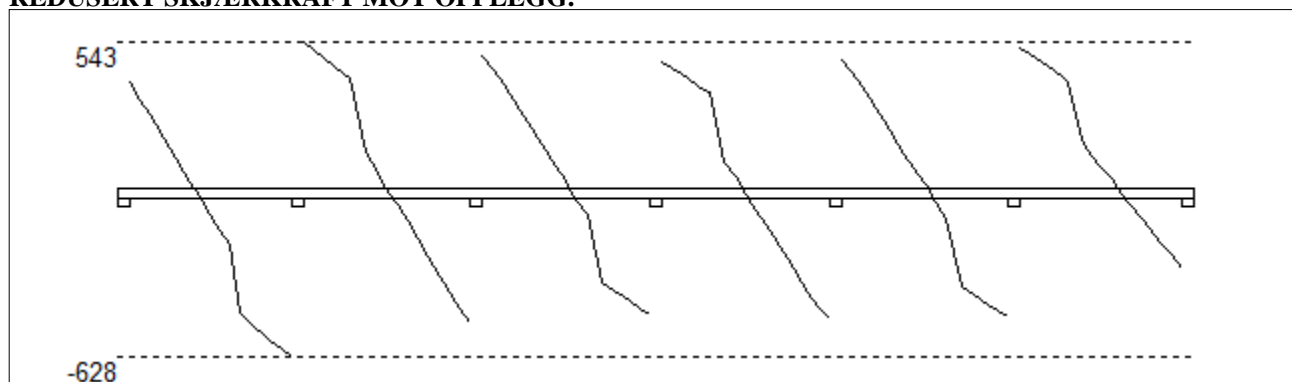
Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	799	799	799	799
3	545	545	545	545
4	592	592	592	592
5	541	541	541	541
6	671	671	671	671
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			401	391
2	-638	-628	553	543
3	-509	-499	498	488
4	-478	-468	479	469
5	-497	-487	486	476
6	-490	-480	530	520
7	-310	-300		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

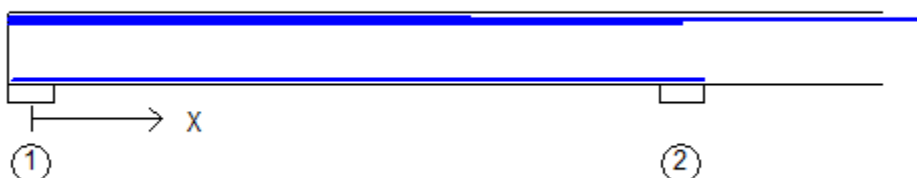
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	-250	10000	10250	68	80
2	16	2	1000	6500	5500	70	80
2	10	1	-250	4900	5150	53	59
2	10	3	-250	7250	7500	122	128
2	10	3	1000	6000	5000	122	128
4	10	3	-250	4900	5150	122	128



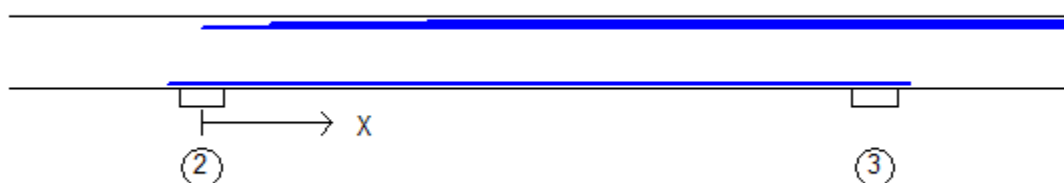
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-215	7500	7715	47	59
3	19	1	-215	7250	7465	47	59

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	1	2500	12500	10000	53	59
3	10	3	2500	12500	10000	122	128

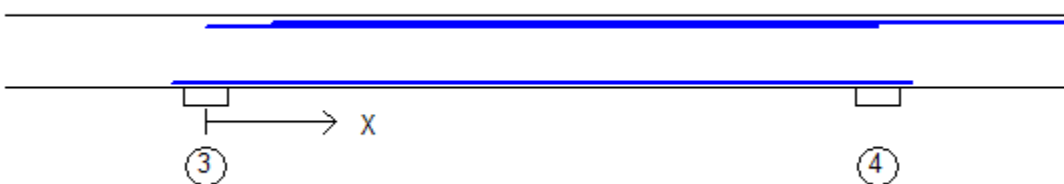


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1710	6020	4310	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128



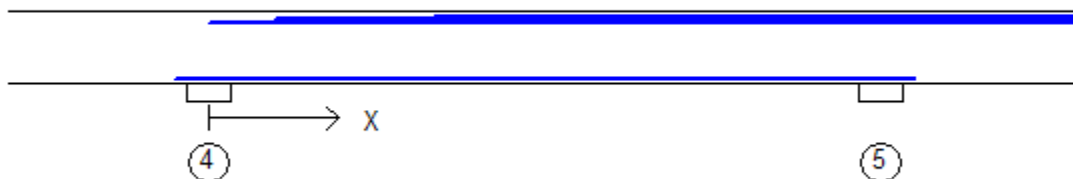
Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1480	6050	4570	47	59

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
3	10	3	2500	12500	10000	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	1	2500	12500	10000	53	59

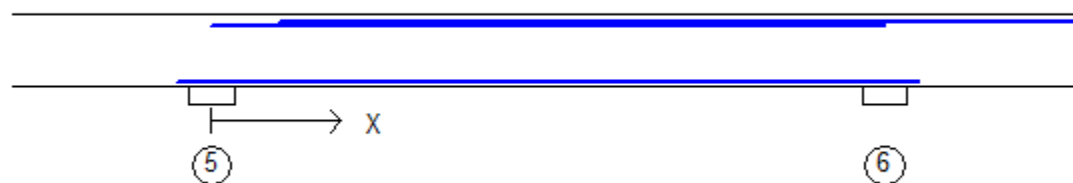


Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1450	6030	4580	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128



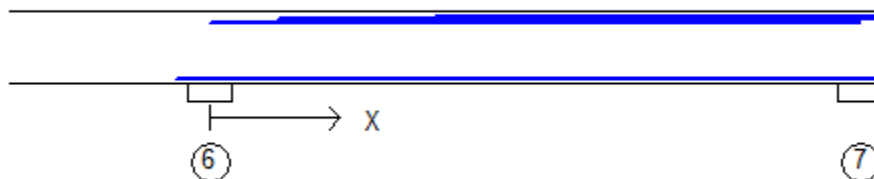
Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1560	5850	4290	47	59

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	3000	7500	4500	68	80
2	16	2	750	6500	5750	70	80
2	10	3	0	7250	7250	122	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	10	1	2500	7500	5000	53	59
4	10	3	2500	7250	4750	122	128



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-380	7465	7845	47	59
3	19	1	1520	7465	5945	47	59

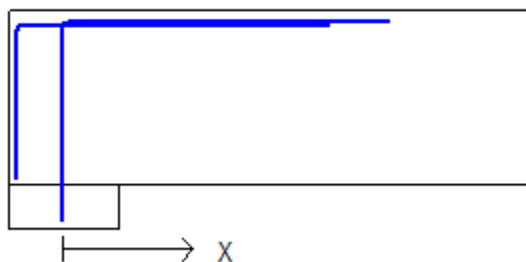
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

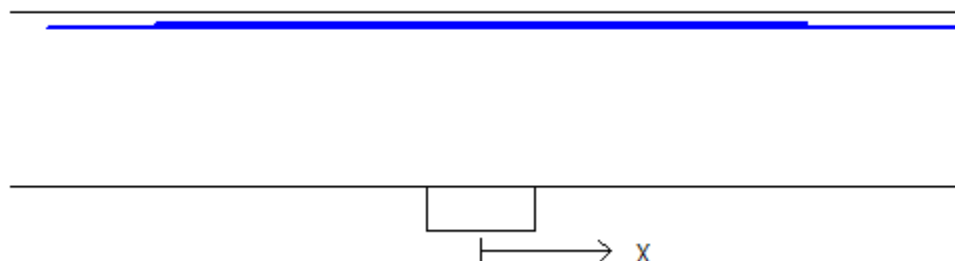
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-215	1220	68	1
3	19	2	-215	1220	68	0
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1000	53	1



Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

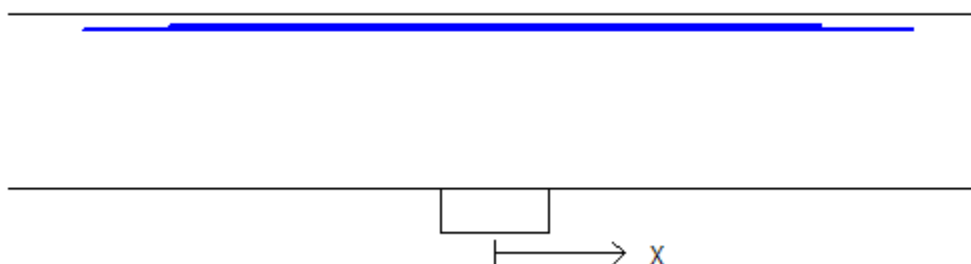
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2000	2200	4200	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1000	1500	2500	53
2	8	1	-1500	1000	2500	54



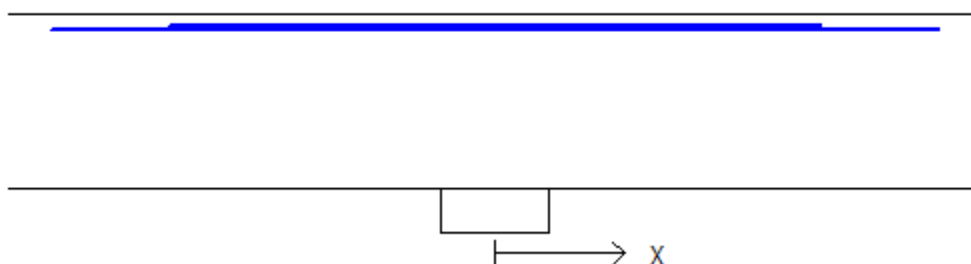
Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1900	1920	3820	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 4

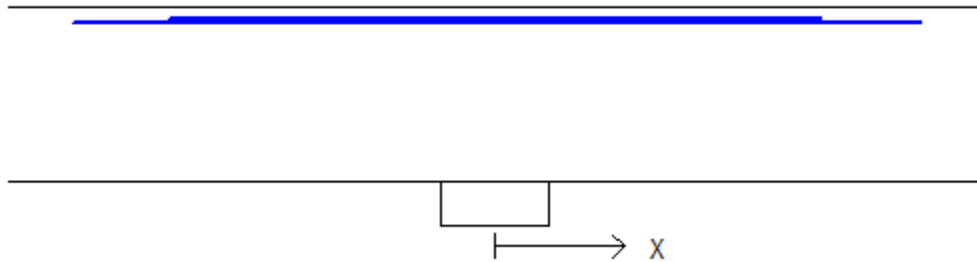
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2040	2040	4080	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

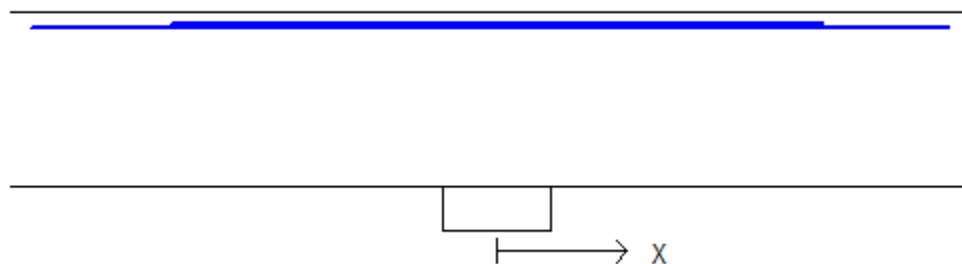
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1940	1960	3900	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 6

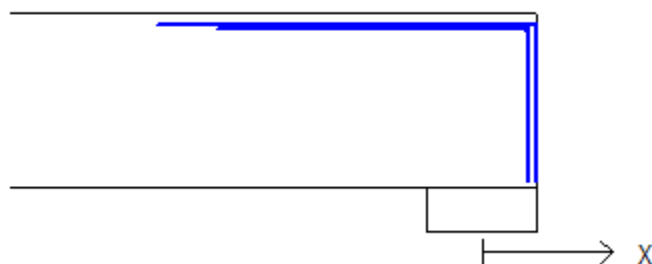
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2150	2080	4230	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-1220	215	68	1
3	19	2	-1220	215	68	0
2	10	1	-1000	250	53	0
2	10	1	-1500	250	53	1
2	10	1	-1500	250	53	1



Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $37 \times D$ Forankringslengde i overkant: $52 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm

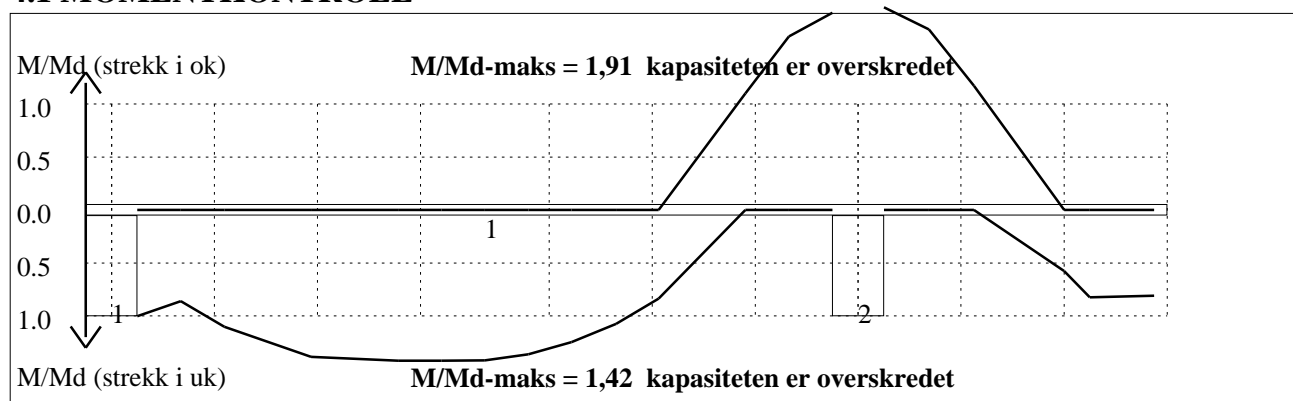
Opplegg nr 7

2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm

3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

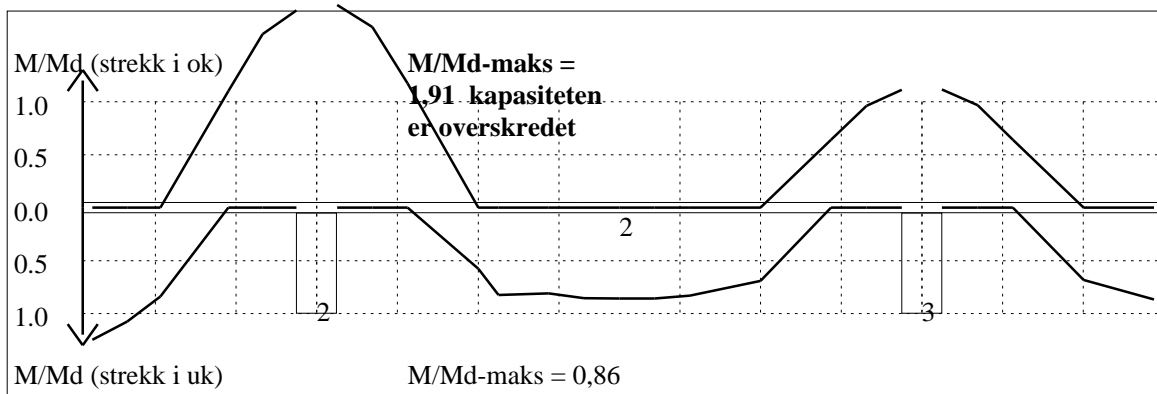
Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	567	567	482	482
2	567	567	482	482
3	567	567	482	482
4	567	567	482	482
5	567	567	482	482
6	567	567	482	482

4.1 MOMENTKONTROLL

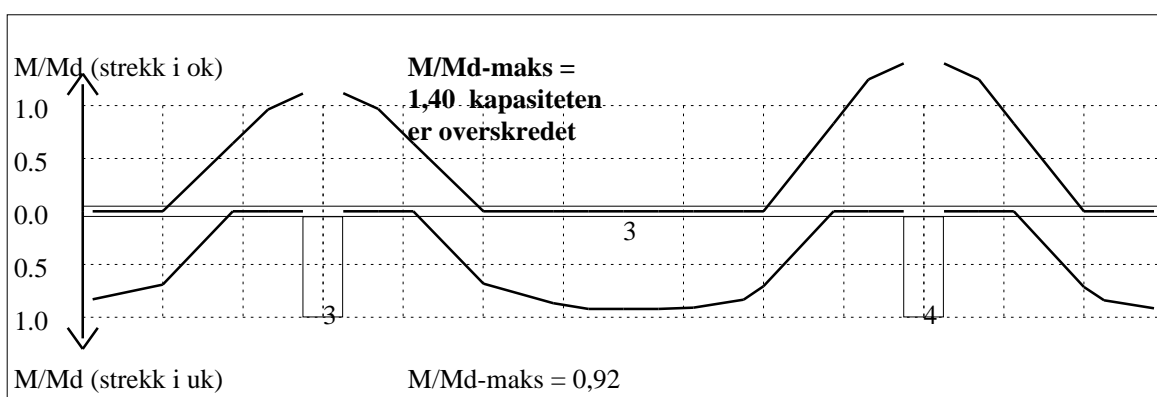


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

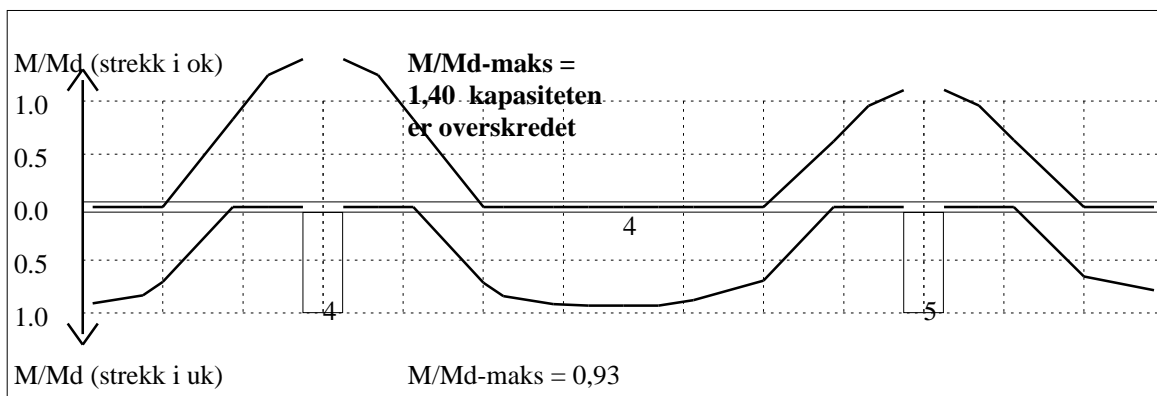
Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

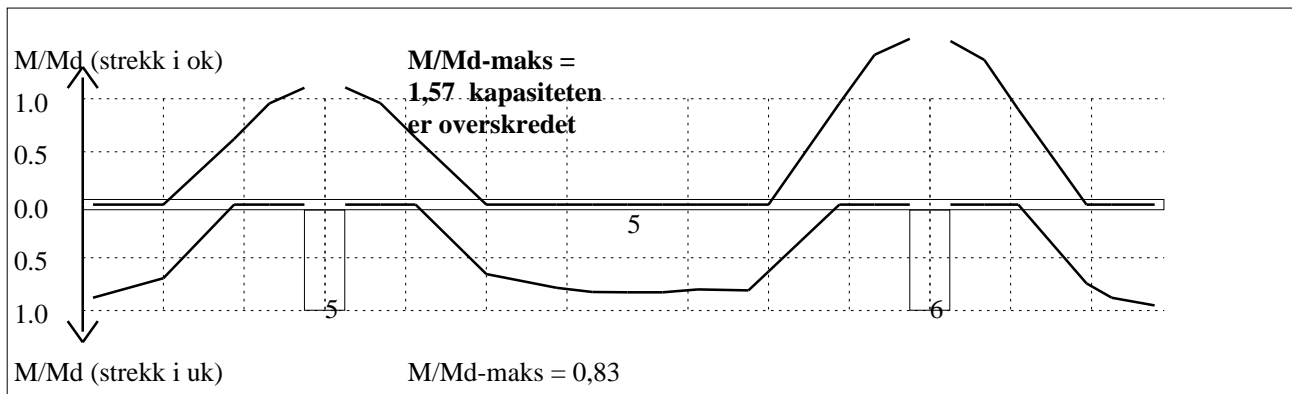


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

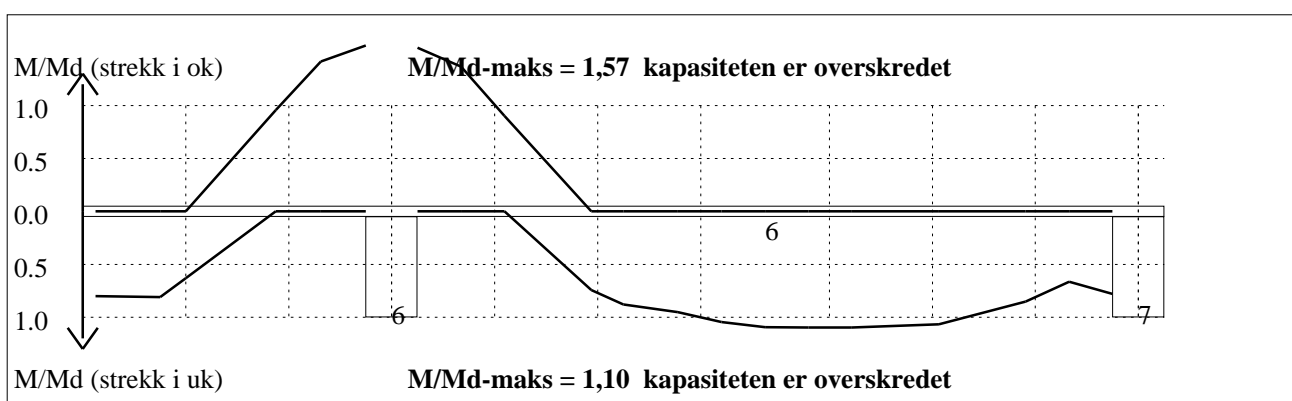


Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

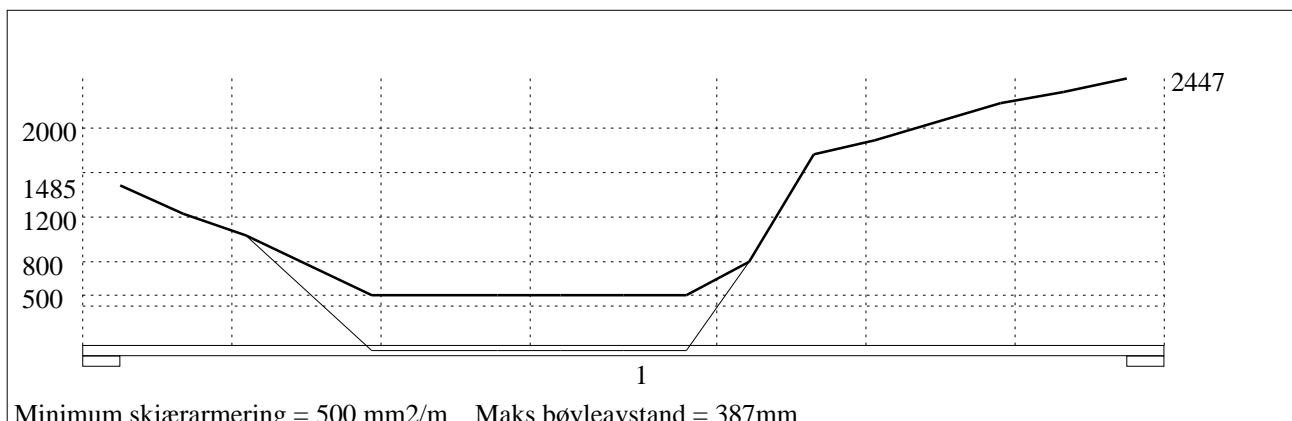


Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

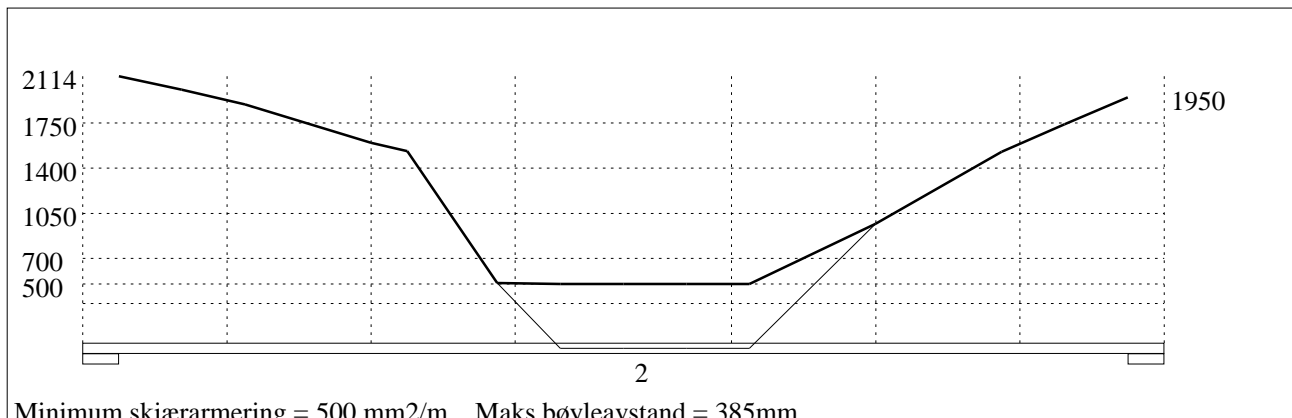
4.2 SKJÆRARMERING



Minimum skjærarmoring = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 387mm

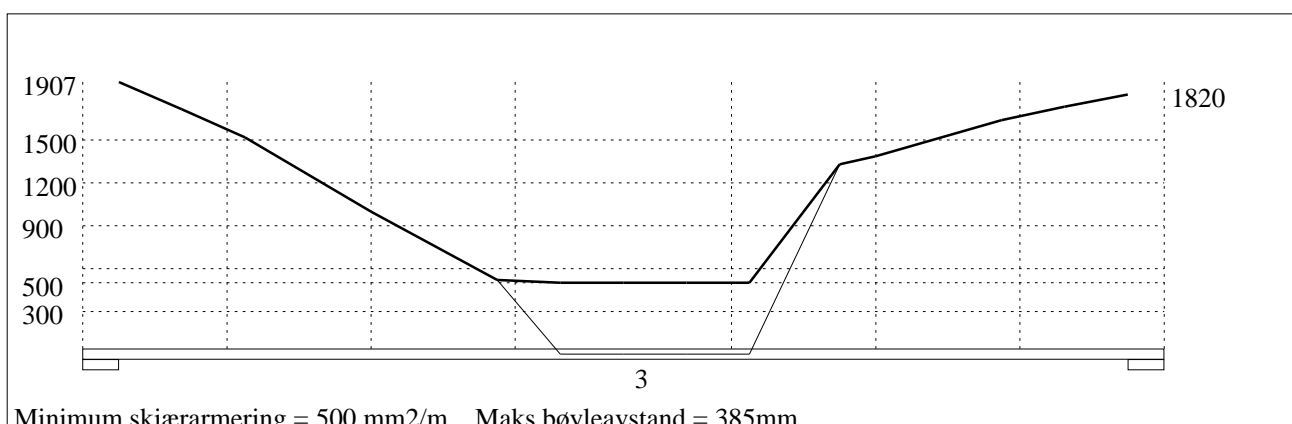
Skjærarmoring (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



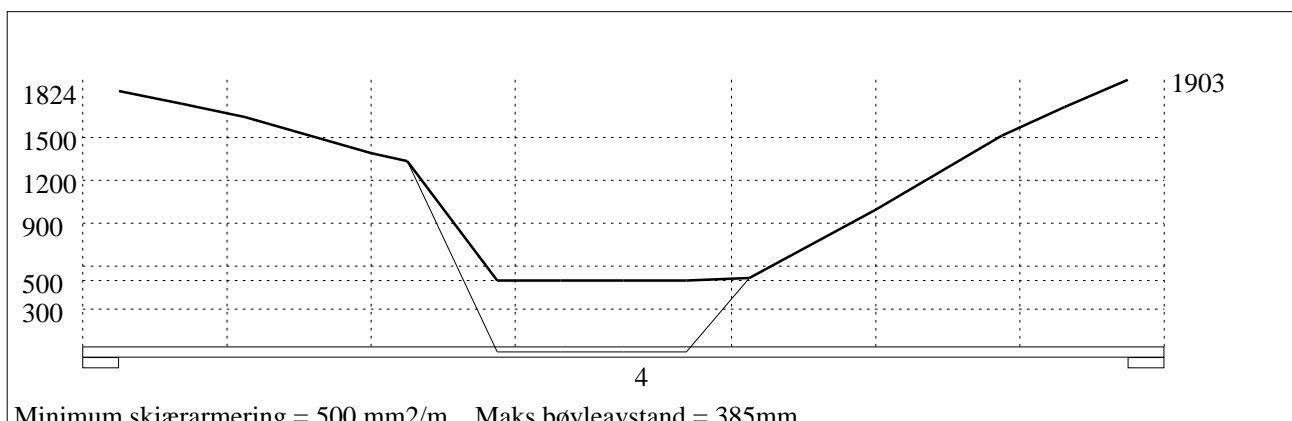
Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

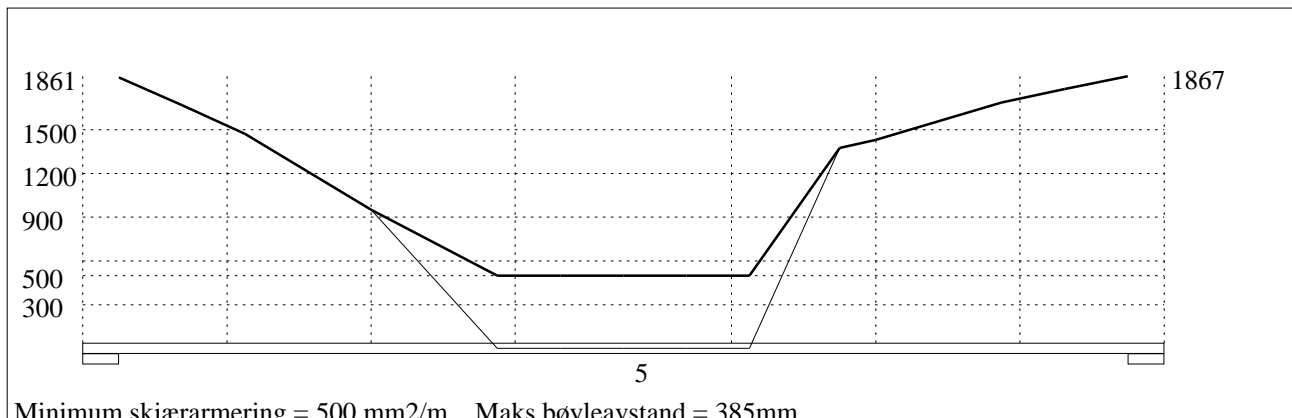
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



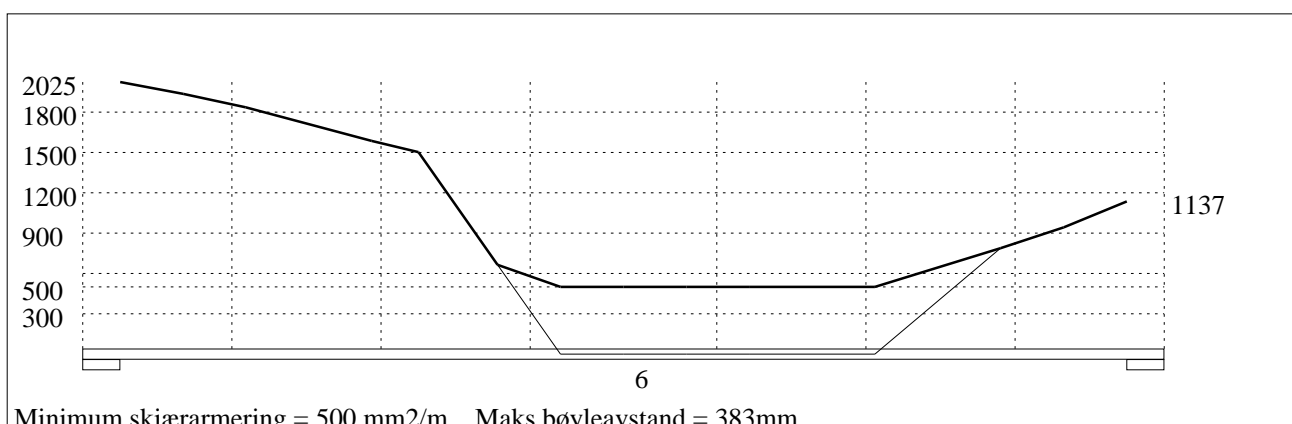
Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



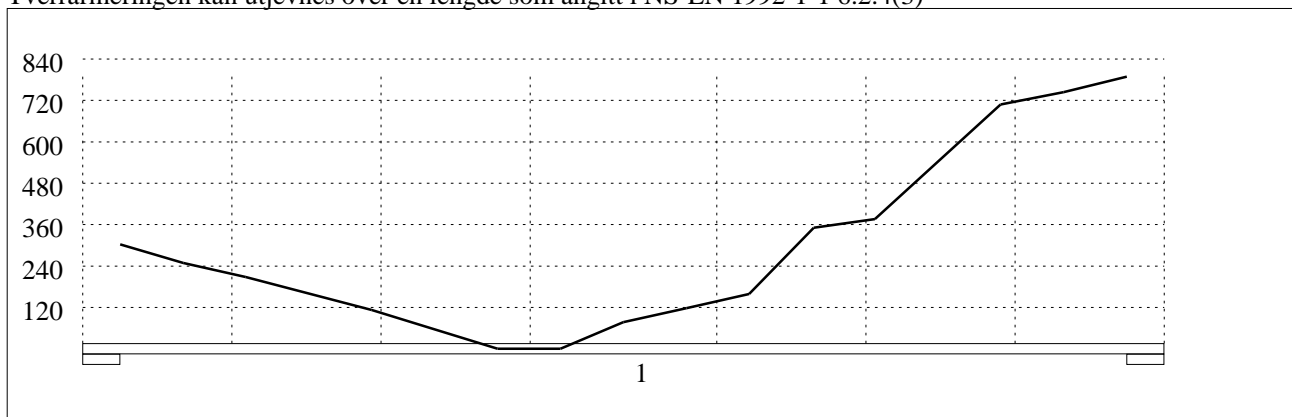
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

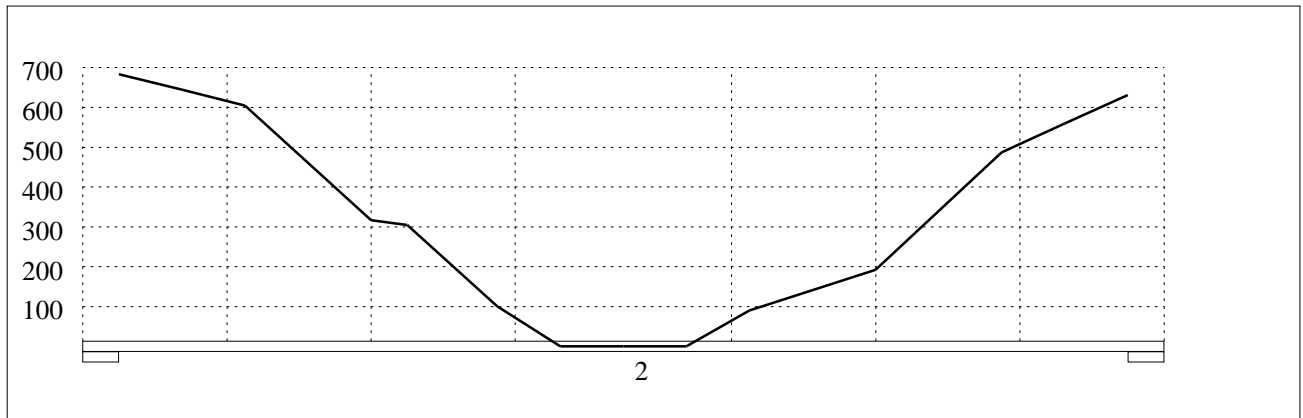
Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tværrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

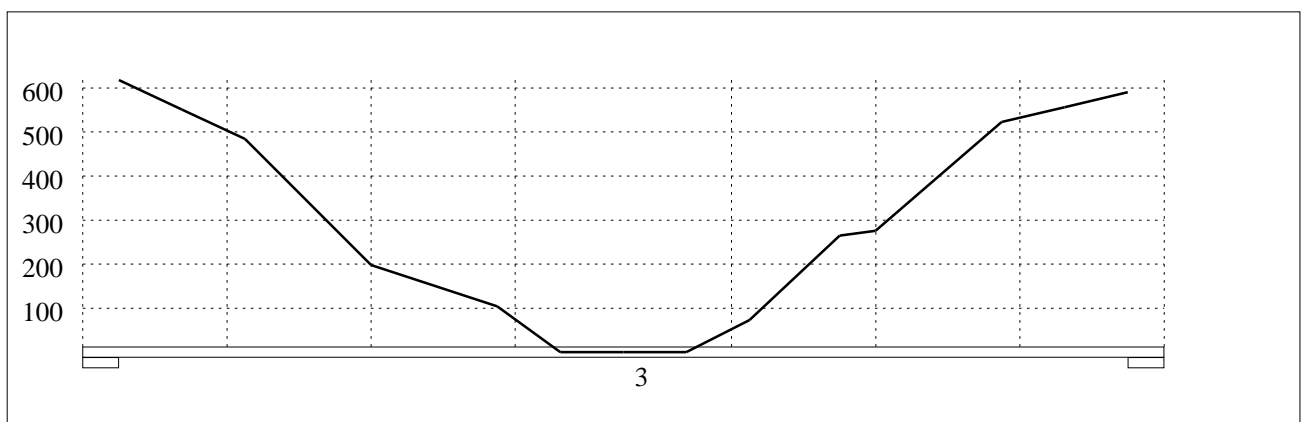


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

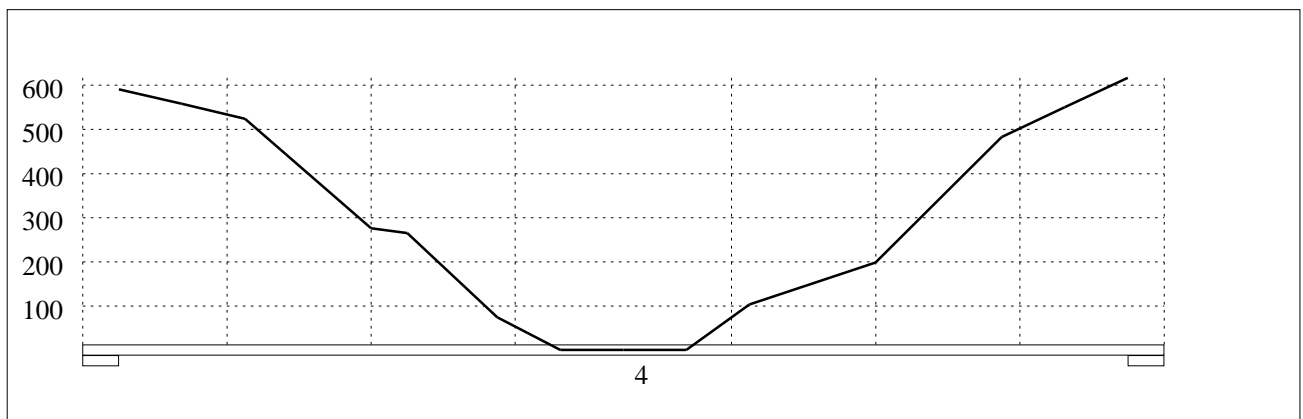
Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

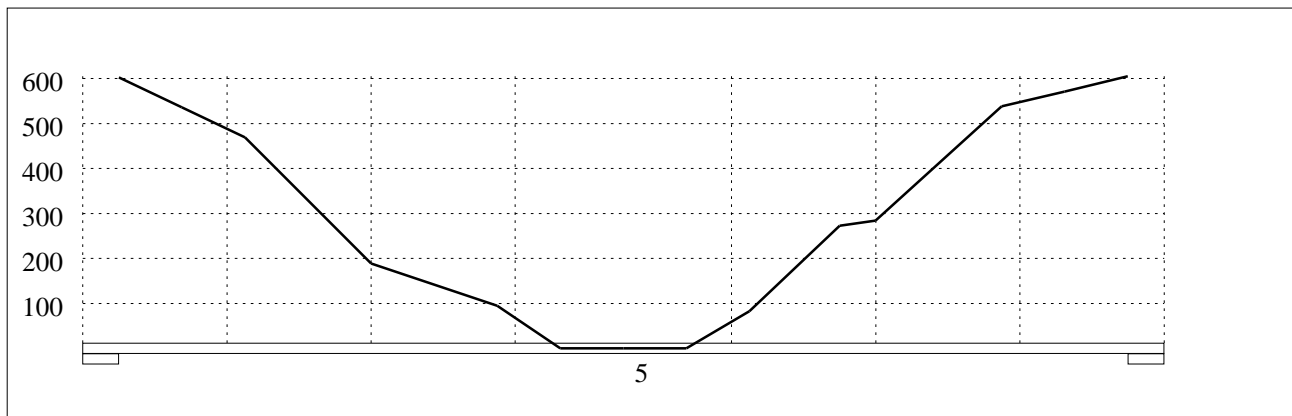


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

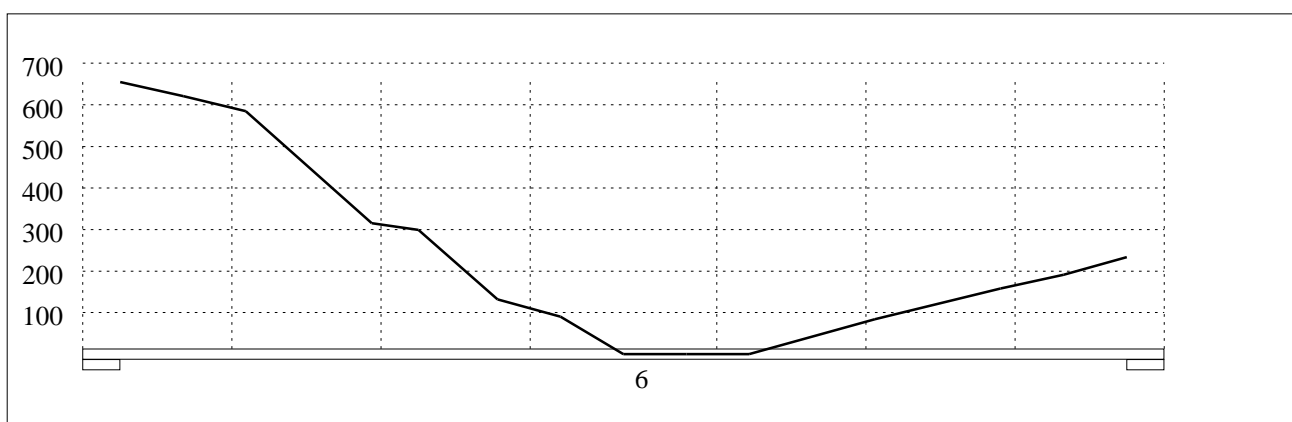


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 17
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

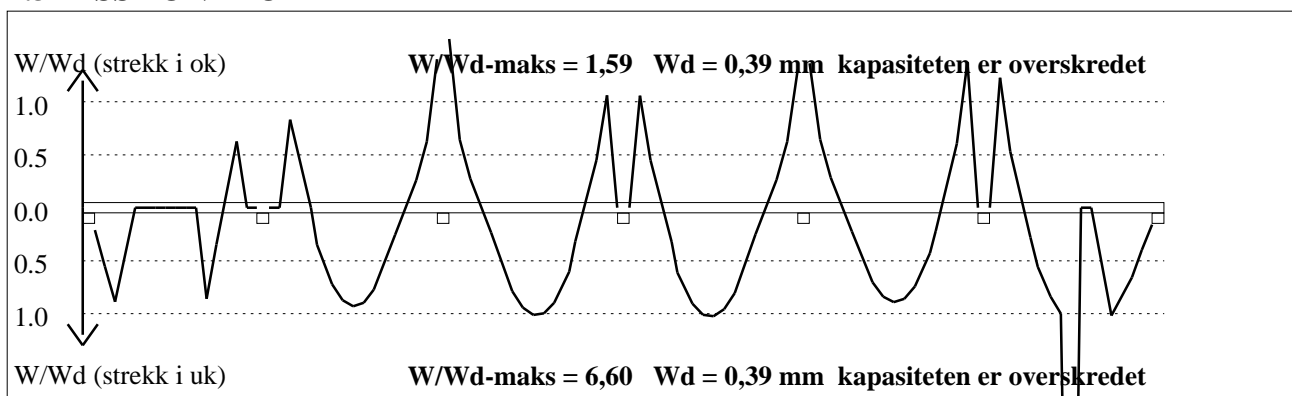


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	2	3	3	3
2	7	10	10	10
3	9	12	12	12
4	9	12	12	12
5	7	10	10	10

Tittel Vedlegg A14 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 18
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

6	15	14	14	14
---	----	----	----	----

5.1 OPPLGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-441	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1227	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1081	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-985	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1054	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1050	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-341	0,00	0	0,00	0	0,00		

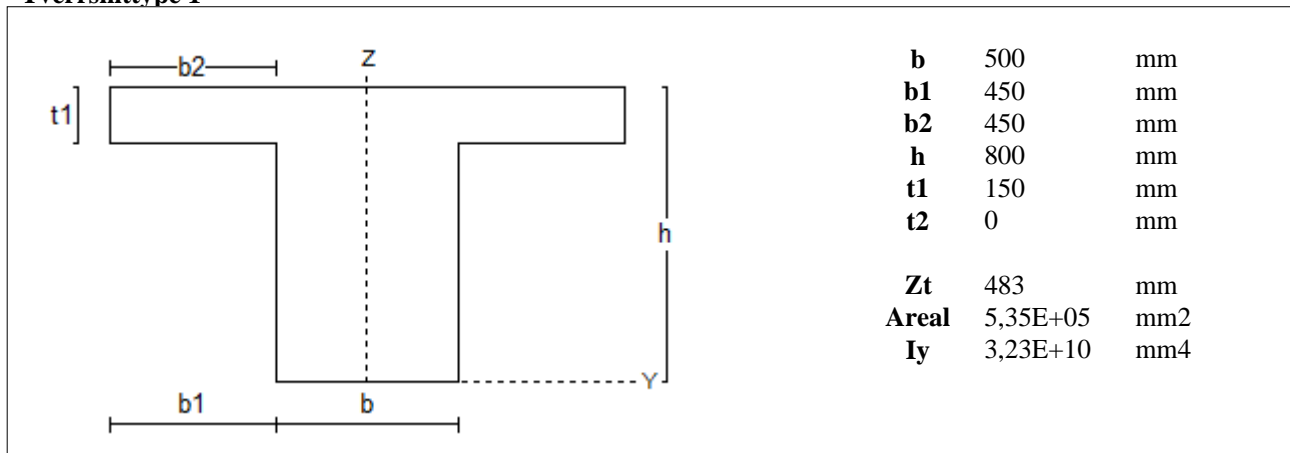
5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-441	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1227	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1081	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-985	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1054	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1050	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-341	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

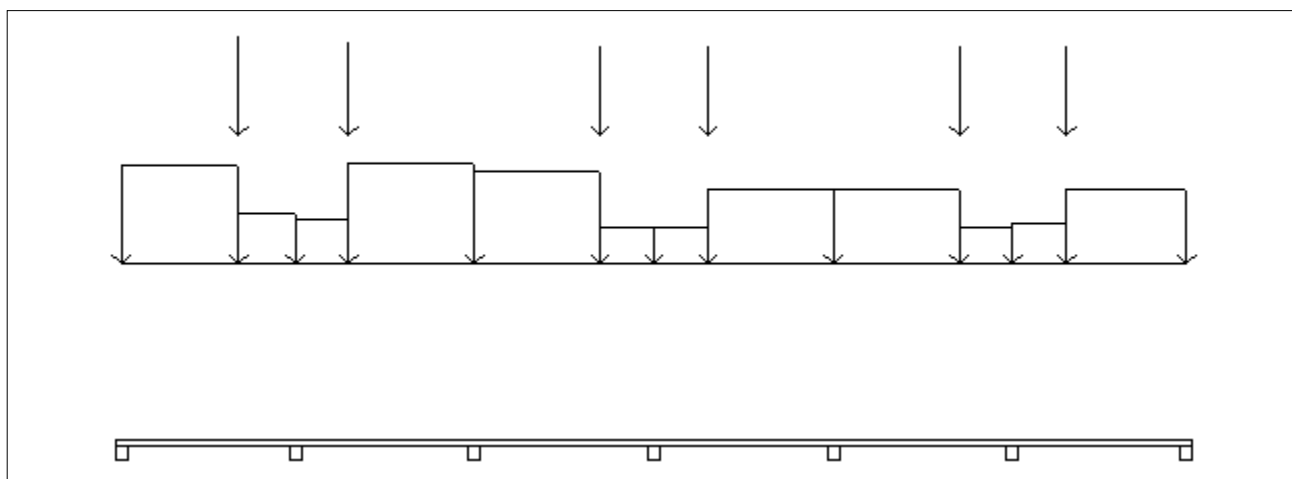
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	13,38	0,00	0,00
2	13,38	0,00	0,00
3	13,38	0,00	0,00
4	13,38	0,00	0,00
5	13,38	0,00	0,00
6	13,38	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
182,43	0,00	4900	1
173,02	0,00	2250	2
163,61	0,00	5250	3
163,61	0,00	2250	4
163,61	0,00	5250	5
163,61	0,00	2250	6

Trapeslast (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
133,50	133,50	0,00	0,00	0	4900	1
68,57	68,57	0,00	0,00	4900	7250	1
60,41	60,41	0,00	0,00	0	2250	2
134,86	134,86	0,00	0,00	2250	7500	2
123,92	123,92	0,00	0,00	0	5250	3
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	3
49,47	49,47	0,00	0,00	0	2250	4
100,52	100,52	0,00	0,00	2250	7500	4
100,52	100,52	0,00	0,00	0	5250	5
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	5
53,00	53,00	0,00	0,00	0	2250	6
100,76	100,76	0,00	0,00	2250	7250	6

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

1.4 MATERIALDATA

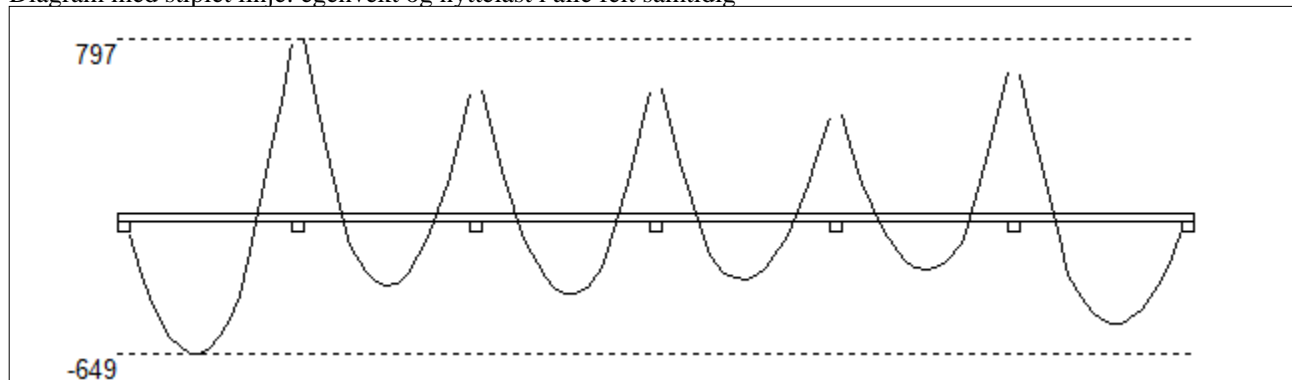
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	244			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,17
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00008
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	-649	-649	-649	-649
2	-332	-332	-332	-332
3	-373	-373	-373	-373
4	-307	-307	-307	-307
5	-265	-265	-265	-265
6	-511	-511	-511	-511

M_g: permanent last M_p: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

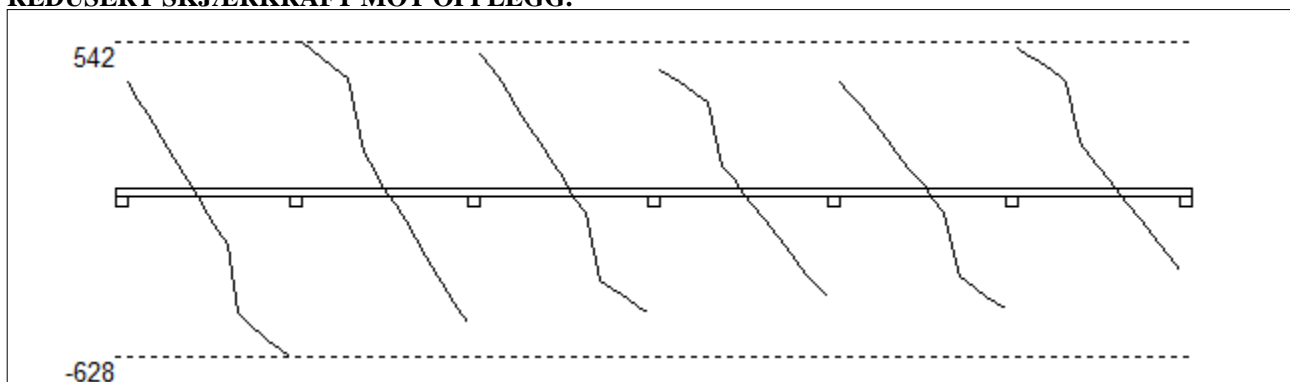
Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	0	0	0	0
2	797	797	797	797
3	553	553	553	553
4	567	567	567	567
5	443	443	443	443
6	648	648	648	648
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			401	392
2	-638	-628	552	542
3	-510	-500	503	493
4	-472	-462	447	437
5	-411	-401	400	390
6	-459	-449	526	516
7	-314	-304		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

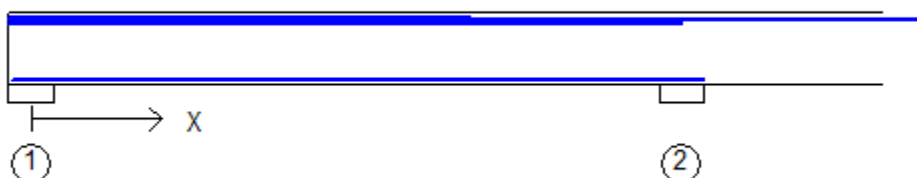
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	-250	10000	10250	68	80
2	16	2	1000	6500	5500	70	80
2	10	1	-250	4900	5150	53	59
2	10	3	-250	7250	7500	122	128
2	10	3	1000	6000	5000	122	128
4	10	3	-250	4900	5150	122	128



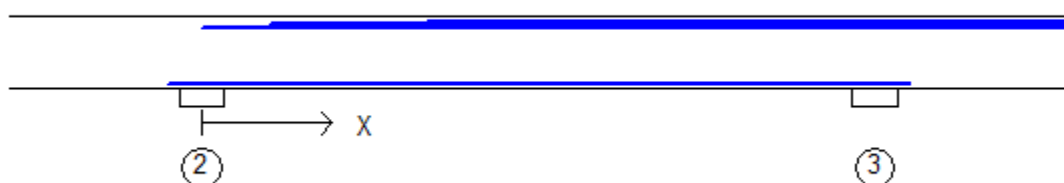
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-215	7500	7715	47	59
3	19	1	-215	7250	7465	47	59

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	1	2500	12500	10000	53	59
3	10	3	2500	12500	10000	122	128

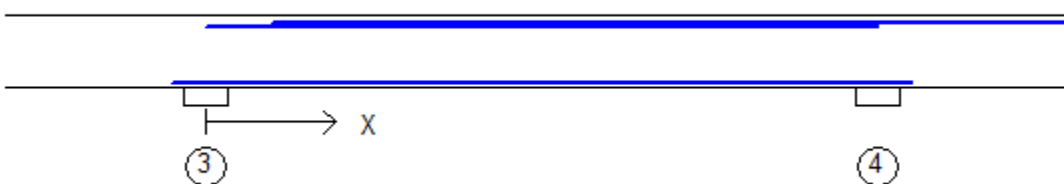


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1710	6020	4310	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128



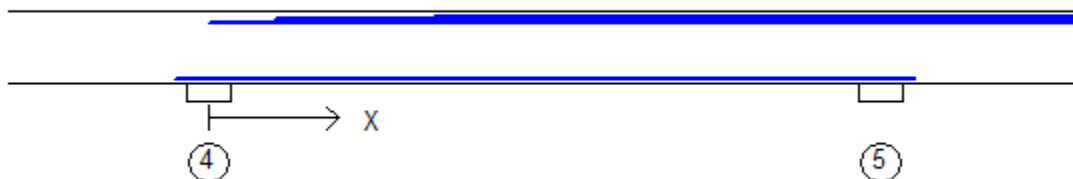
Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1480	6050	4570	47	59

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
3	10	3	2500	12500	10000	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	1	2500	12500	10000	53	59

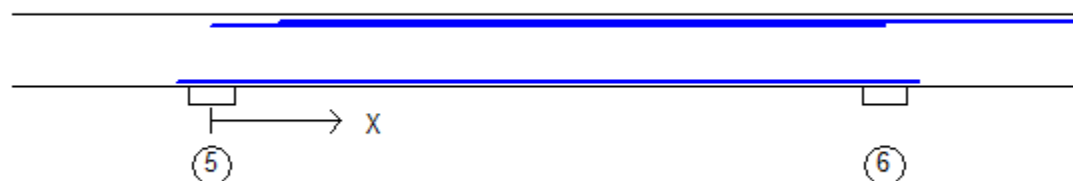


Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1450	6030	4580	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128



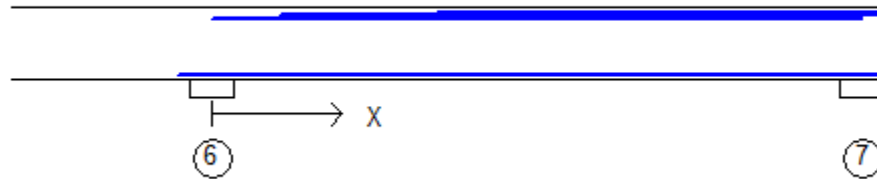
Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1560	5850	4290	47	59

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	3000	7500	4500	68	80
2	16	2	750	6500	5750	70	80
2	10	3	0	7250	7250	122	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	10	1	2500	7500	5000	53	59
4	10	3	2500	7250	4750	122	128



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-380	7465	7845	47	59
3	19	1	1520	7465	5945	47	59

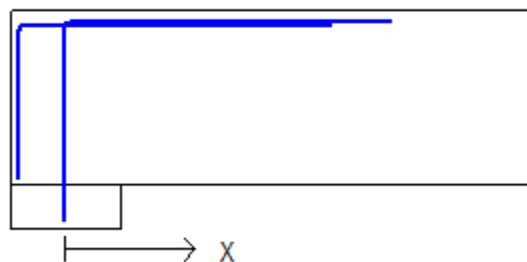
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

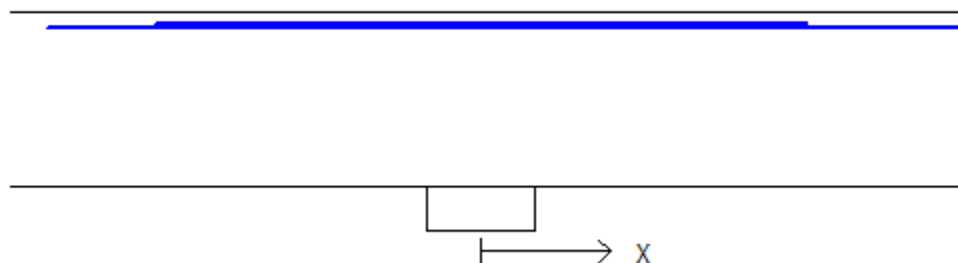
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-215	1220	68	1
3	19	2	-215	1220	68	0
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1000	53	1



Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

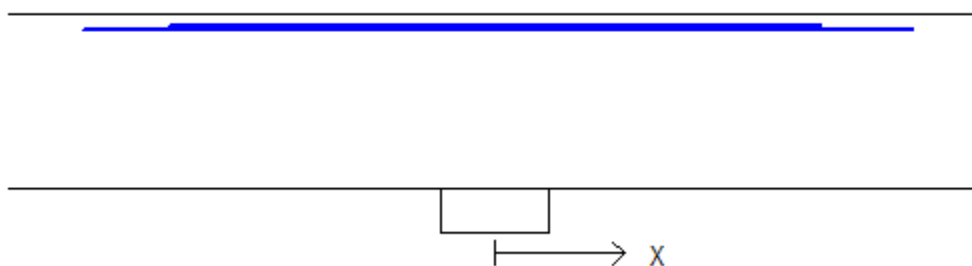
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2000	2200	4200	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1000	1500	2500	53
2	8	1	-1500	1000	2500	54



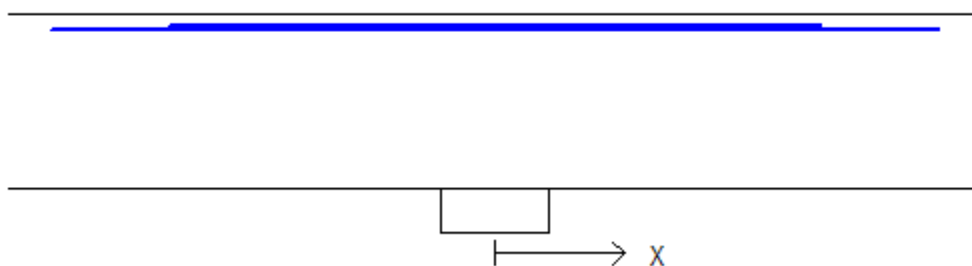
Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1900	1920	3820	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 4

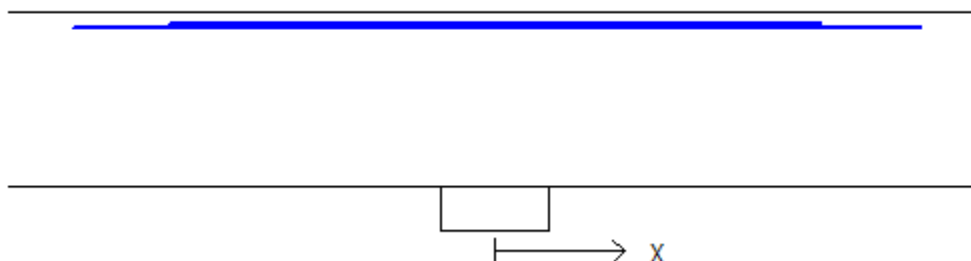
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2040	2040	4080	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

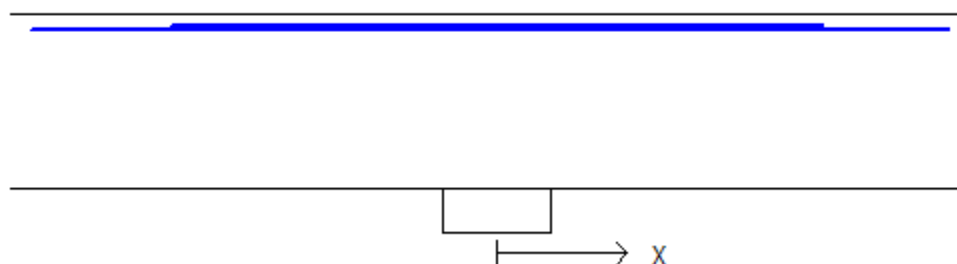
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1940	1960	3900	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 6

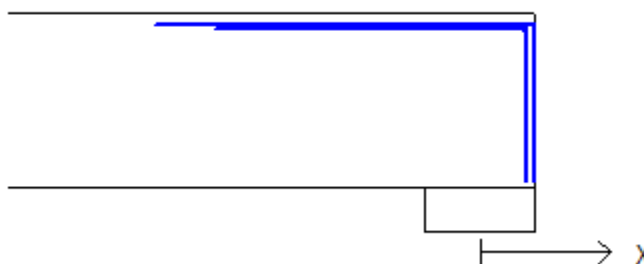
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2150	2080	4230	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-1220	215	68	1
3	19	2	-1220	215	68	0
2	10	1	-1000	250	53	0
2	10	1	-1500	250	53	1
2	10	1	-1500	250	53	1



Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $37 \times D$ Forankringslengde i overkant: $52 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm

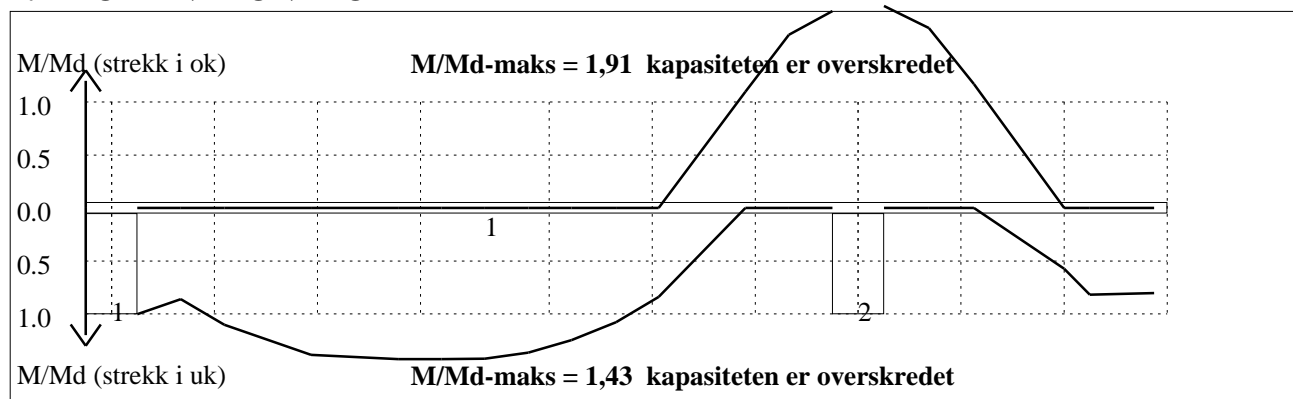
Opplegg nr 7

2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm

3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

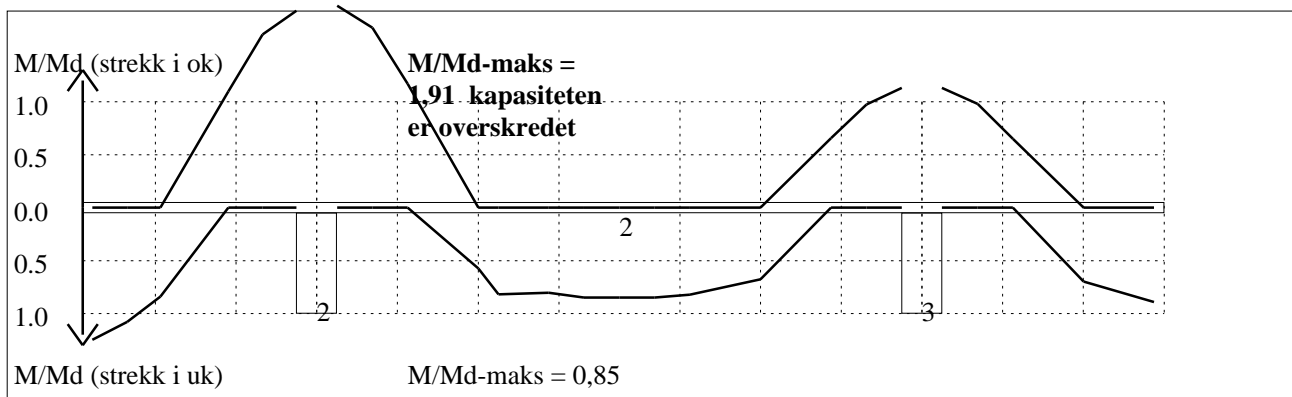
Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	567	567	482	482
2	567	567	482	482
3	567	567	482	482
4	567	567	482	482
5	567	567	482	482
6	567	567	482	482

4.1 MOMENTKONTROLL

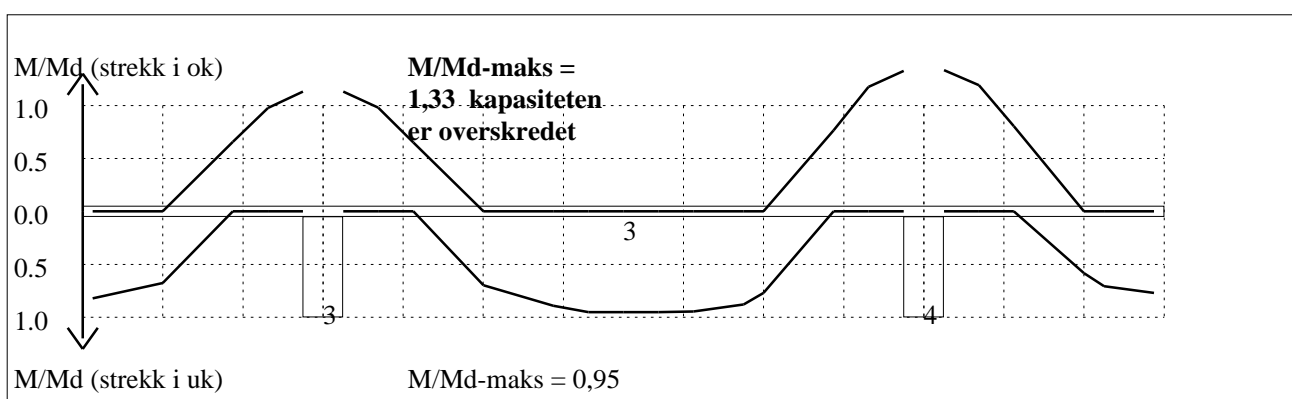


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

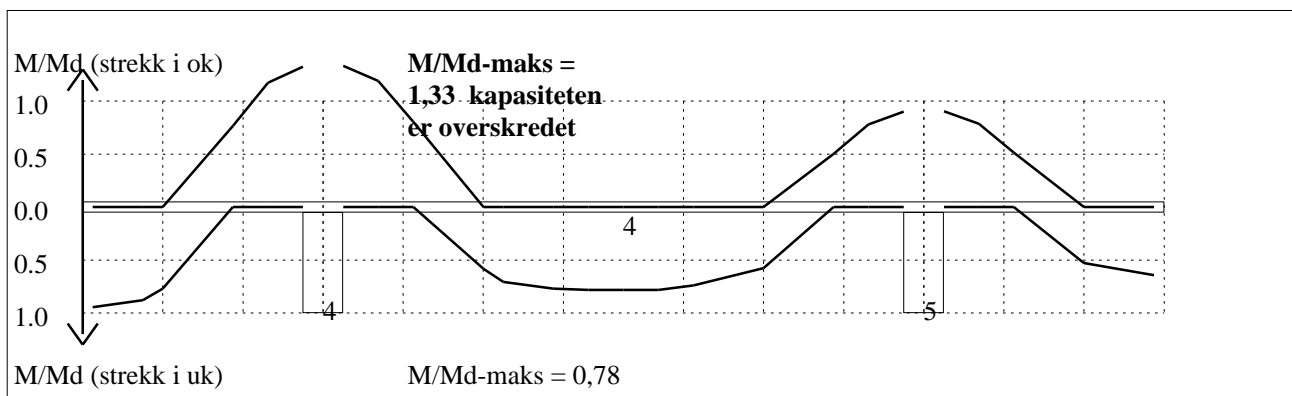
Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

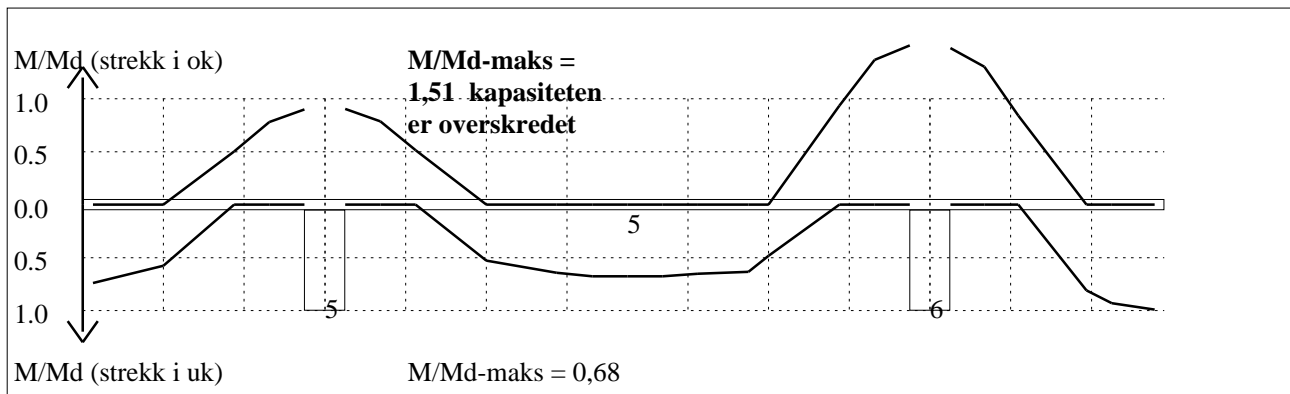


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

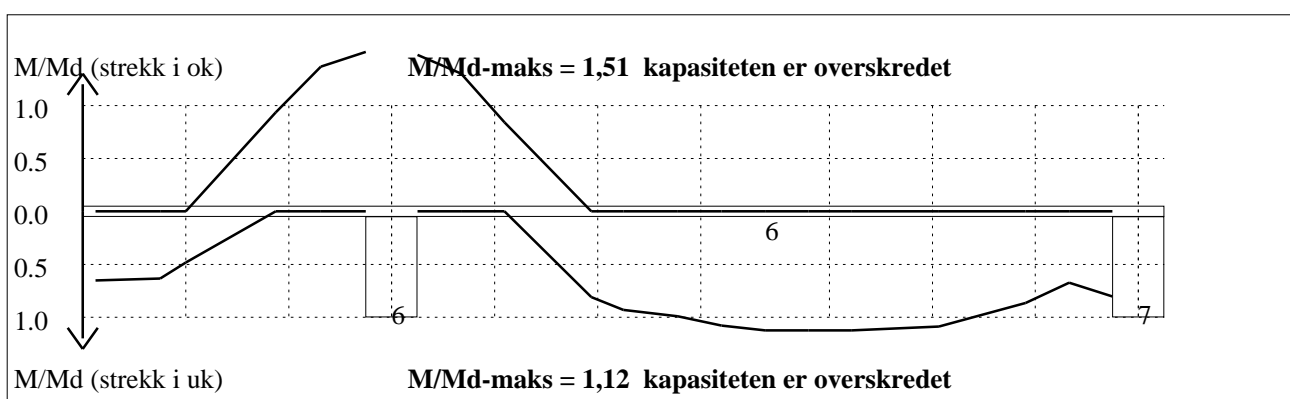


Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

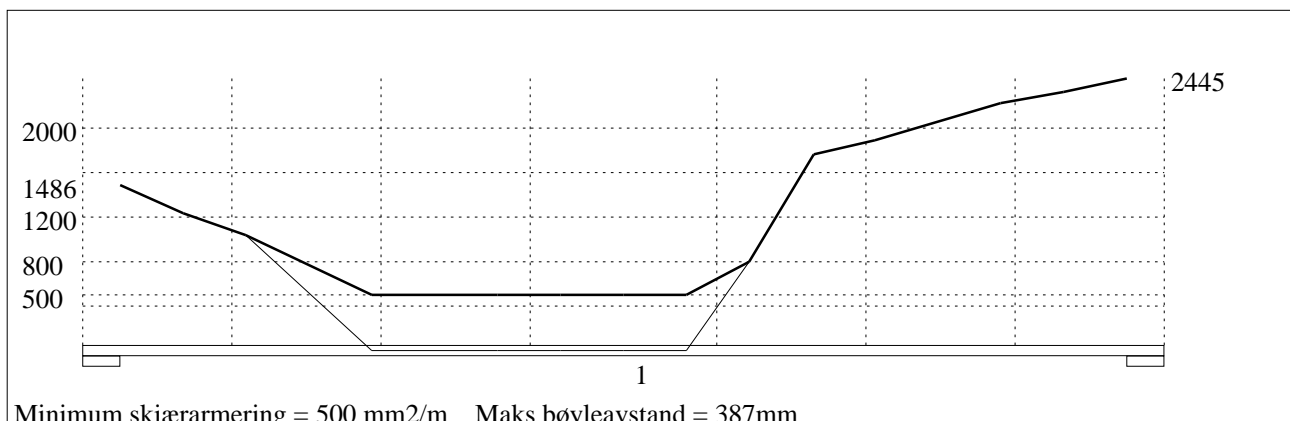


Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



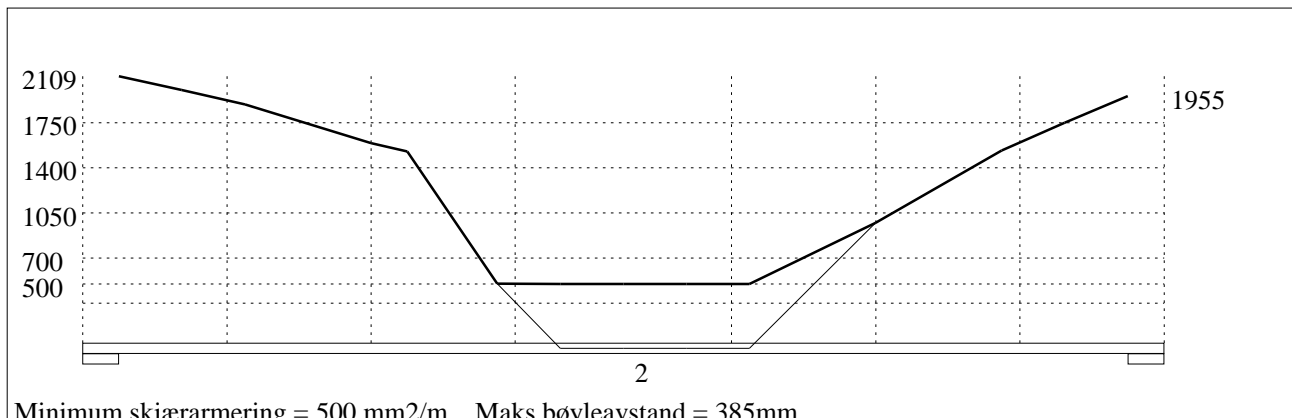
Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2 SKJÆRARMERING



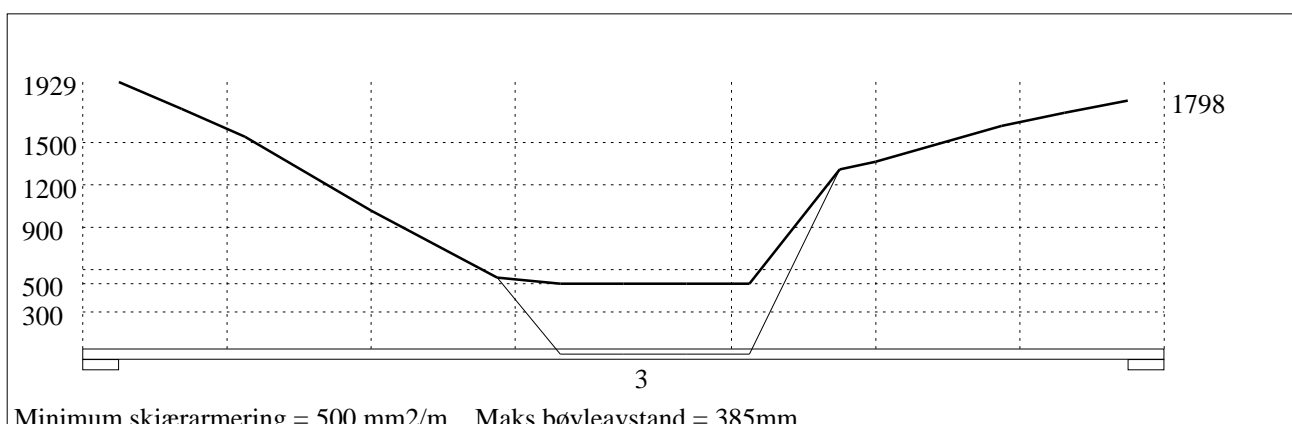
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



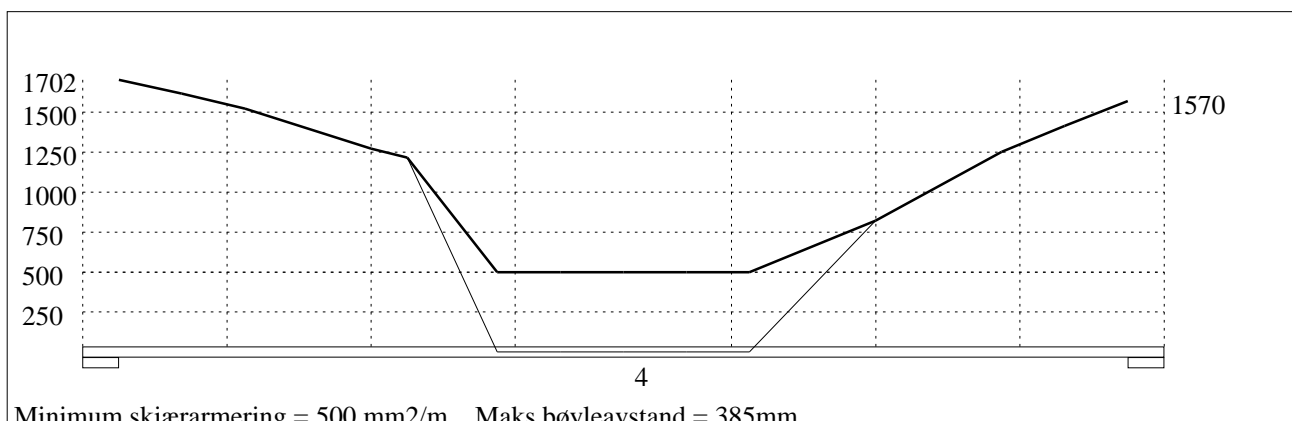
Minimum skjærarmoring = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

Skjærarmoring (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmoring = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

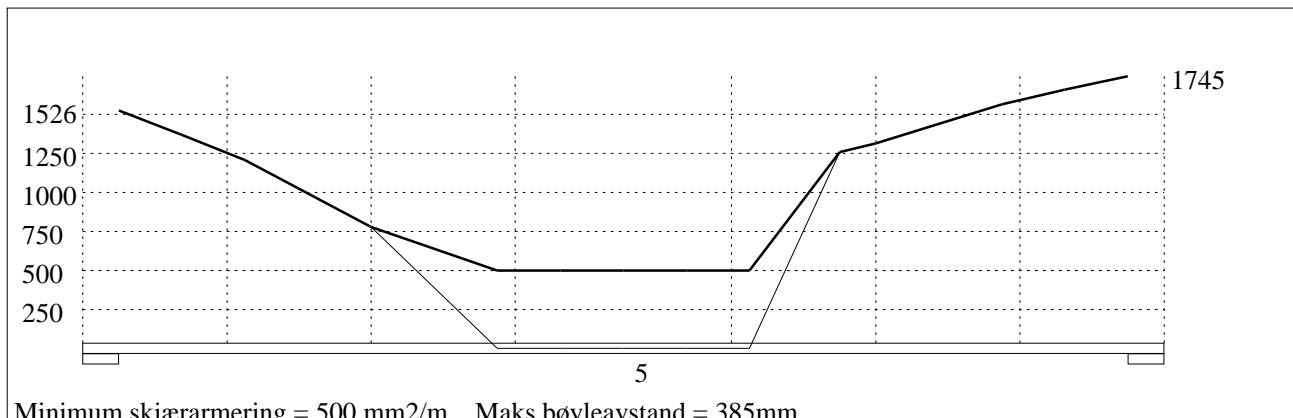
Skjærarmoring (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



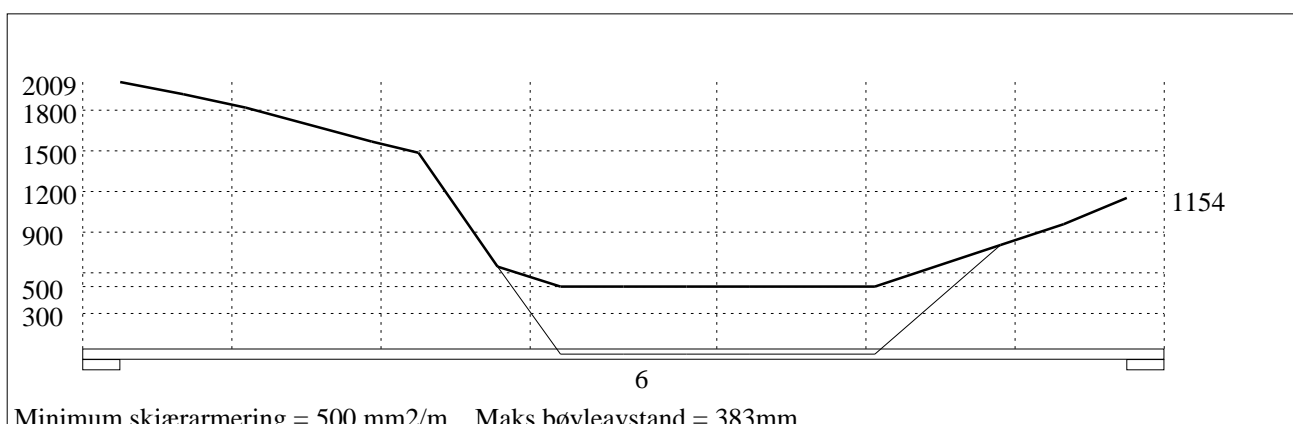
Minimum skjærarmoring = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

Skjærarmoring (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



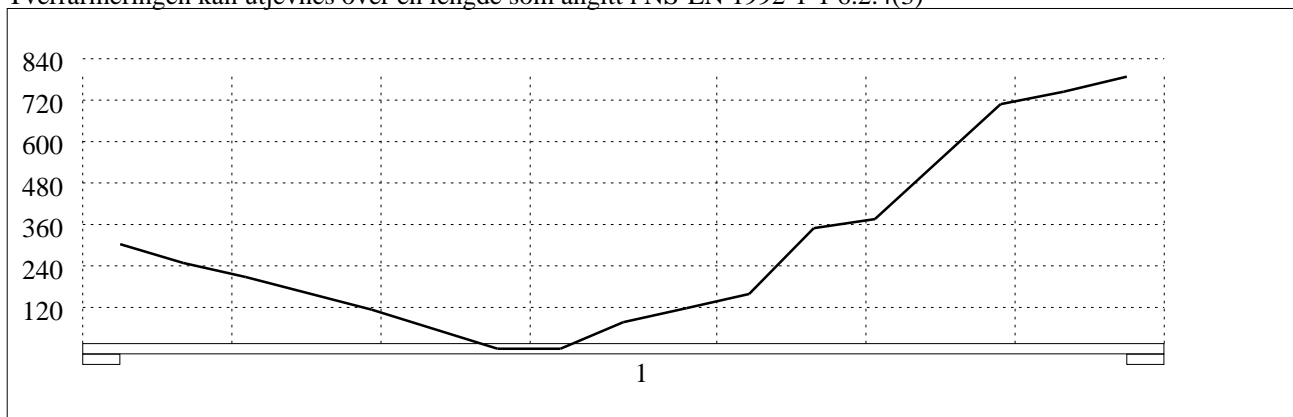
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

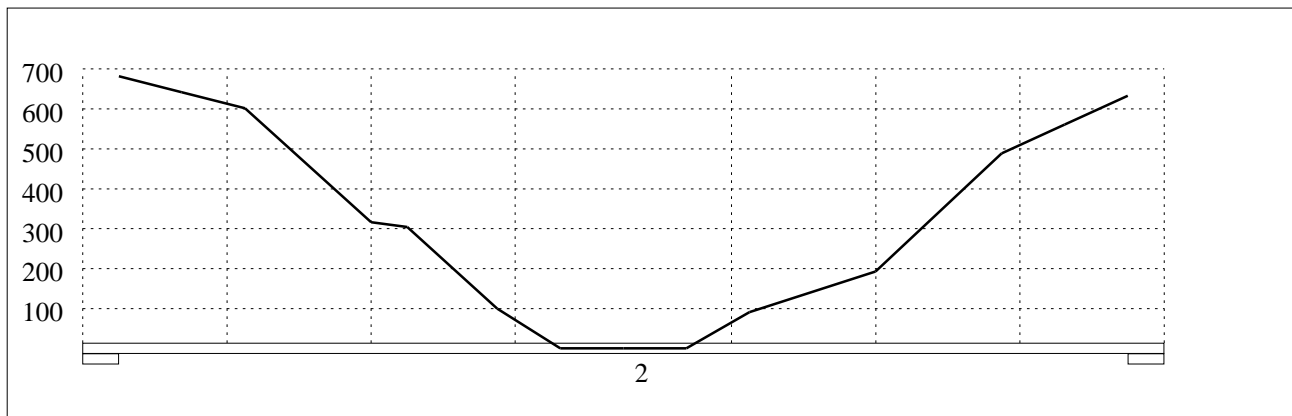
Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tværrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

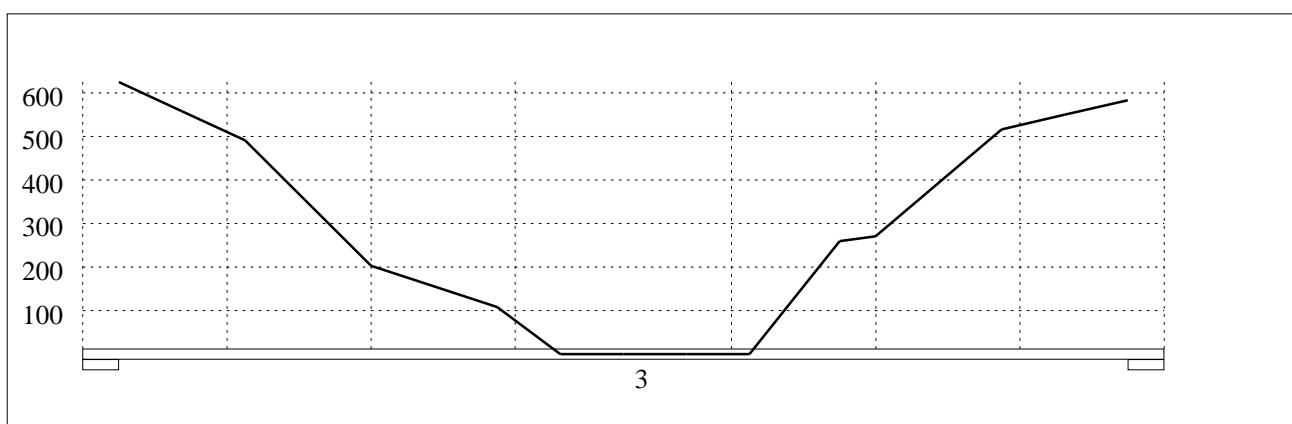


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

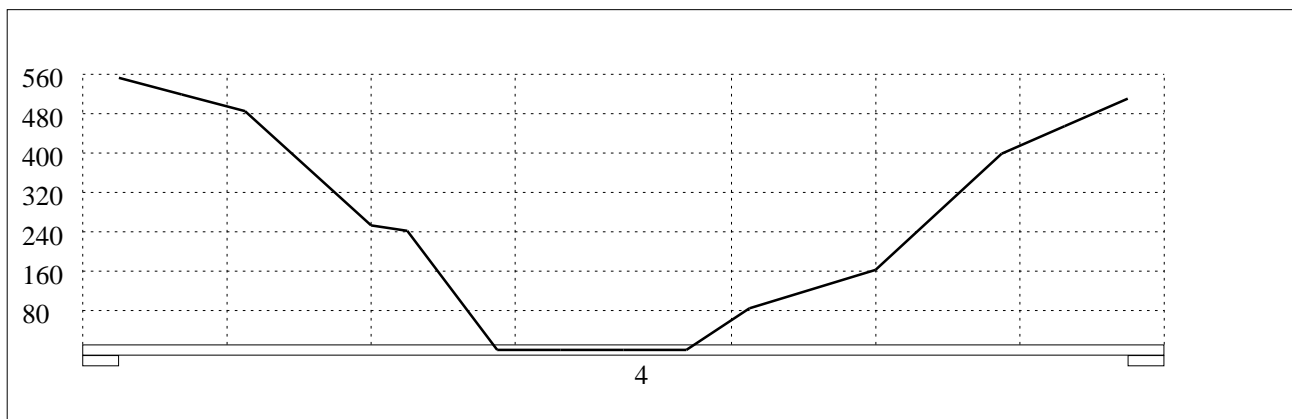
Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

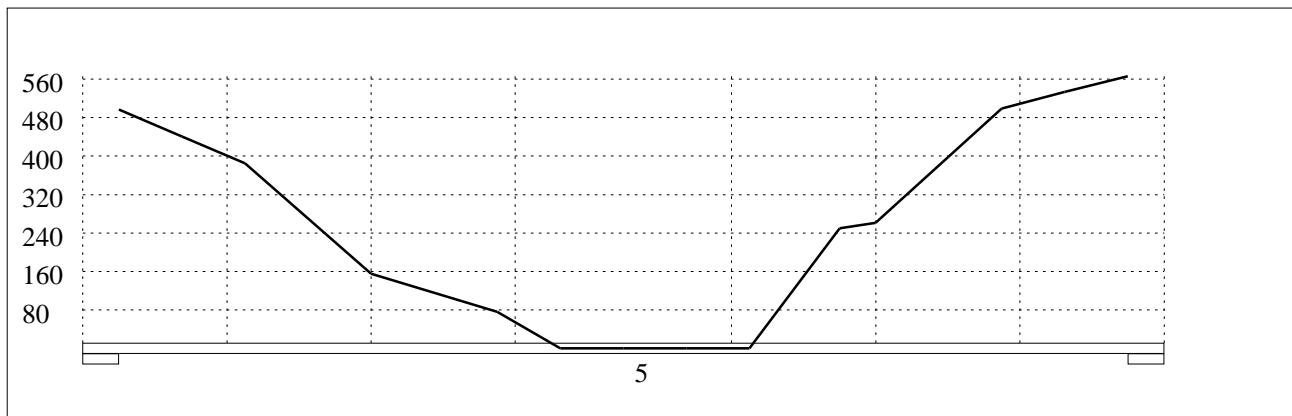


Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

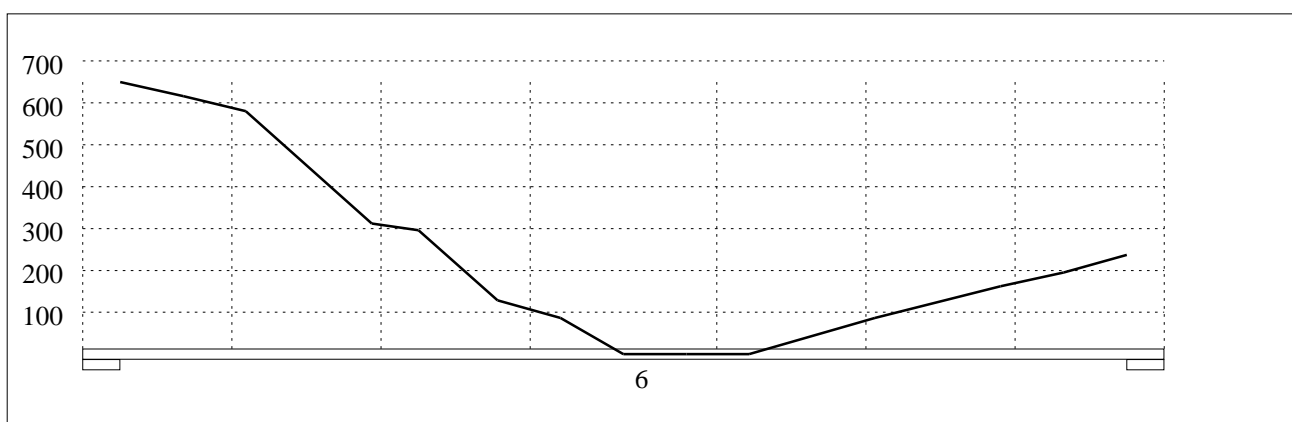


Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 17
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

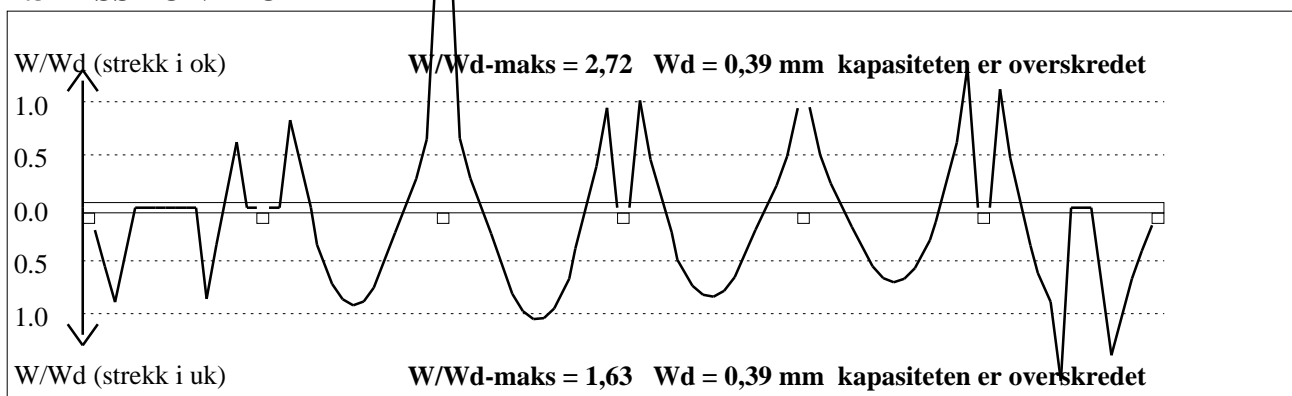


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	2	3	3	3
2	7	10	10	10
3	9	15	15	15
4	7	11	11	11
5	5	8	8	8

Tittel Vedlegg A15 - Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 18
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

6	8	23	23	23
---	---	----	----	----

5.1 OPPLGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-441	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1226	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1088	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-948	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-871	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1014	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-346	0,00	0	0,00	0	0,00		

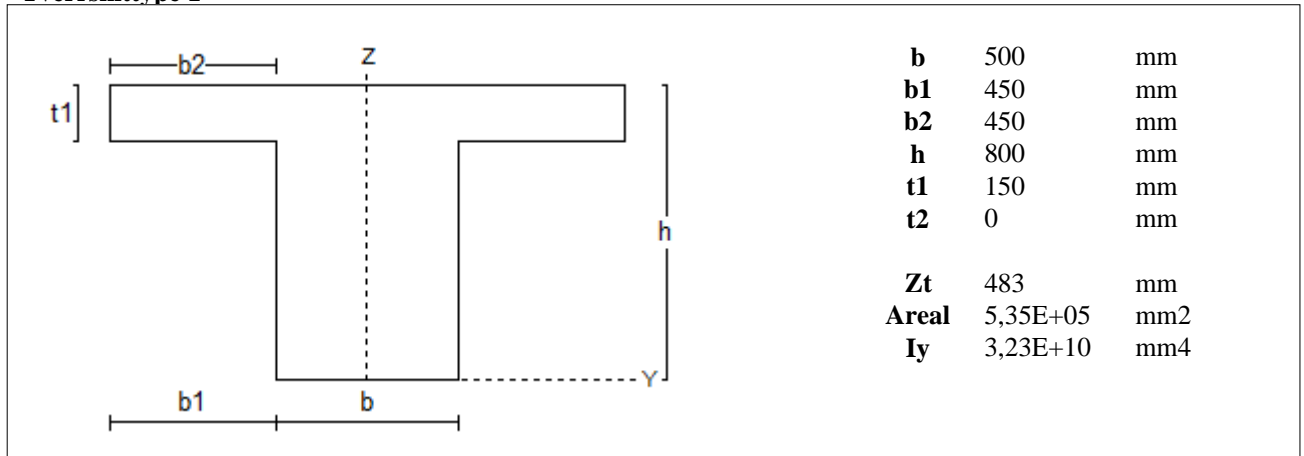
5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-441	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1226	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1088	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-948	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-871	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1014	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-346	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

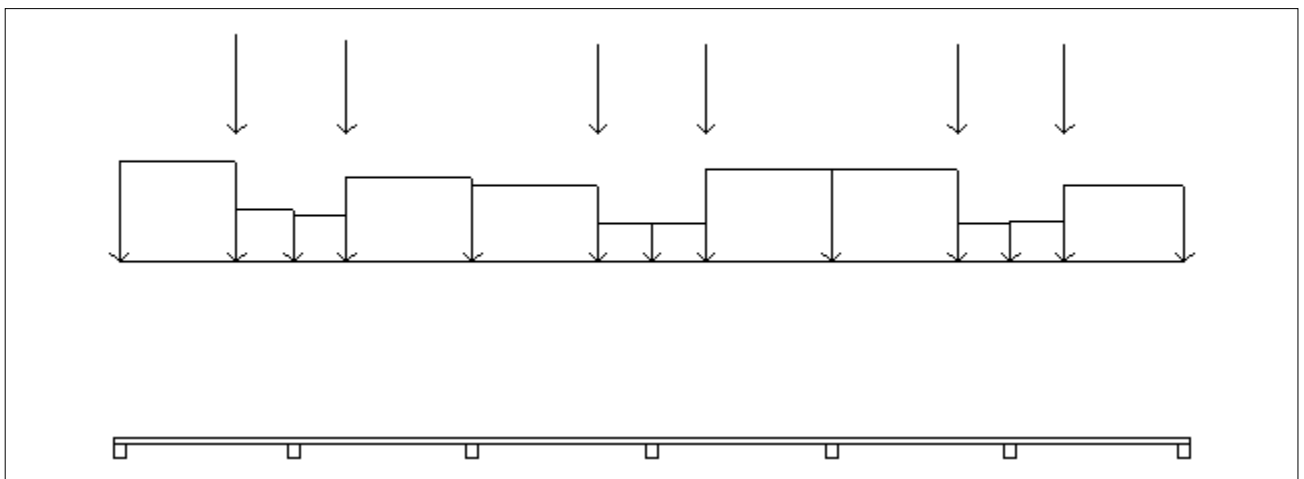
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	13,38	0,00	0,00
2	13,38	0,00	0,00
3	13,38	0,00	0,00
4	13,38	0,00	0,00
5	13,38	0,00	0,00
6	13,38	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
182,43	0,00	4900	1
173,02	0,00	2250	2
163,61	0,00	5250	3
163,61	0,00	2250	4
163,61	0,00	5250	5
163,61	0,00	2250	6

Trapeslast (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
133,50	133,50	0,00	0,00	0	4900	1
68,57	68,57	0,00	0,00	4900	7250	1
60,41	60,41	0,00	0,00	0	2250	2
111,16	111,16	0,00	0,00	2250	7500	2
100,52	100,52	0,00	0,00	0	5250	3
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	3
49,47	49,47	0,00	0,00	0	2250	4
123,92	123,92	0,00	0,00	2250	7500	4
123,92	123,92	0,00	0,00	0	5250	5
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	5
53,00	53,00	0,00	0,00	0	2250	6
100,76	100,76	0,00	0,00	2250	7250	6

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

1.4 MATERIALDATA

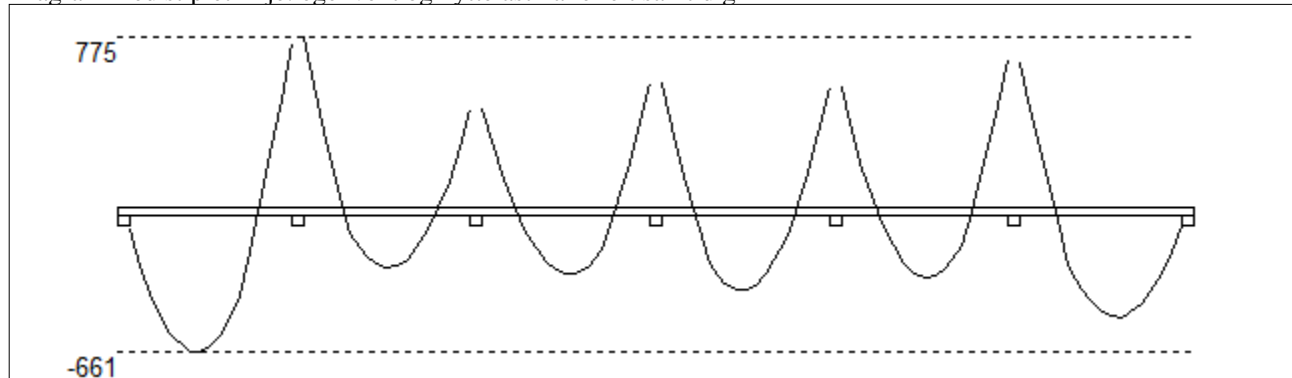
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	244			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,17
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00008
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	-661	-661	-661	-661
2	-276	-276	-276	-276
3	-303	-303	-303	-303
4	-377	-377	-377	-377
5	-321	-321	-321	-321
6	-499	-499	-499	-499

M_g: permanent last Mp: variabel last

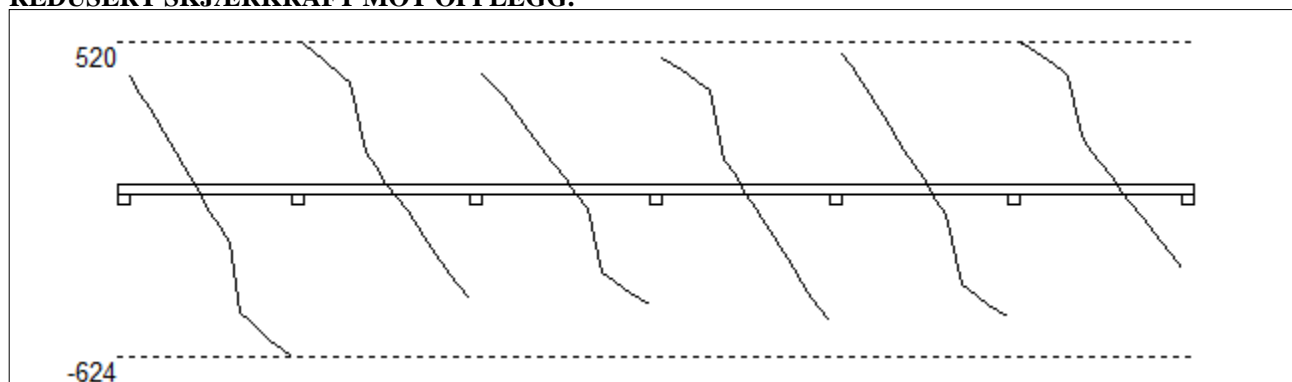
Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	0	0	0	0
2	775	775	775	775
3	446	446	446	446
4	567	567	567	567
5	549	549	549	549
6	669	669	669	669
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			406	396
2	-634	-624	521	511
3	-422	-412	412	402
4	-447	-437	473	463
5	-502	-492	487	477
6	-488	-478	530	520
7	-310	-300		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

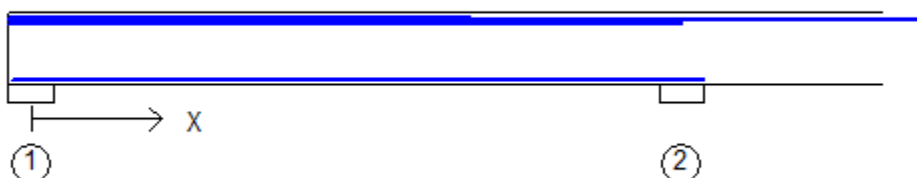
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	-250	10000	10250	68	80
2	16	2	1000	6500	5500	70	80
2	10	1	-250	4900	5150	53	59
2	10	3	-250	7250	7500	122	128
2	10	3	1000	6000	5000	122	128
4	10	3	-250	4900	5150	122	128



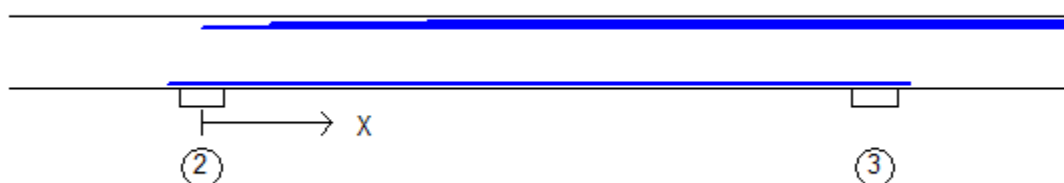
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-215	7500	7715	47	59
3	19	1	-215	7250	7465	47	59

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	1	2500	12500	10000	53	59
3	10	3	2500	12500	10000	122	128

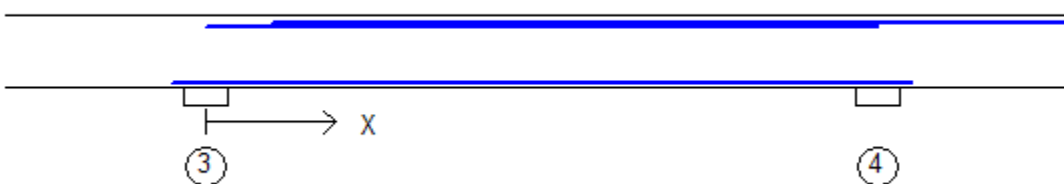


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1710	6020	4310	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128



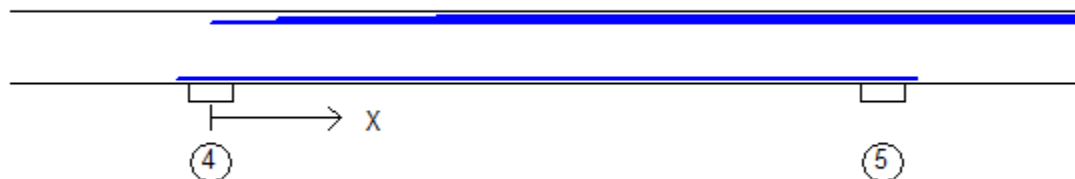
Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1480	6050	4570	47	59

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
3	10	3	2500	12500	10000	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	1	2500	12500	10000	53	59

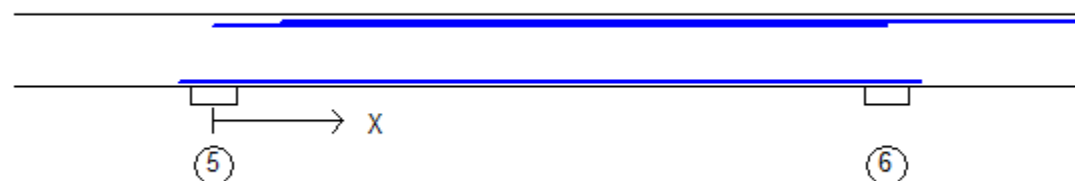


Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1450	6030	4580	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128



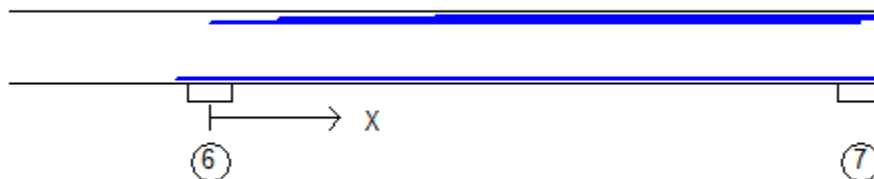
Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1560	5850	4290	47	59

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	3000	7500	4500	68	80
2	16	2	750	6500	5750	70	80
2	10	3	0	7250	7250	122	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	10	1	2500	7500	5000	53	59
4	10	3	2500	7250	4750	122	128



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-380	7465	7845	47	59
3	19	1	1520	7465	5945	47	59

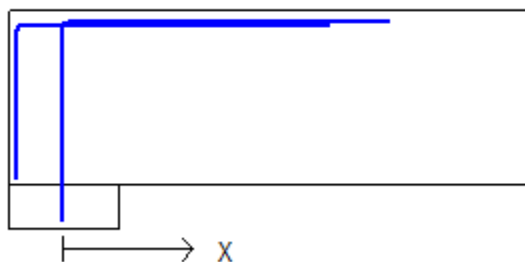
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

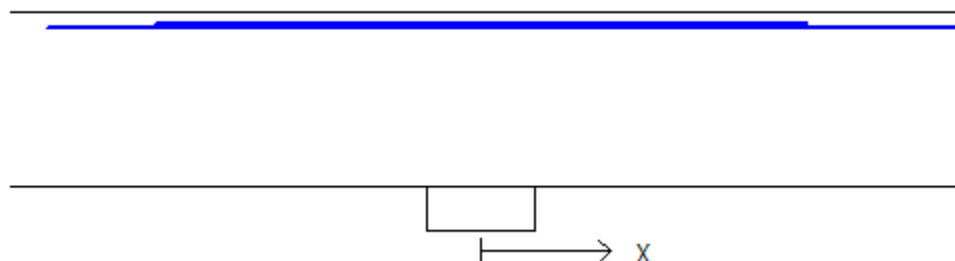
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-215	1220	68	1
3	19	2	-215	1220	68	0
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1000	53	1



Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

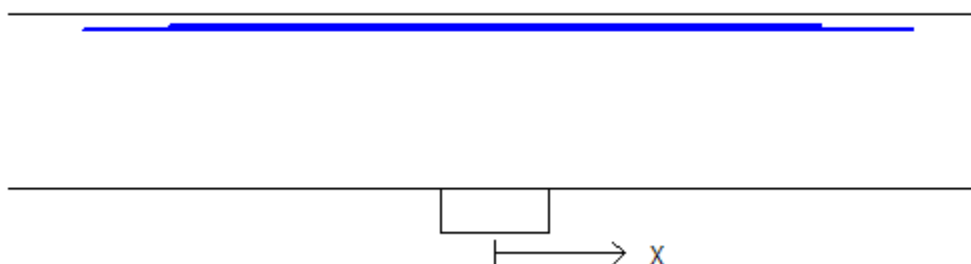
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2000	2200	4200	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1000	1500	2500	53
2	8	1	-1500	1000	2500	54



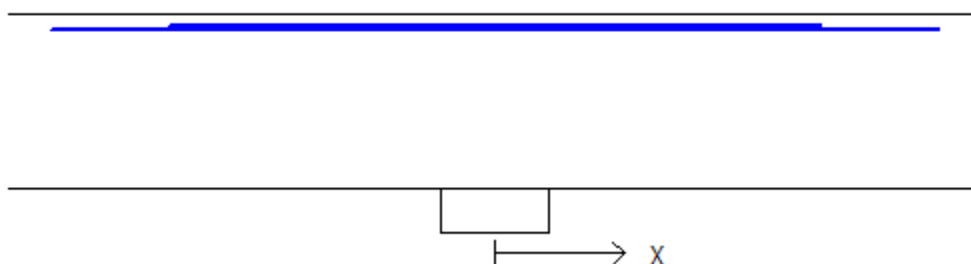
Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1900	1920	3820	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 4

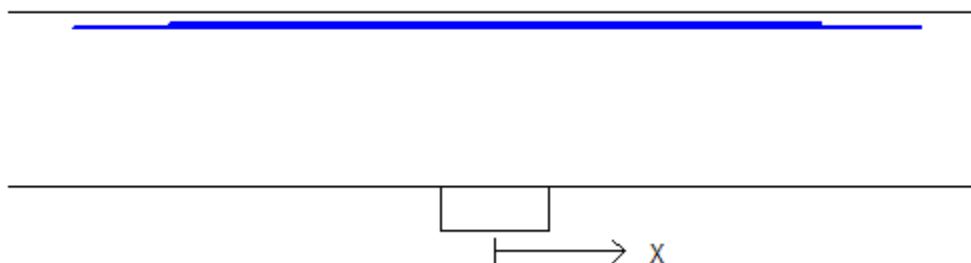
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2040	2040	4080	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

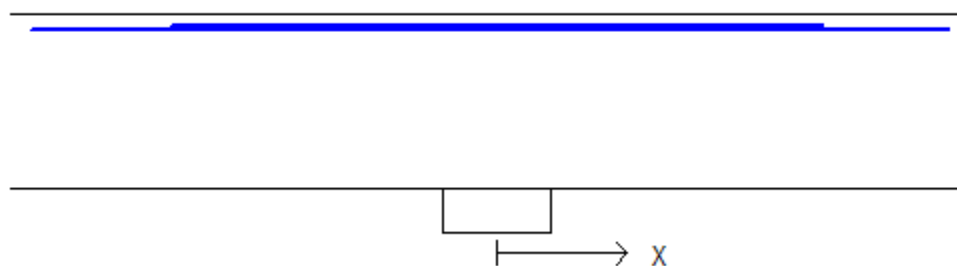
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1940	1960	3900	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 6

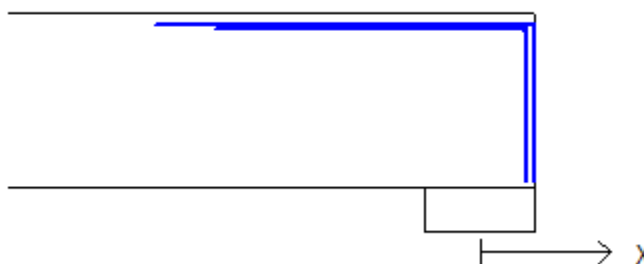
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2150	2080	4230	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-1220	215	68	1
3	19	2	-1220	215	68	0
2	10	1	-1000	250	53	0
2	10	1	-1500	250	53	1
2	10	1	-1500	250	53	1



Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $37 \times D$ Forankringslengde i overkant: $52 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

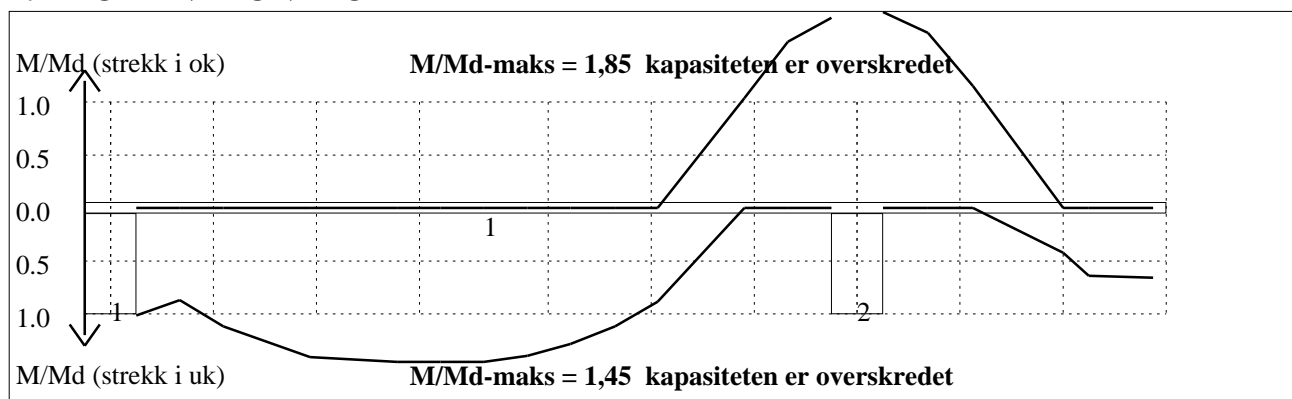
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 7
 2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm

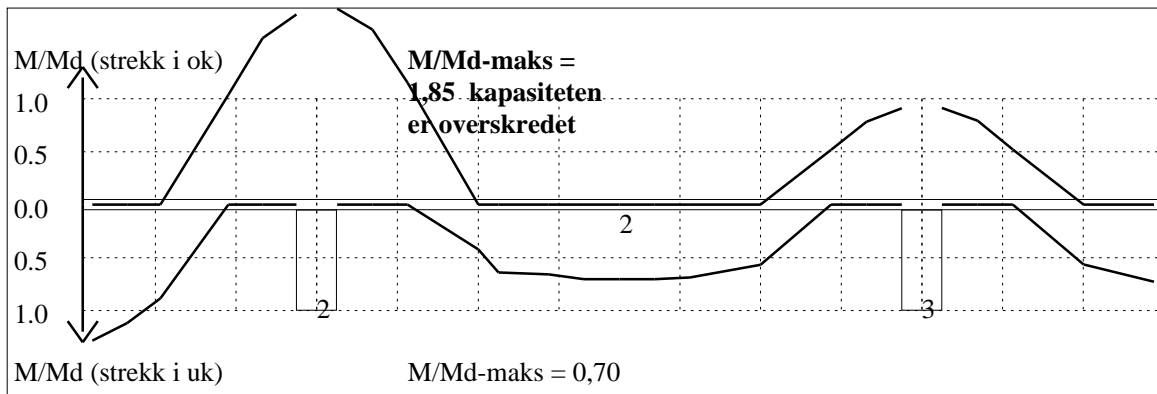
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	567	567	482	482
2	567	567	482	482
3	567	567	482	482
4	567	567	482	482
5	567	567	482	482
6	567	567	482	482

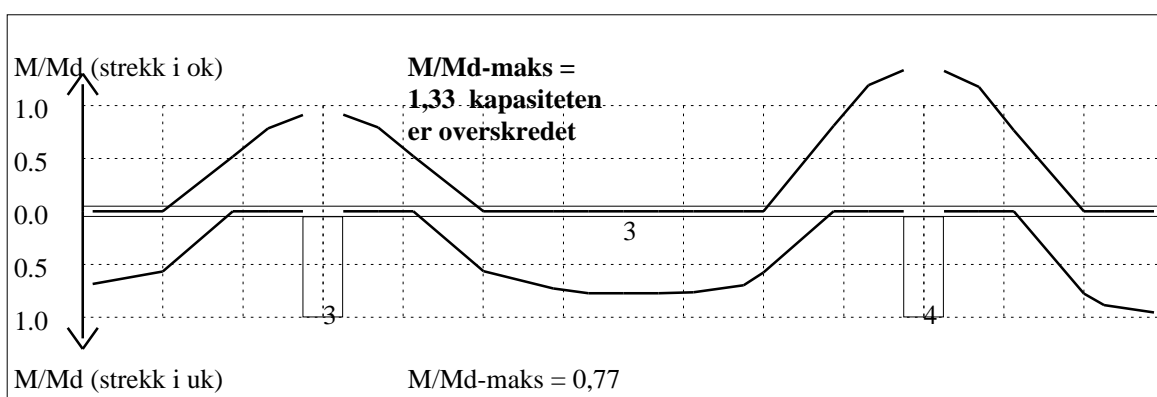
4.1 MOMENTKONTROLL



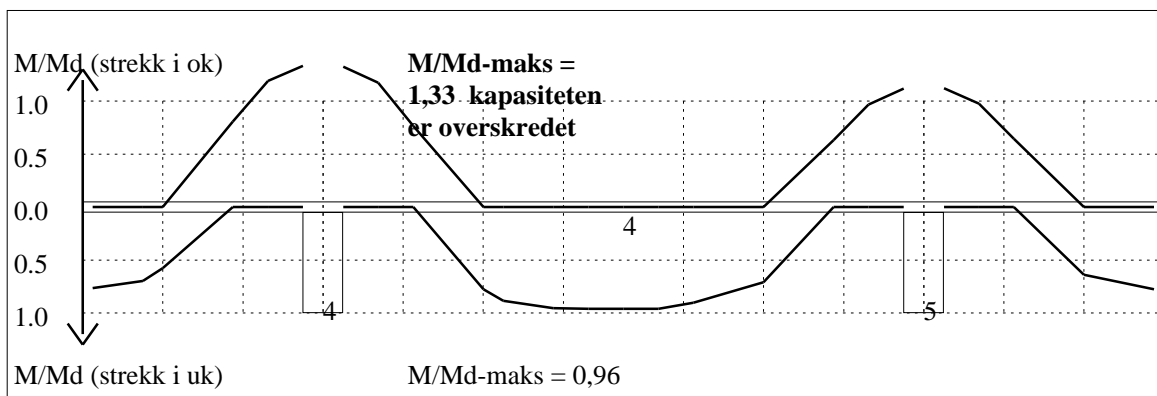
Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

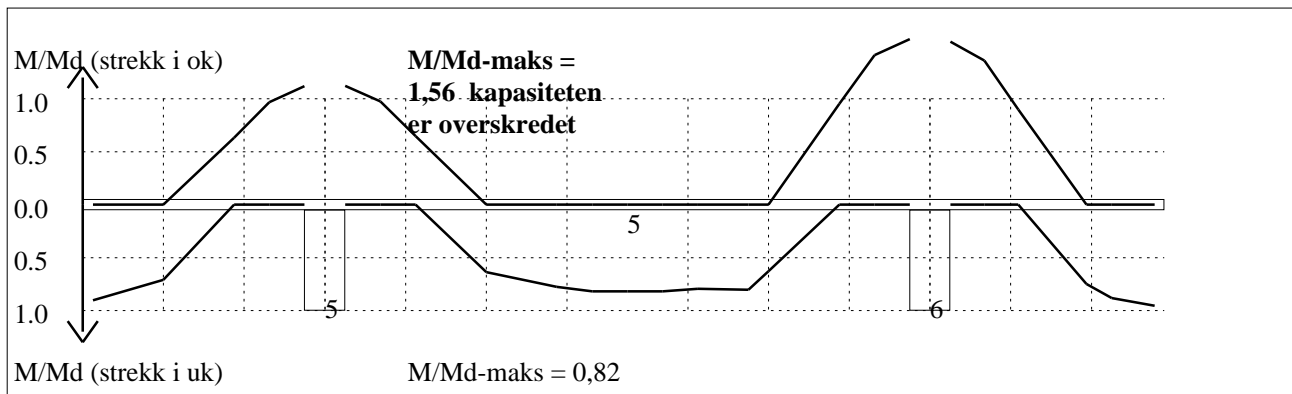


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

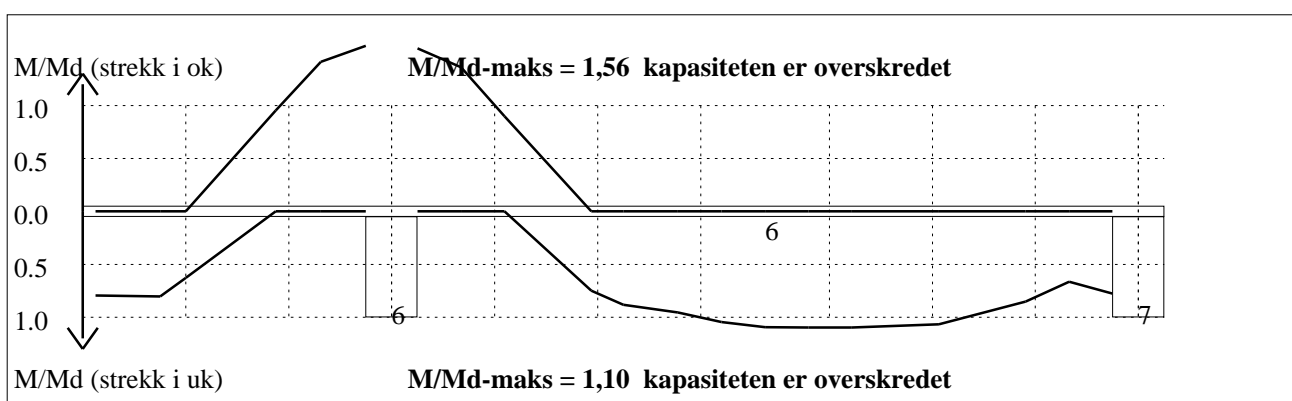


Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

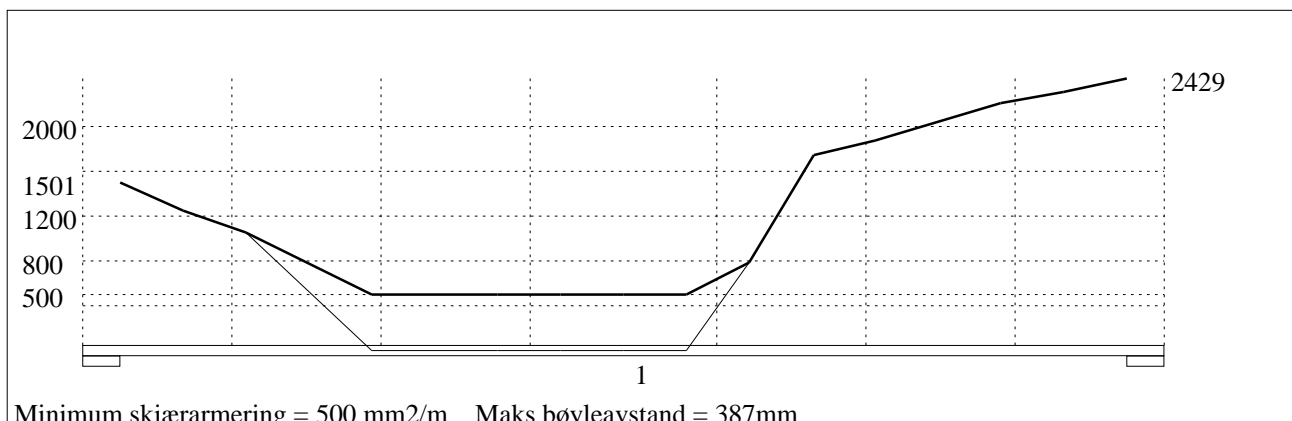


Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

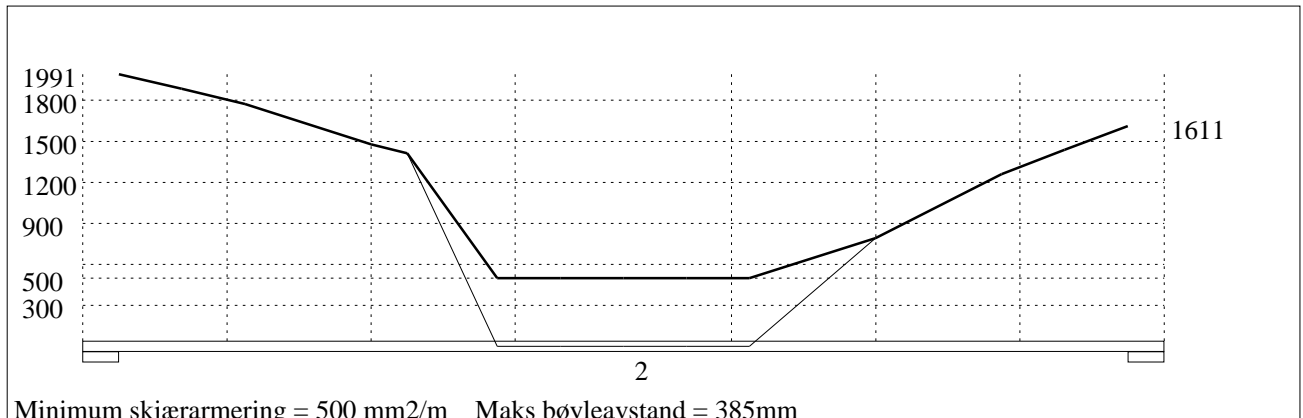
4.2 SKJÆRARMERING



Minimum skjærarmoring = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 387mm

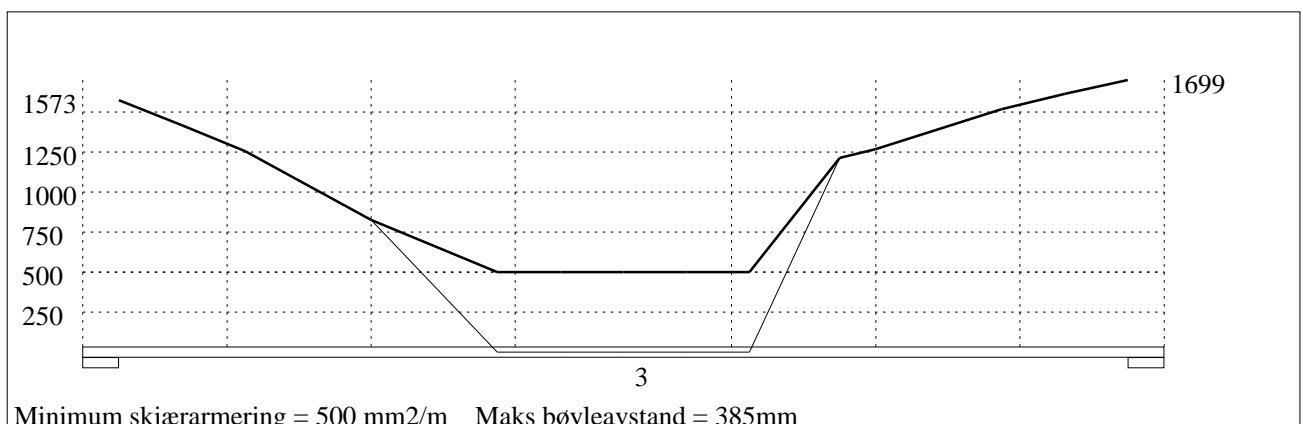
Skjærarmoring (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



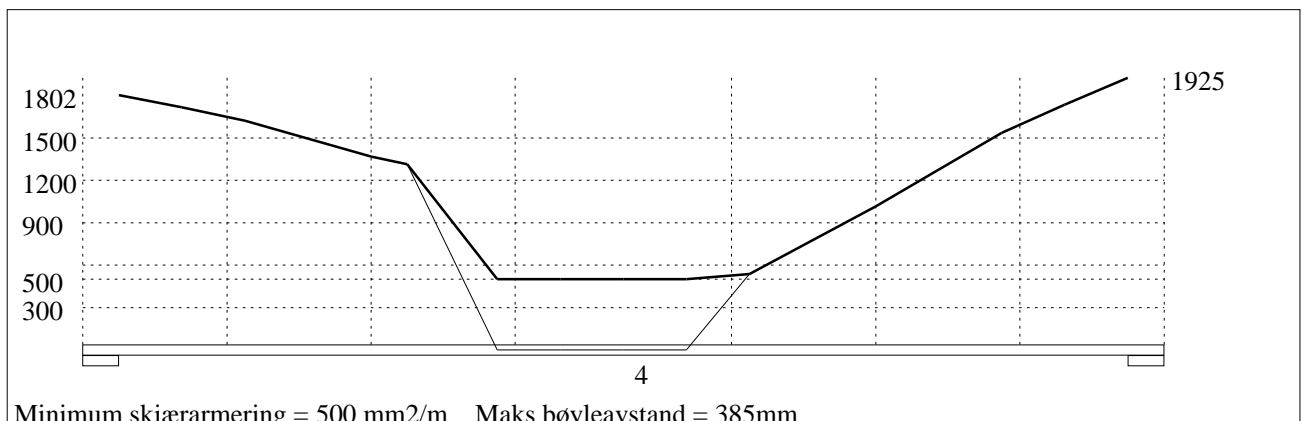
Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

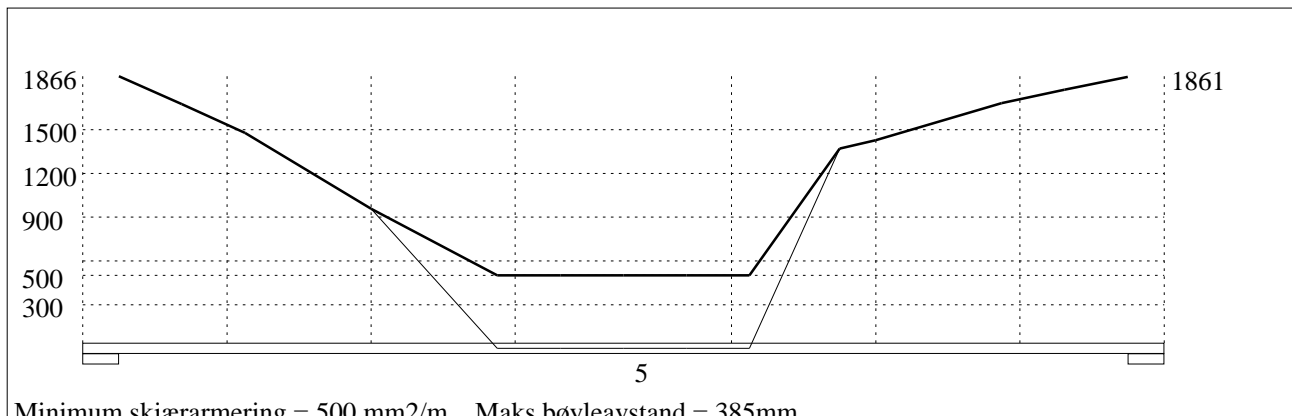
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



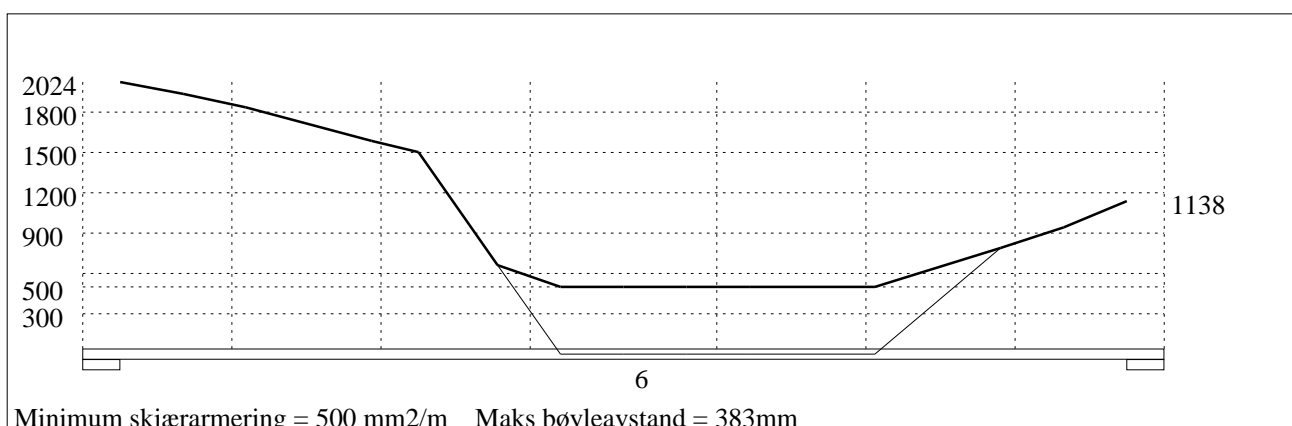
Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



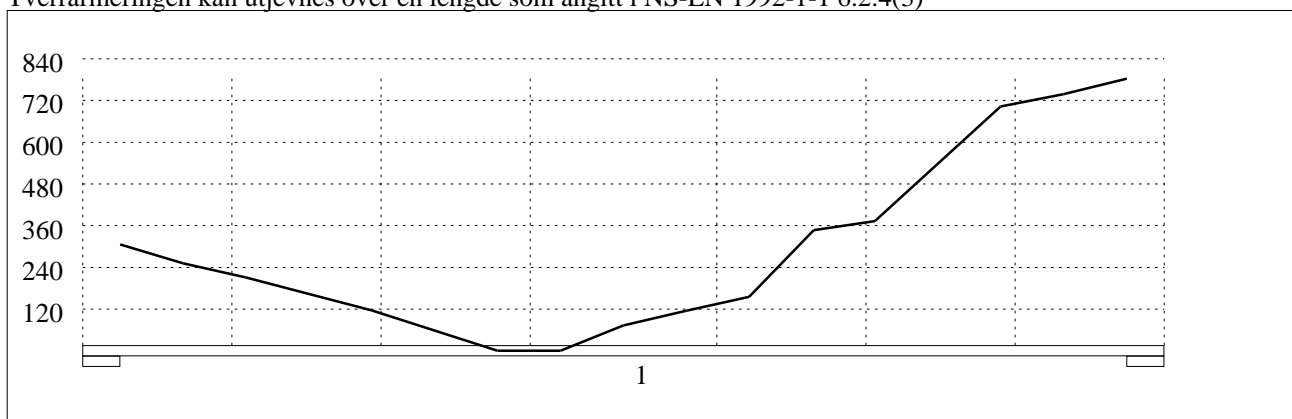
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

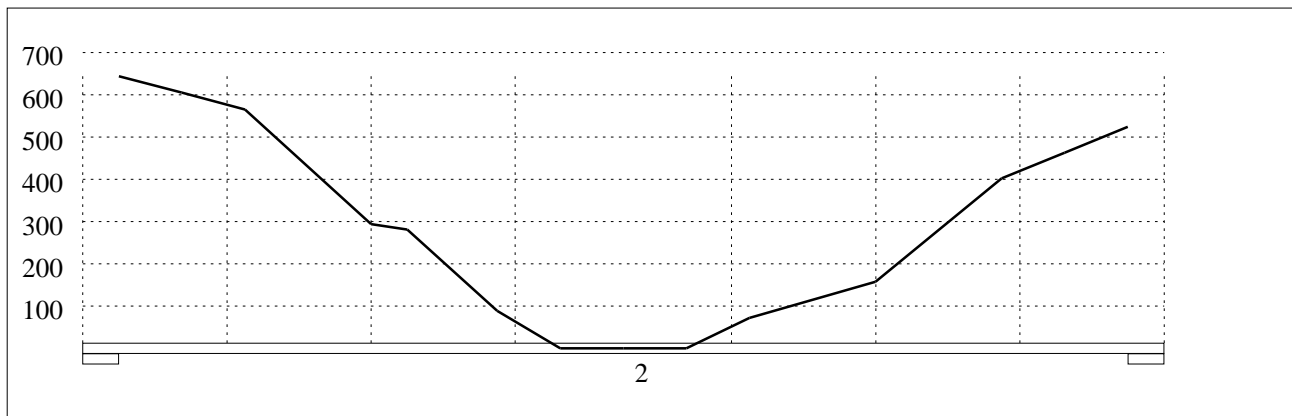
Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tværrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

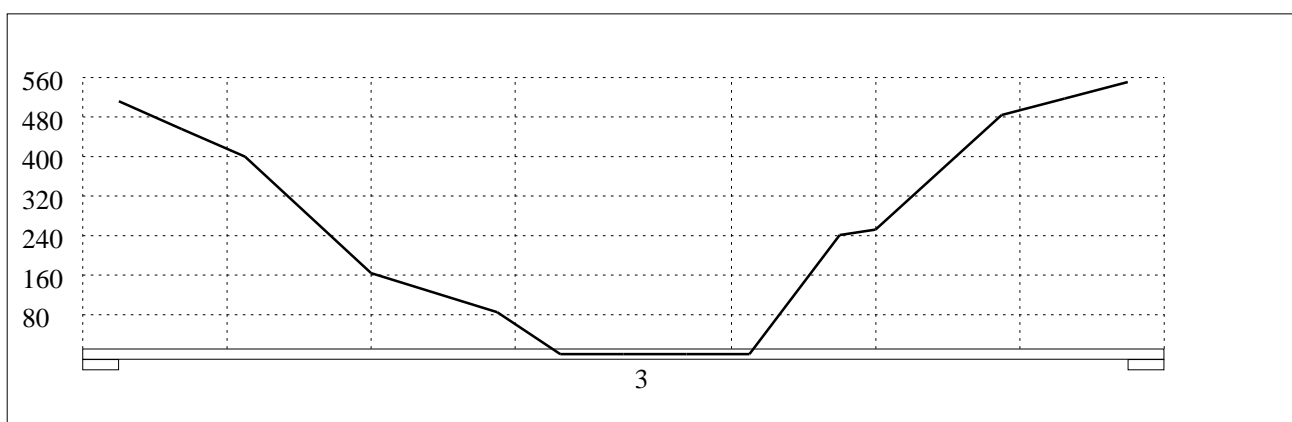


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

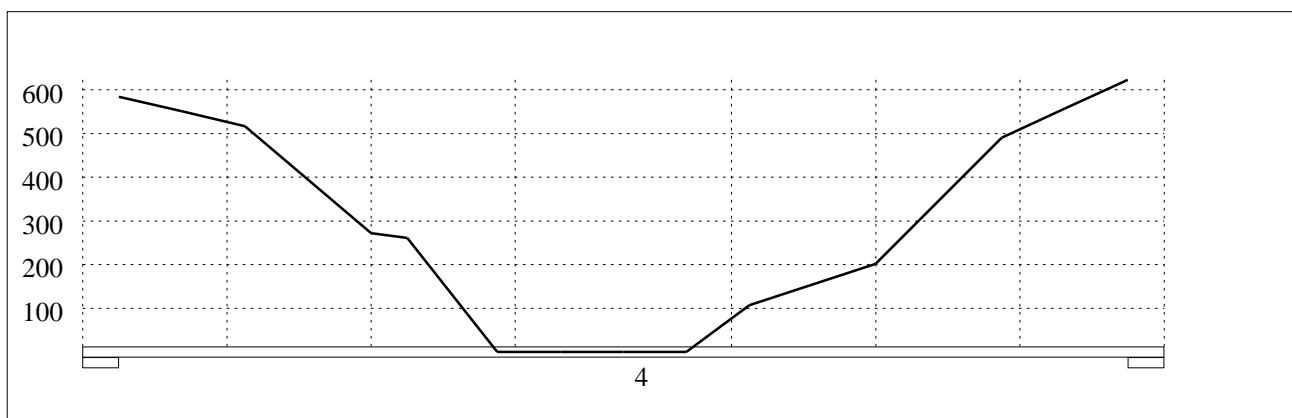
Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

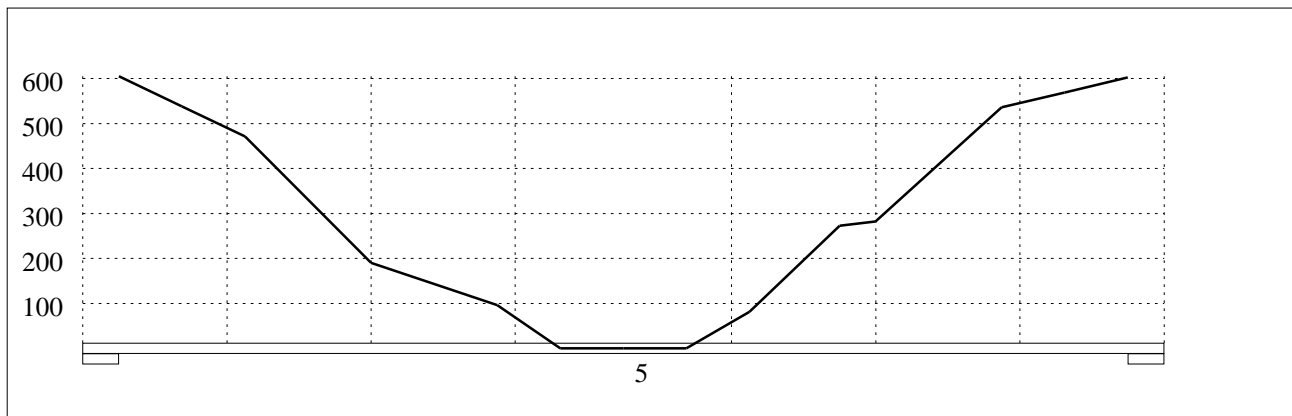


Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

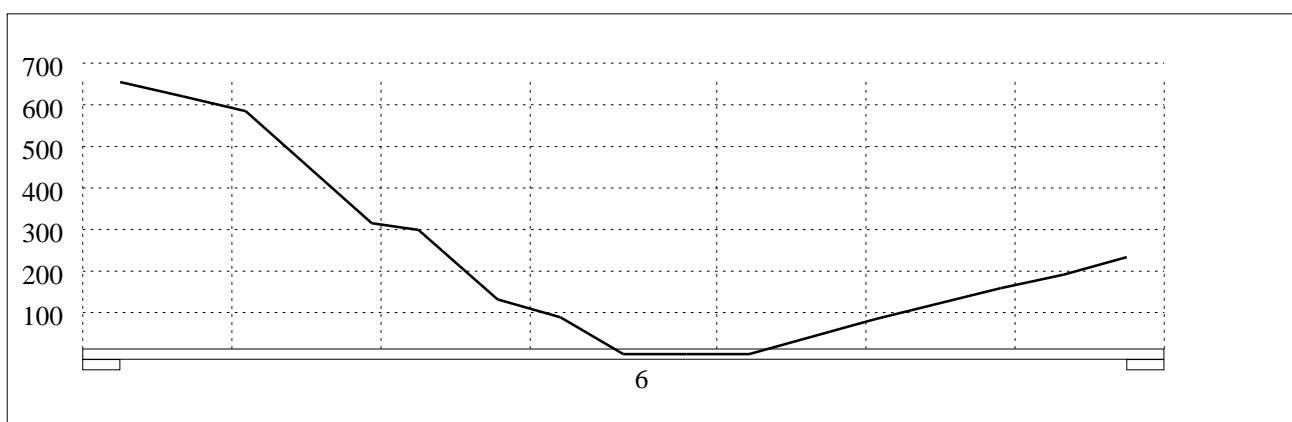


Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 17
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

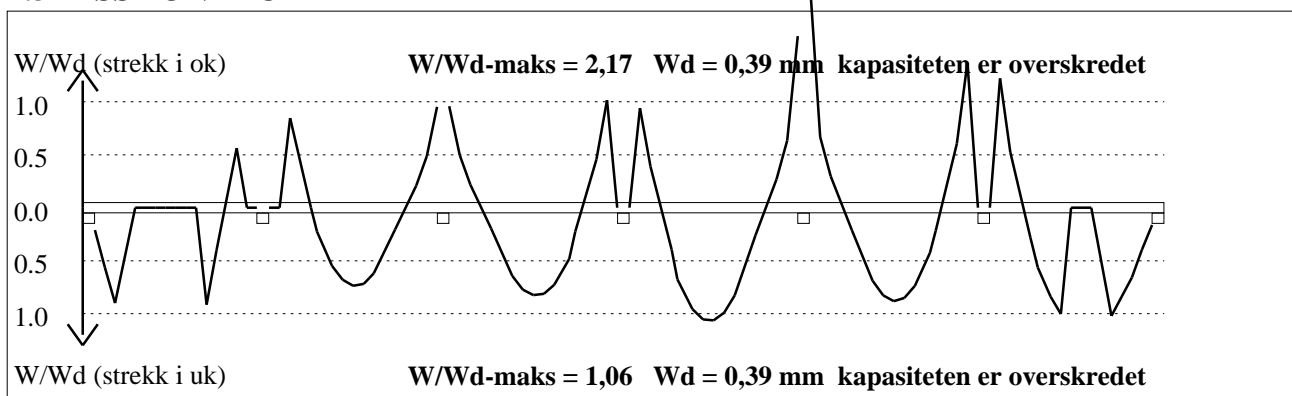


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	2	3	3	3
2	6	9	9	9
3	7	10	10	10
4	9	17	17	17
5	7	10	10	10

Tittel Vedlegg A16 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 18
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

6	6	14	14	14
---	---	----	----	----

5.1 OPPLGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-445	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1191	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-896	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-949	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1061	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1048	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-342	0,00	0	0,00	0	0,00		

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-445	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1191	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-896	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-949	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1061	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1048	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-342	0,00	0	0,00	0	0,00		

Vedlegg A17 - Laster bjelke Bj.C.307

1.Bjelke -mot kant tak:

Laster hentet fra vedlegg A10 1.plate og 2.plate

$$q_{yerm.304.1} := 64.89 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.2} := 67.39 \frac{kN}{m}$$

$$q_{307.1} := q_{yerm.304.1} + q_{yerm.304.2} = (132.28 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 1.plate og 2.plate

$$P_{307.1.1} := 182.431 \text{ kN} \quad P_{307.2.1} := 173.02 \text{ kN}$$

$$P_{307.1.2} := 192.049 \text{ kN} \quad P_{307.2.2} := 182.638 \text{ kN}$$

$$P_{307.1} := P_{307.1.1} + P_{307.1.2} = (374.48 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

$$P_{307.2} := P_{307.2.1} + P_{307.2.2} = (355.658 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A11 1.plate og 2.plate

$$q_{xerm.305.1} := 74.451 \frac{kN}{m} \quad q_{xerm.305.2} := 77.412 \frac{kN}{m}$$

$$q_{307.2} := q_{xerm.305.1} + q_{xerm.305.2} = (151.863 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 4.plate og 5.plate

$$P_{307.3.1} := 163.609 \text{ kN} \quad P_{307.4.1} := 163.609 \text{ kN}$$

$$P_{307.3.2} := 173.228 \text{ kN} \quad P_{307.4.2} := 173.228 \text{ kN}$$

$$P_{307.3} := P_{307.3.1} + P_{307.3.2} = (336.837 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

$$P_{307.4} := P_{307.4.1} + P_{307.4.2} = (336.837 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A11 4.plate og 5.plate

$$q_{307.3} := q_{307.2} = (151.863 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 7.plate og 8.plate

$$P_{307.5} := P_{307.3} = (336.837 \cdot 10^3) N \quad P_{307.6} := P_{307.4} = (336.837 \cdot 10^3) N$$

Laster hentet fra vedlegg A10 4.plate og 5.plate

$$q_{yerm.304.4} := 47.76 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.5} := 40.591 \frac{kN}{m}$$

$$q_{307.4} := q_{yerm.304.4} + q_{yerm.304.5} = (88.351 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

2.Bjelke - mot bygg C:

Laster hentet fra vedlegg A10 2.plate og 3.plate

$$q_{yerm.304.2} := 67.39 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.3.1} := 91.071 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.3.2} := 9.918 \frac{kN}{m}$$

$$q_{307.1} := q_{yerm.304.2} + q_{yerm.304.3.1} - q_{yerm.304.3.2} = (148.543 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 2.plate og 3.plate

$$P_{307.1.1} := 192.049 kN \quad P_{307.2.1} := 182.638 kN$$

$$P_{307.1.2} := 232.395 kN \quad P_{307.2.2} := 222.984 kN$$

$$P_{307.1} := P_{307.1.1} + P_{307.1.2} = (424.444 \cdot 10^3) N \quad \text{Punktlast}$$

$$P_{307.2} := P_{307.2.1} + P_{307.2.2} = (405.622 \cdot 10^3) N \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A11 2.plate og 3.plate

$$q_{xerm.305.2} := 77.412 \frac{kN}{m} \quad q_{xerm.305.3.1} := 121.699 \frac{kN}{m} \quad q_{xerm.305.3.2} := 18.243 \frac{kN}{m}$$

$$q_{307.2} := q_{xerm.305.2} + q_{xerm.305.3.1} - q_{xerm.305.3.2} = (180.868 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 5.plate og 6.plate

$$P_{307.3.1} := 173.228 \text{ kN} \quad P_{307.4.1} := 173.228 \text{ kN}$$

$$P_{307.3.2} := 213.573 \text{ kN} \quad P_{307.4.2} := 213.573 \text{ kN}$$

$$P_{307.3} := P_{307.3.1} + P_{307.3.2} = (386.801 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

$$P_{307.4} := P_{307.4.1} + P_{307.4.2} = (386.801 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A11 5.plate og 6.plate

$$q_{307.3} := q_{307.2} = (180.868 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 8.plate og 9.plate

$$P_{307.5} := P_{307.3} = (386.801 \cdot 10^3) \text{ N} \quad P_{307.6} := P_{307.4} = (386.801 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A10 5.plate og 6.plate

$$q_{yerm.304.5} := 40.591 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.6.1} := 73.459 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.6.2} := 14.722 \frac{kN}{m}$$

$$q_{307.4} := q_{yerm.304.5} + q_{yerm.304.6.1} - q_{yerm.304.6.2} = (99.328 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

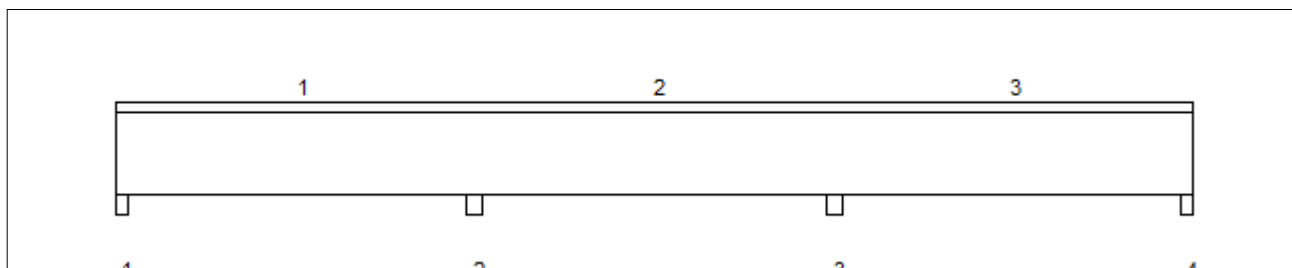
Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i beggge felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002
 Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 1\Bj. C 307 før
 forsterkning\K-bjelke BJ.C307 nr 1 før forsterkning.kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttearmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

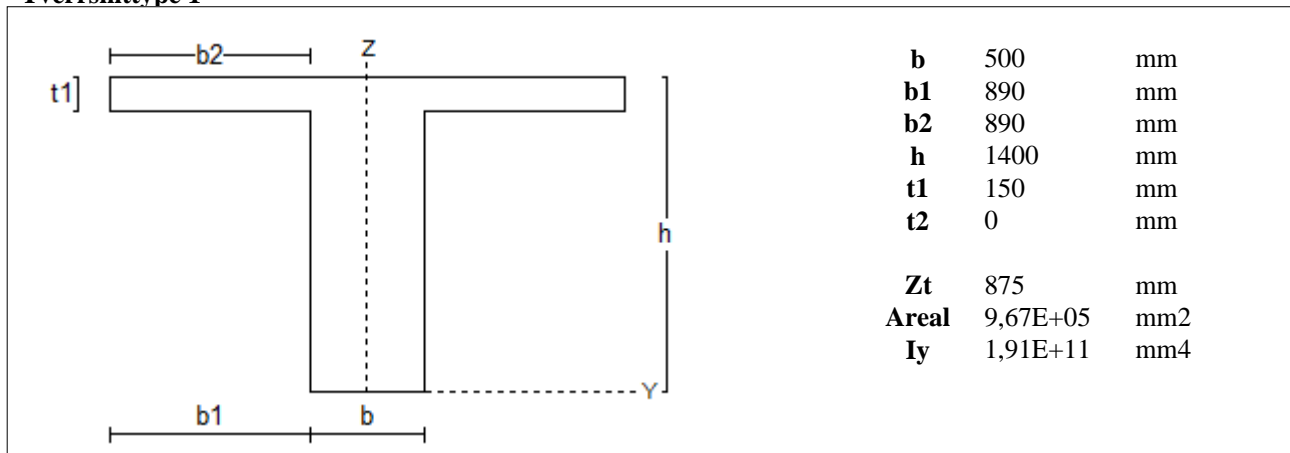


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i beggge felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

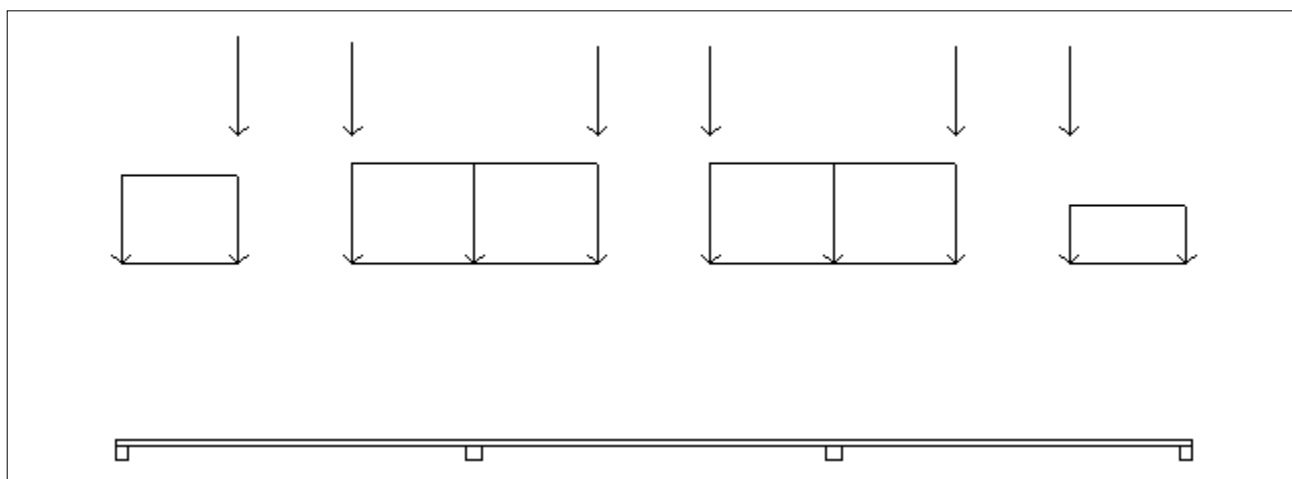
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Oppløgg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3		Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³			

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i beggge felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
374,48	0,00	4900	1
355,66	0,00	9650	1
336,84	0,00	5125	2
336,84	0,00	9875	2
336,84	0,00	5125	3
336,84	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
132,30	132,30	0,00	0,00	0	4900	1
151,86	151,86	0,00	0,00	9650	14750	1
151,86	151,86	0,00	0,00	0	5125	2
151,86	151,86	0,00	0,00	9875	15000	2
151,86	151,86	0,00	0,00	0	5125	3
88,35	88,35	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

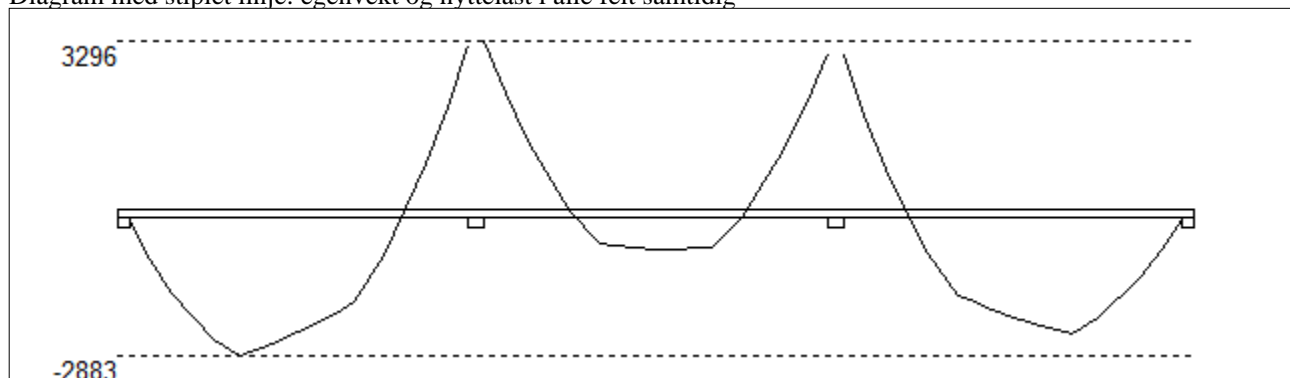
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	265			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,13
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00007
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplede linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i beggje felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-2883	-2883	-2883	-2883
2	-785	-785	-785	-785
3	-2458	-2458	-2458	-2458

Mg: permanent last Mp: variabel last

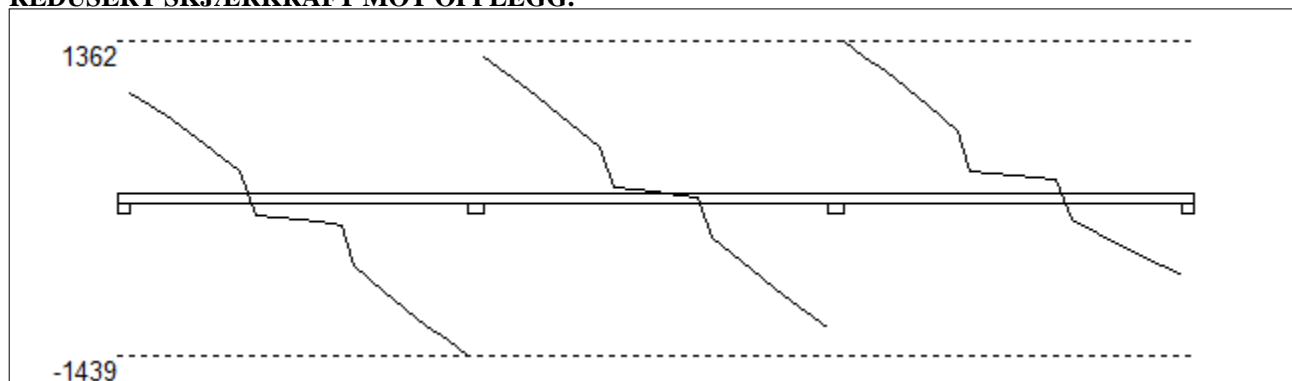
Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3296	3296	3296	3296
3	3056	3056	3056	3056
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLGG.


Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			933	902
2	-1471	-1439	1246	1215
3	-1213	-1181	1394	1362
4	-751	-719		

Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

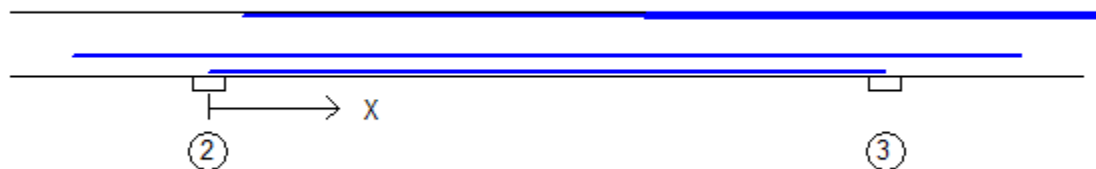


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



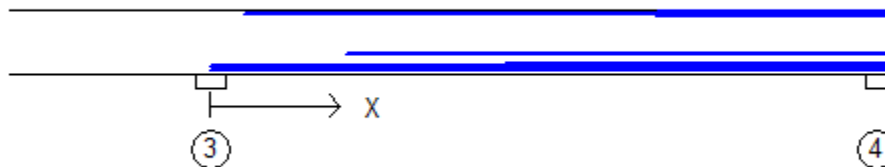
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



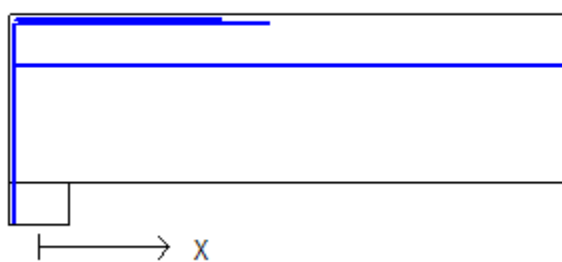
Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

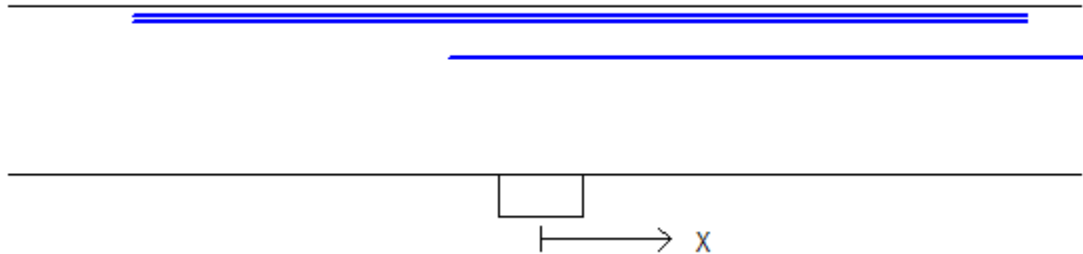
Støttearmering over opplegg nr: 1			Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)			
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i beggge felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

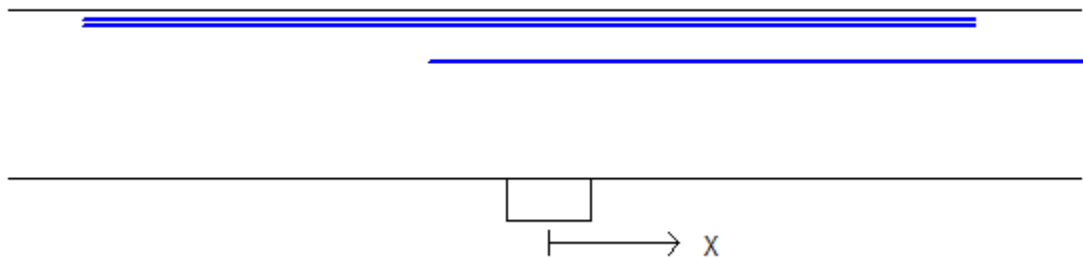
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i beggge felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

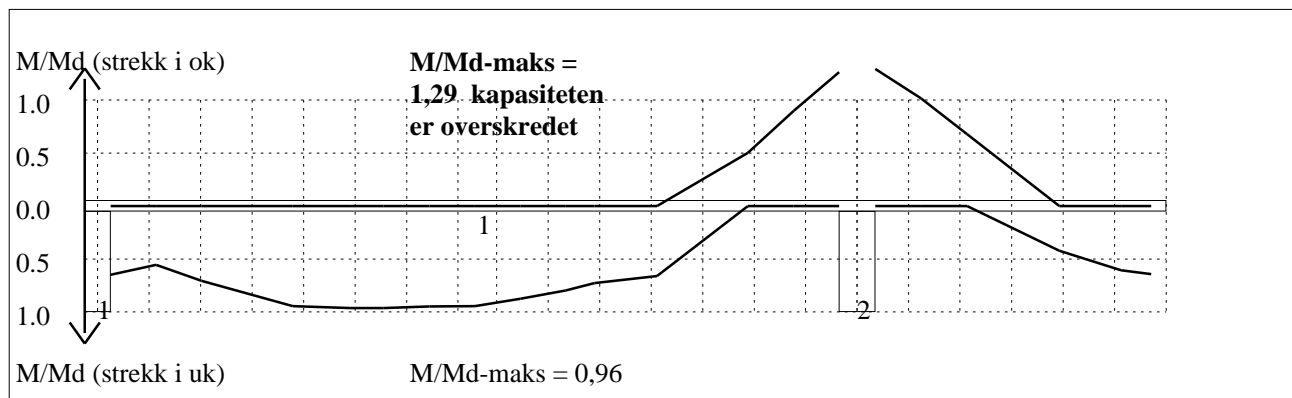
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 4
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

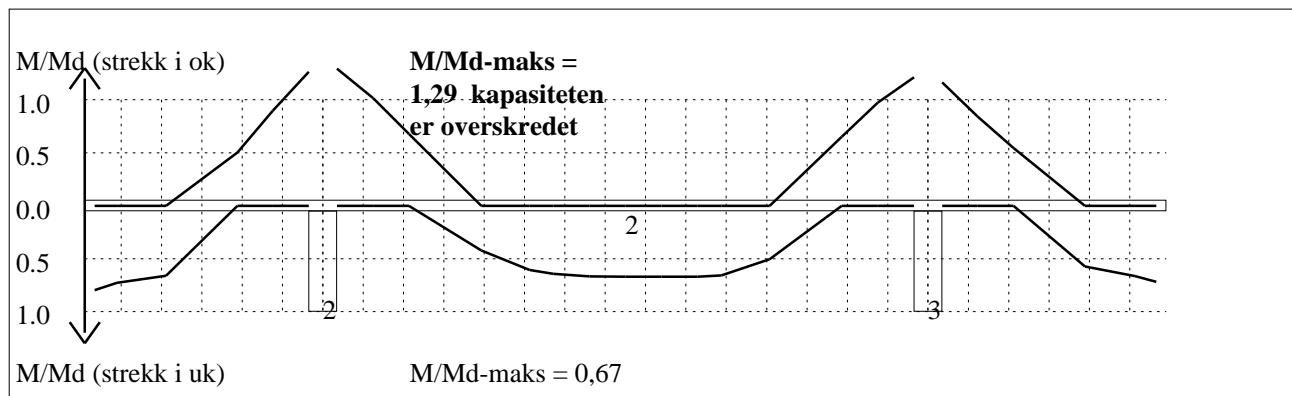
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

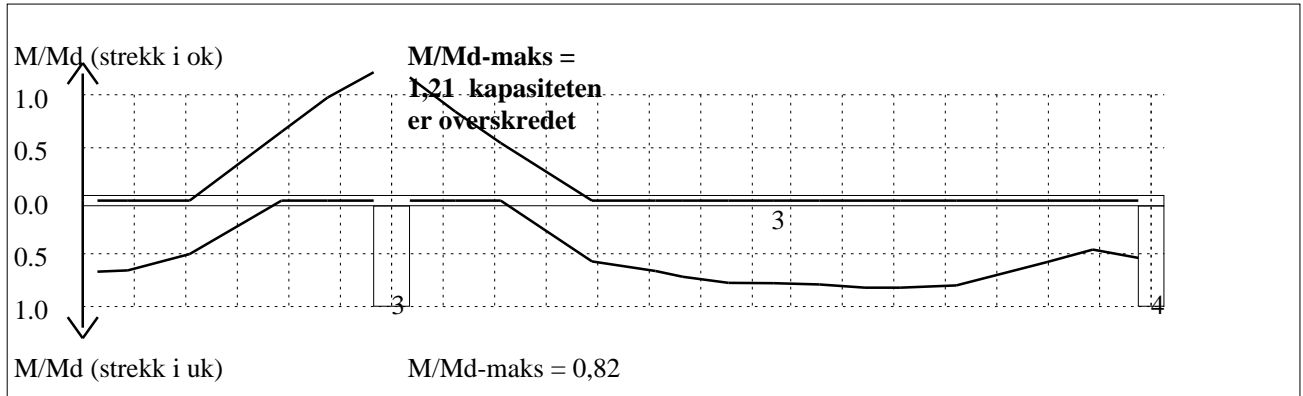


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



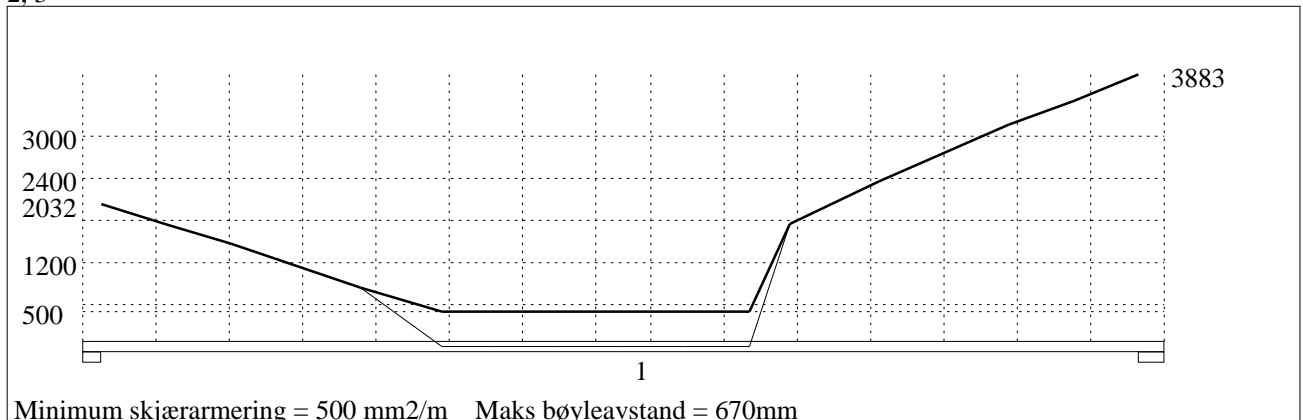
Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

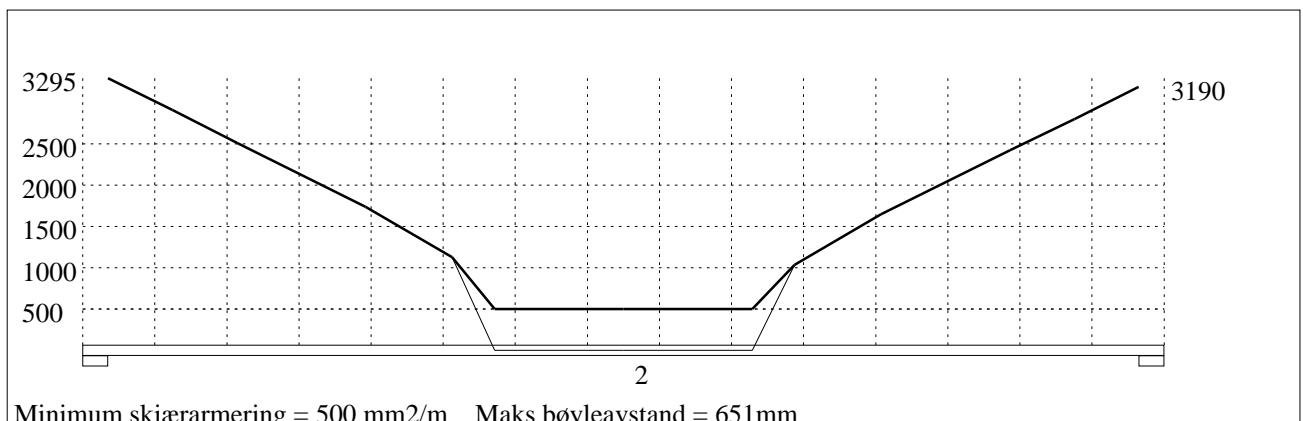


4.2 SKJÆRARMERING

Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3

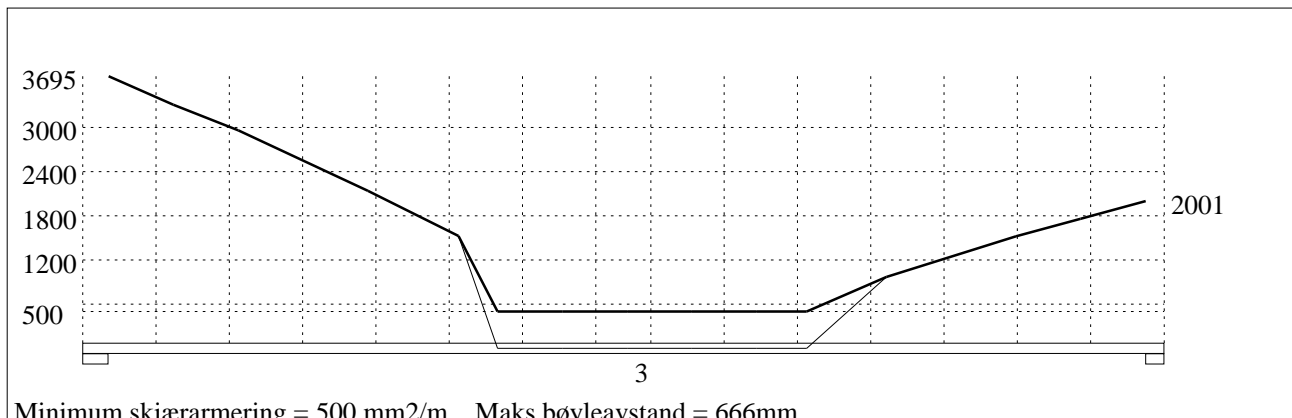


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 666mm

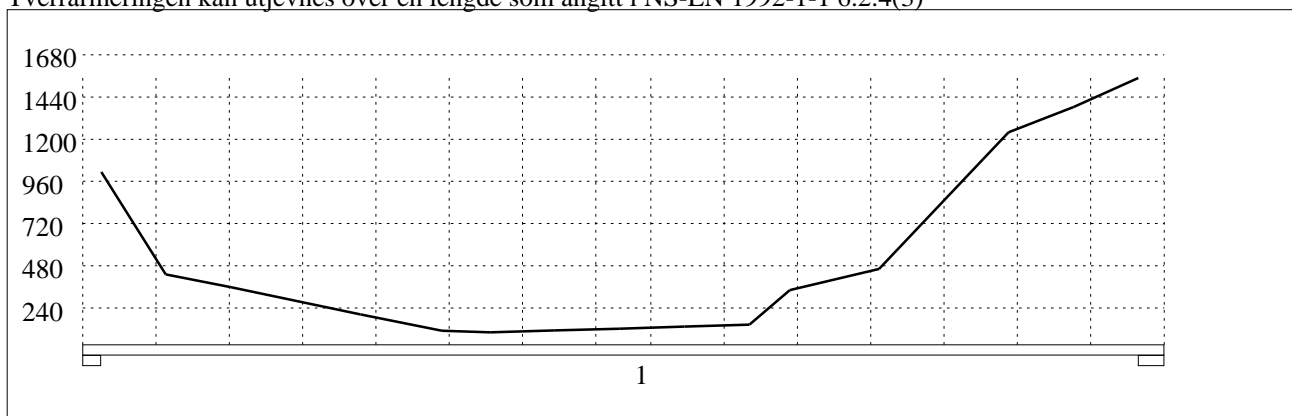
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

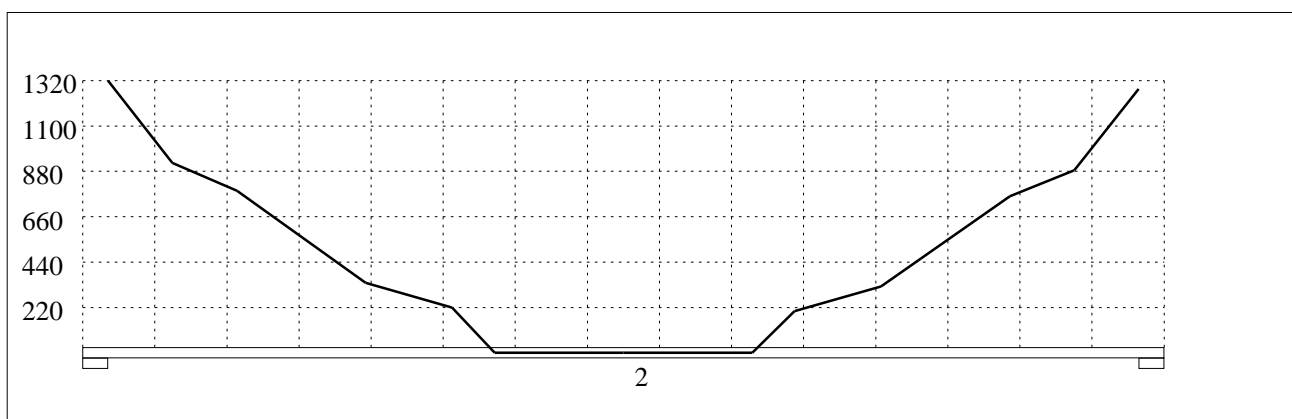
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tverrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

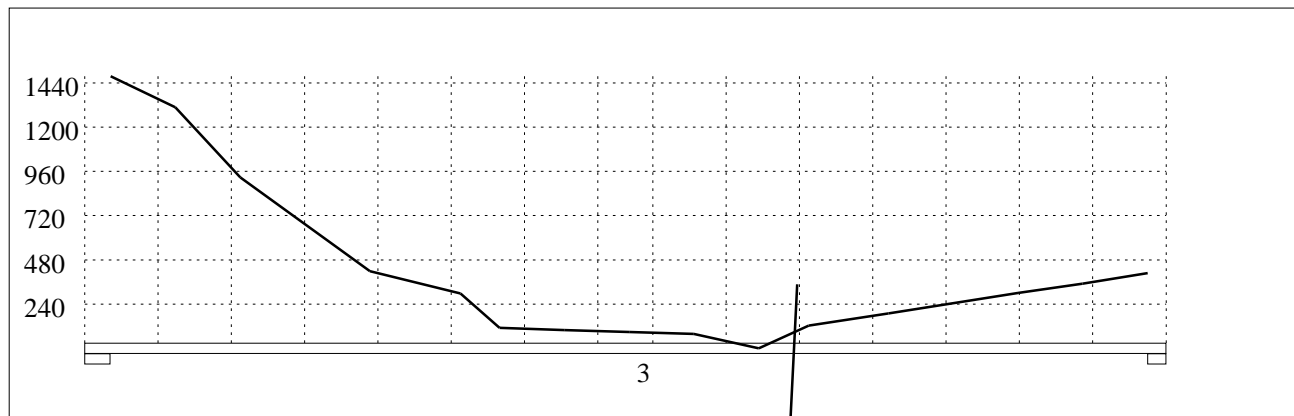


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



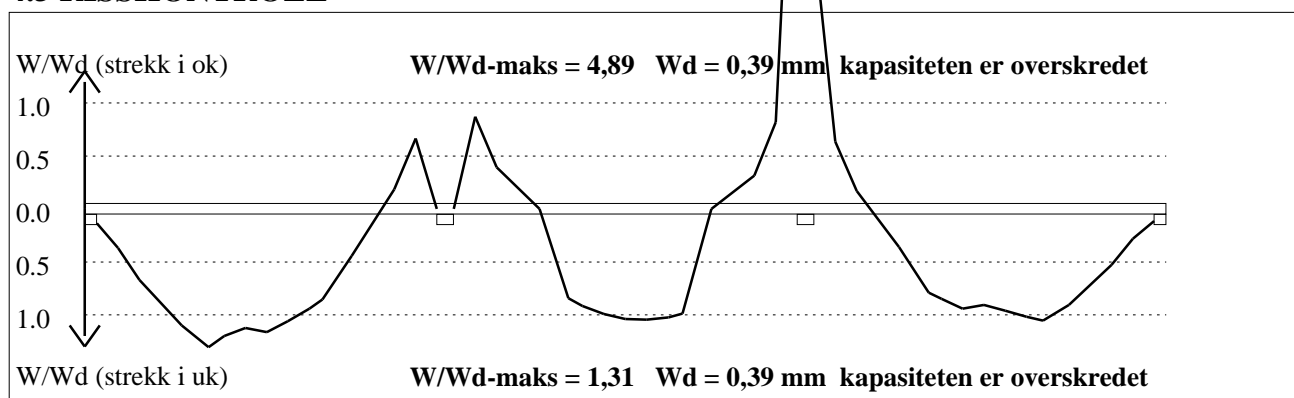
Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikallstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	28	44	44	44
2	12	19	19	19
3	24	37	37	37

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-978	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-2851	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-2740	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-785	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A18- Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-978	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-2851	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-2740	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-785	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A19 - Bj.C.307(nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten

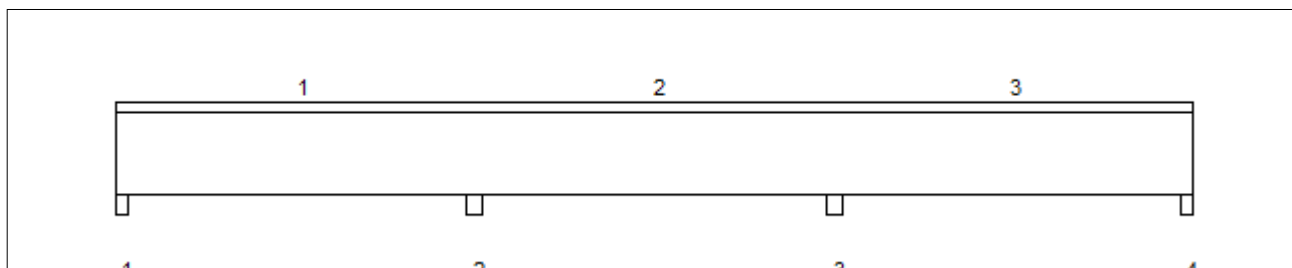
Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002

Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 1\Bj. C 307 før forsterkning\K-bjelke BJ.C307 nr 1 før forsterkning nyttelast V305.kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttearmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

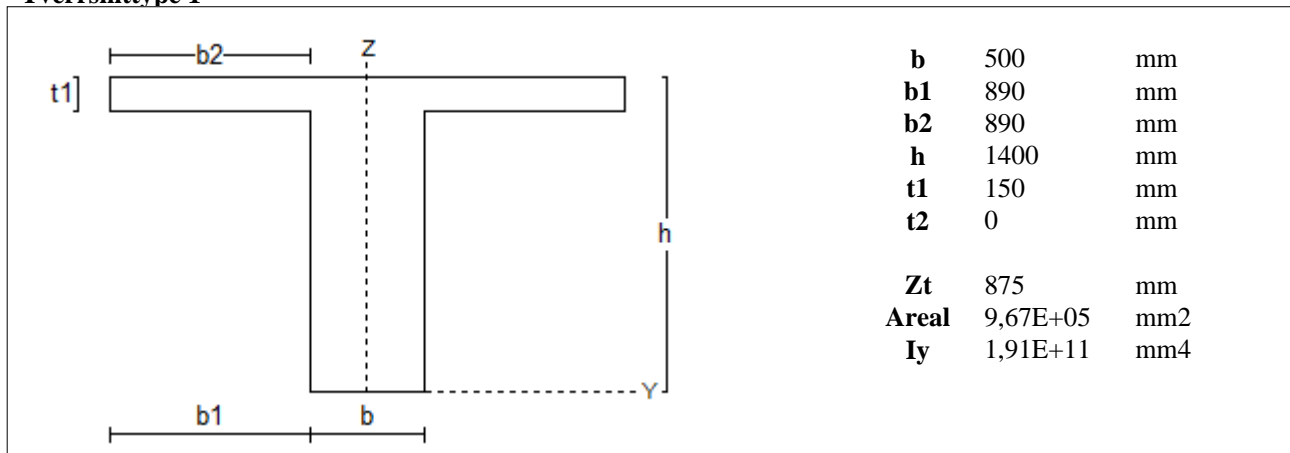


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A19 - Bj.C.307(nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

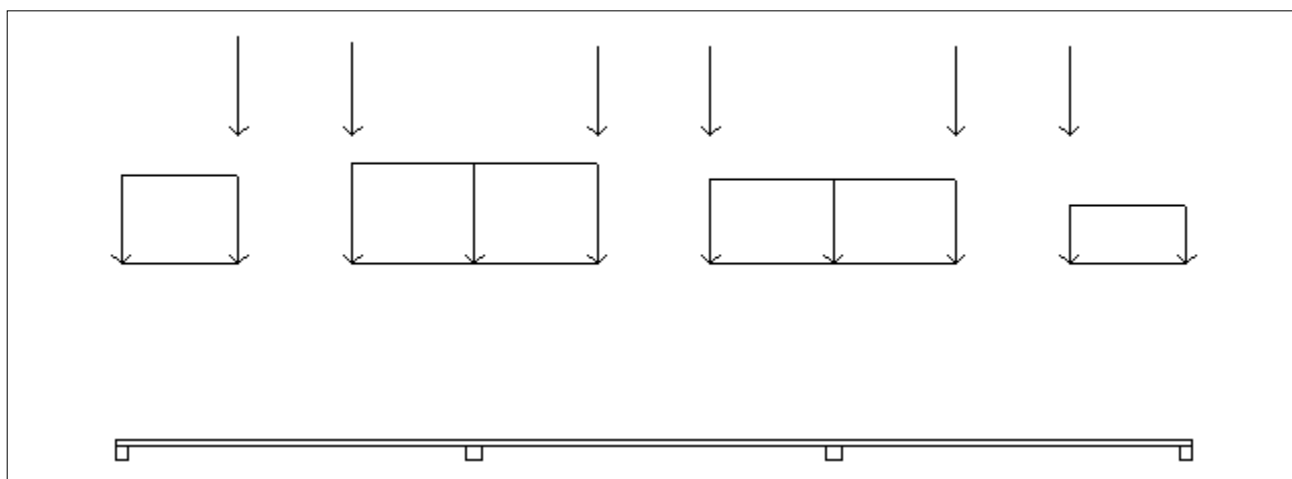
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Oppløgg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3		Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³			

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A19 - Bj.C.307(nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
374,48	0,00	4900	1
355,66	0,00	9650	1
336,84	0,00	5125	2
336,84	0,00	9875	2
336,84	0,00	5125	3
336,84	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
132,30	132,30	0,00	0,00	0	4900	1
151,86	151,86	0,00	0,00	9650	14750	1
151,86	151,86	0,00	0,00	0	5125	2
128,16	128,16	0,00	0,00	9875	15000	2
128,16	128,16	0,00	0,00	0	5125	3
88,35	88,35	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

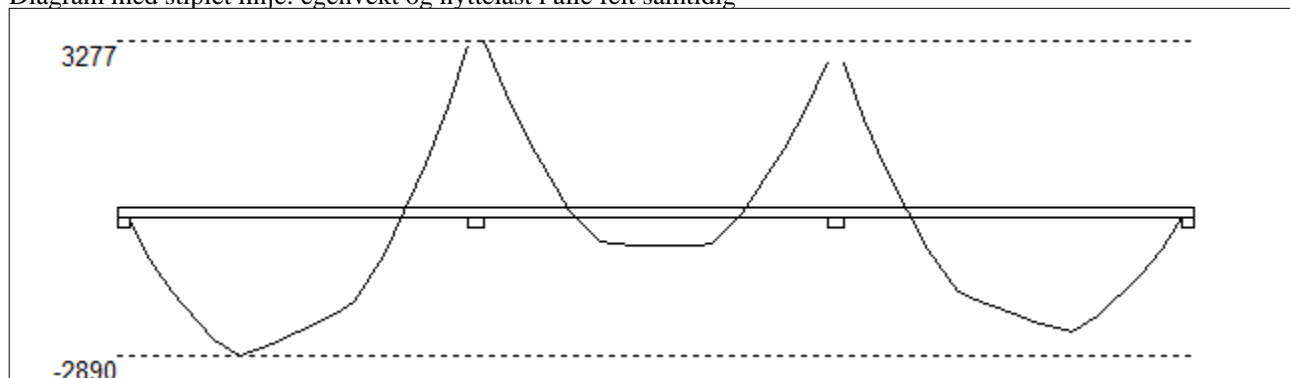
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	265			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,13
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00007
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplede linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Tittel Vedlegg A19 - Bj.C.307(nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-2890	-2890	-2890	-2890
2	-739	-739	-739	-739
3	-2424	-2424	-2424	-2424

Mg: permanent last Mp: variabel last

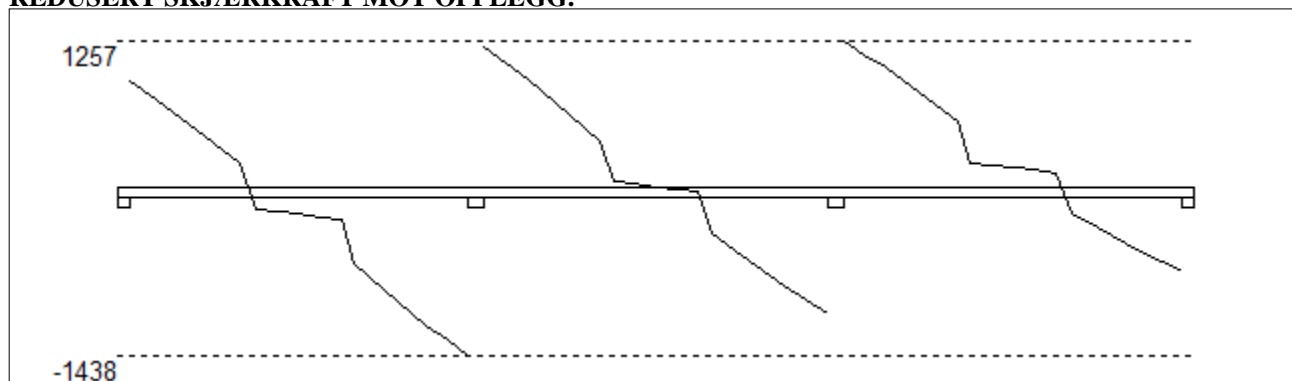
Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3277	3277	3277	3277
3	2887	2887	2887	2887
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			935	903
2	-1470	-1438	1238	1206
3	-1109	-1077	1288	1257
4	-744	-712		

Tittel Vedlegg A19 - Bj.C.307(nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

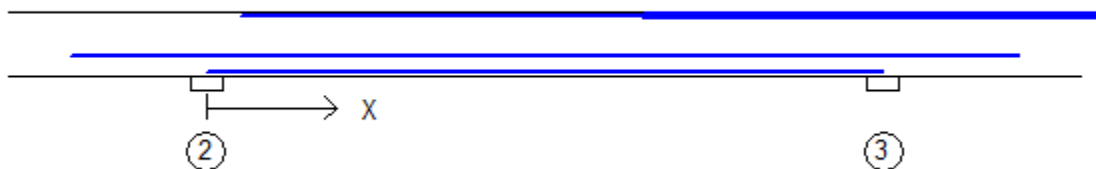


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



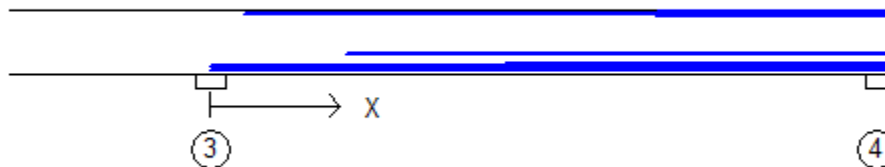
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A19 - Bj.C.307(nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

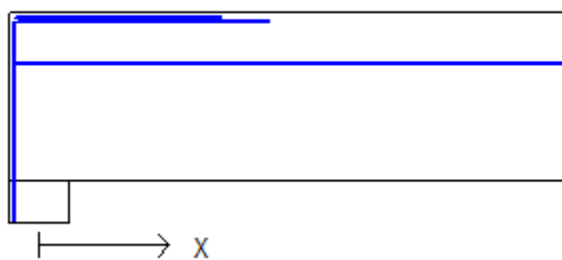
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

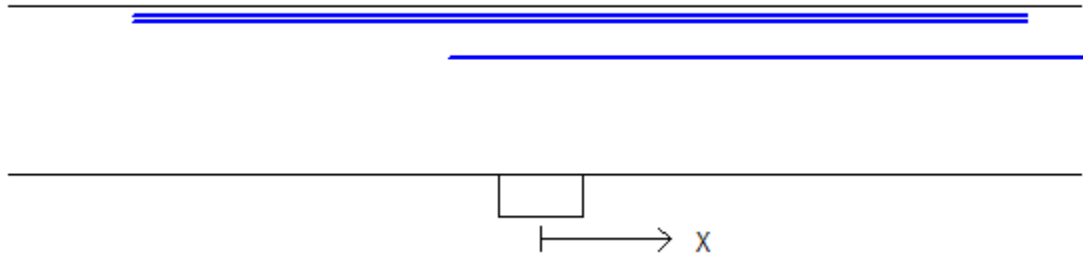
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A19 - Bj.C.307(nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

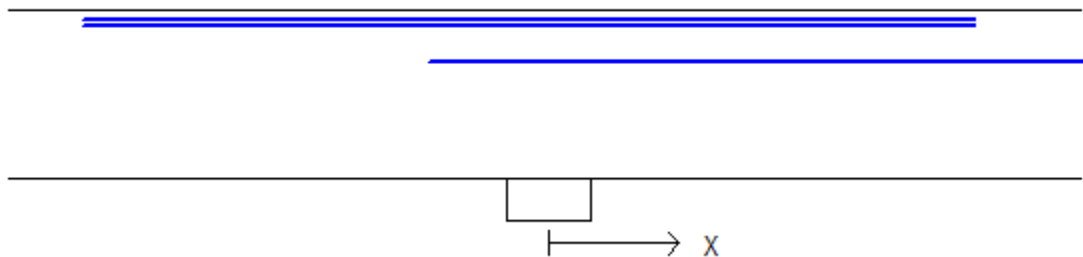
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

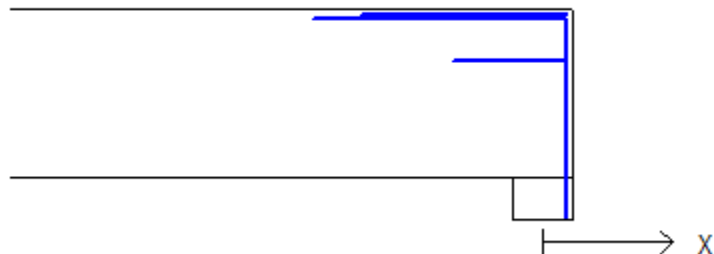
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A19 - Bj.C.307(nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

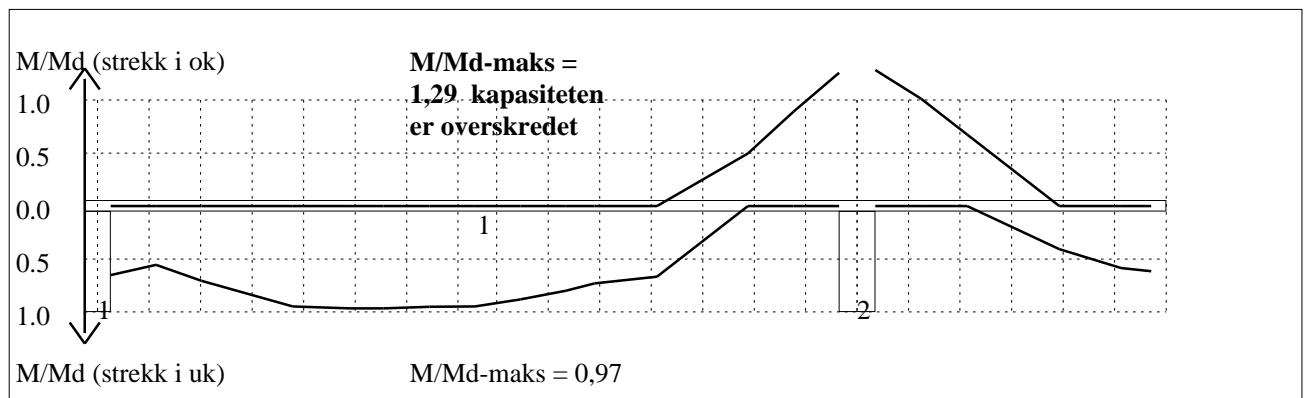
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 4
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

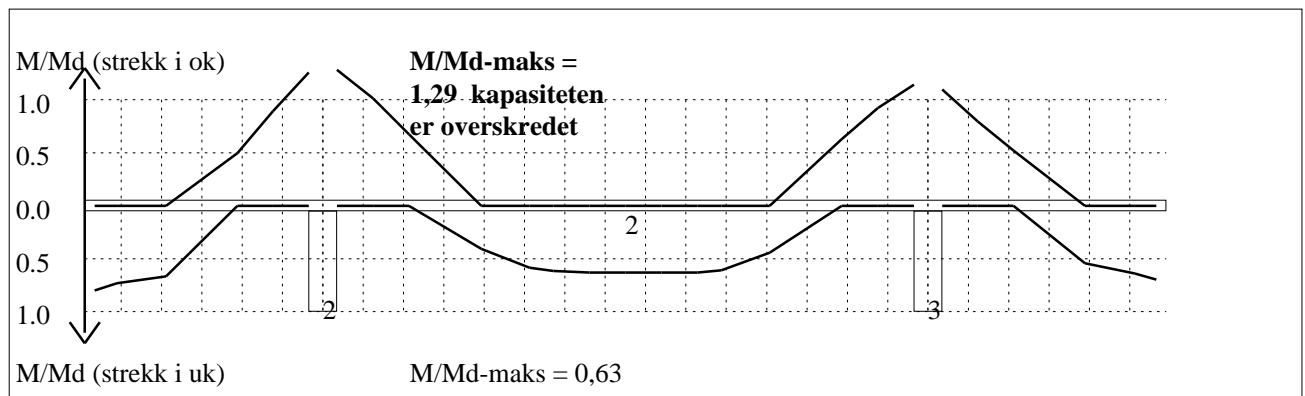
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

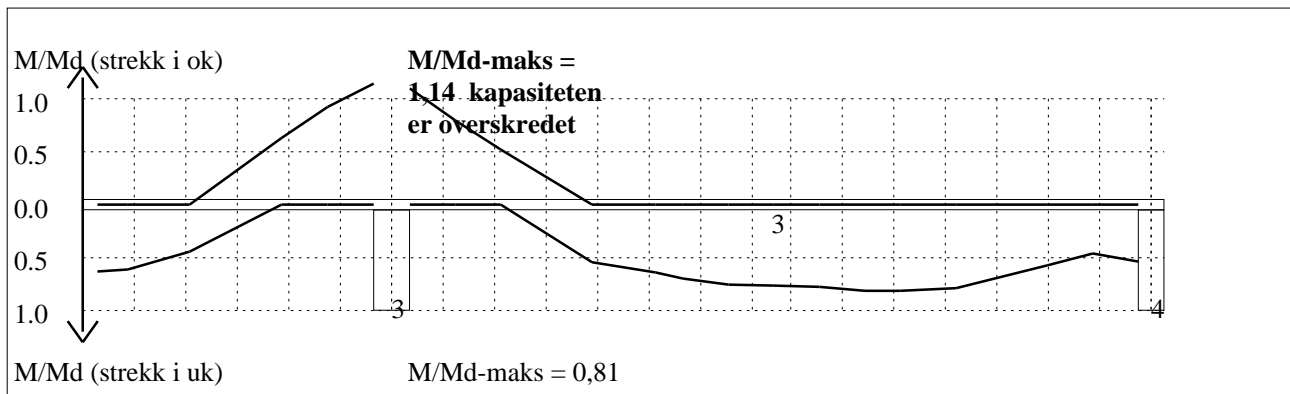


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

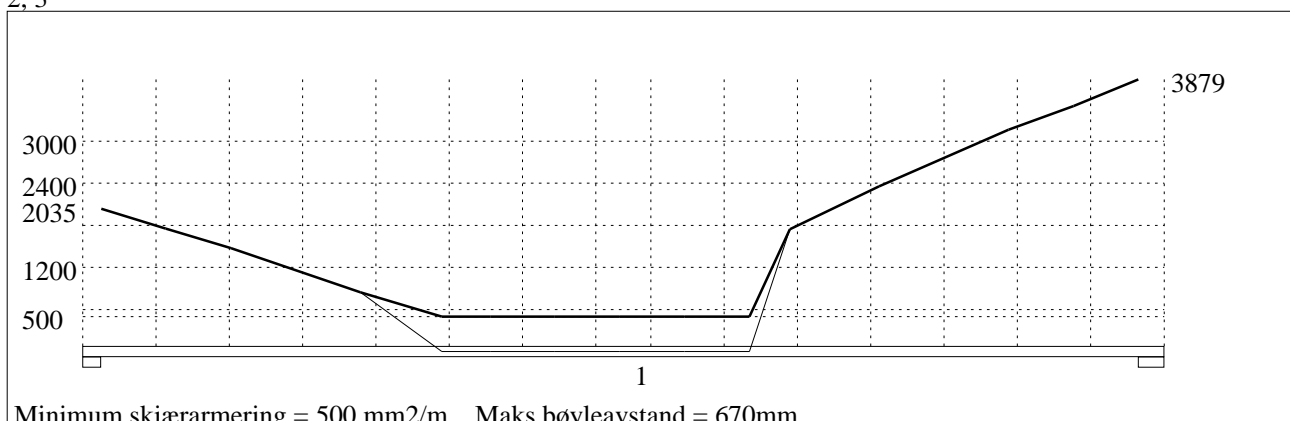
Tittel Vedlegg A19 - Bj.C.307(nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

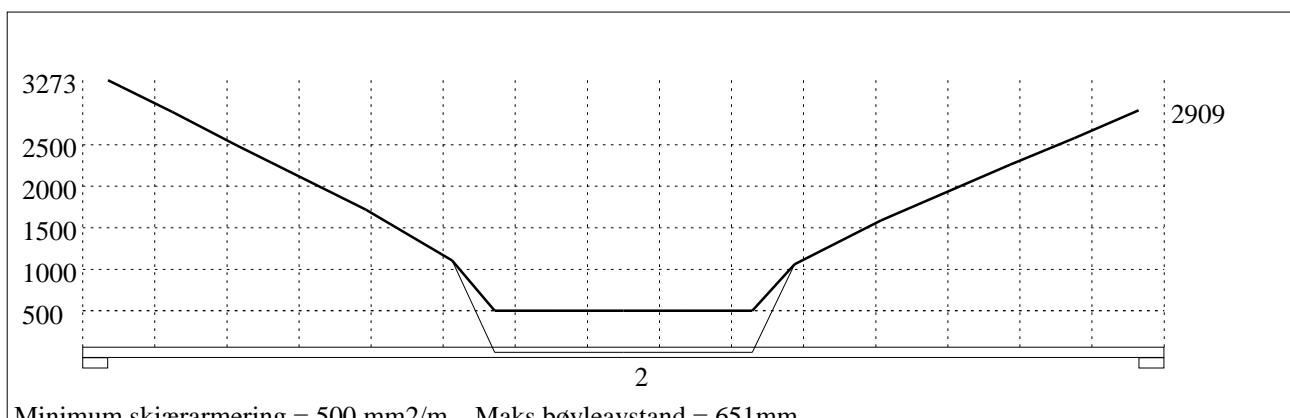
4.2 SKJÆRARMERING

Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 670mm

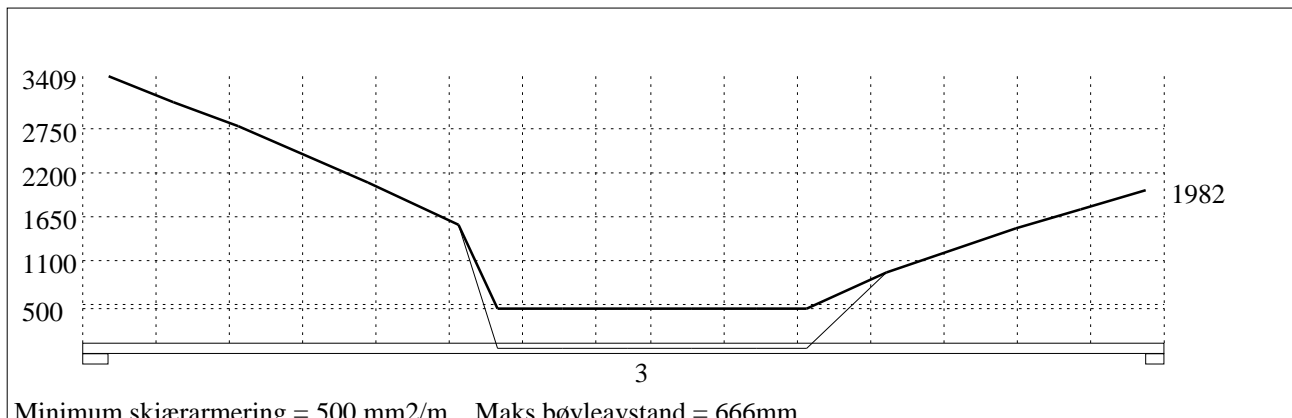
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 651mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A19 - Bj.C.307(nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 666mm

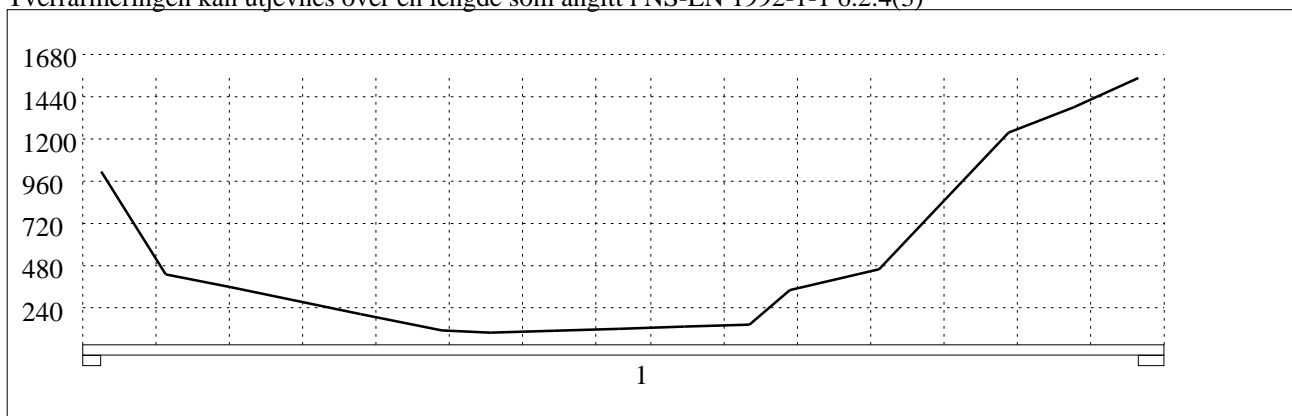
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

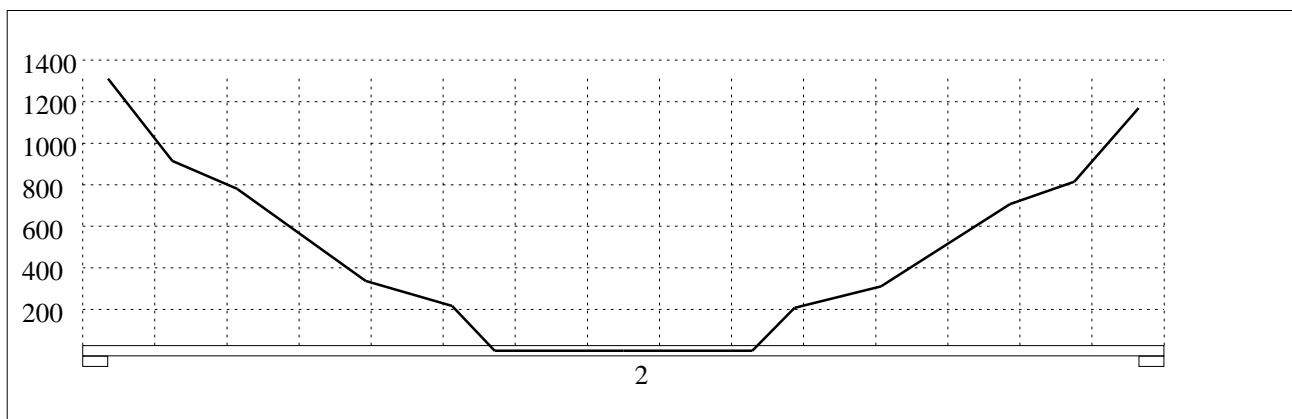
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tverrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A19 - Bj.C.307(nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-979	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-2841	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-2513	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-778	0,00	0	0,00	0	0,00		

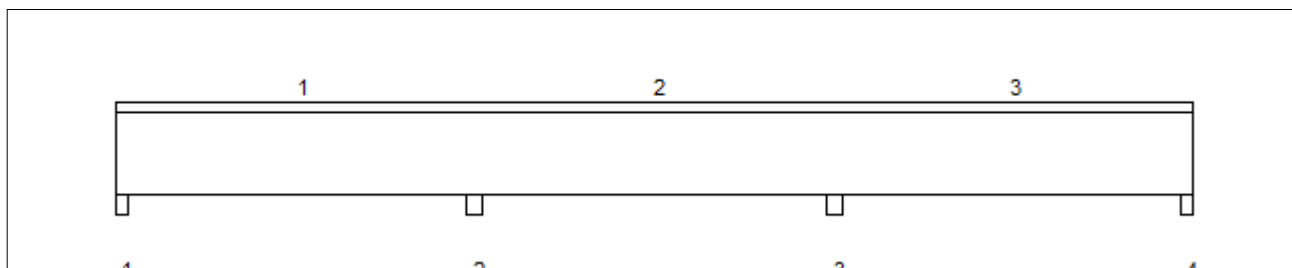
Tittel Vedlegg A20 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002
 Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 1\Bj. C 307 før
 forsterkning\K-bjelke BJ.C307 nr 1 før forsterkning nyttelast H305.kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttestarmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

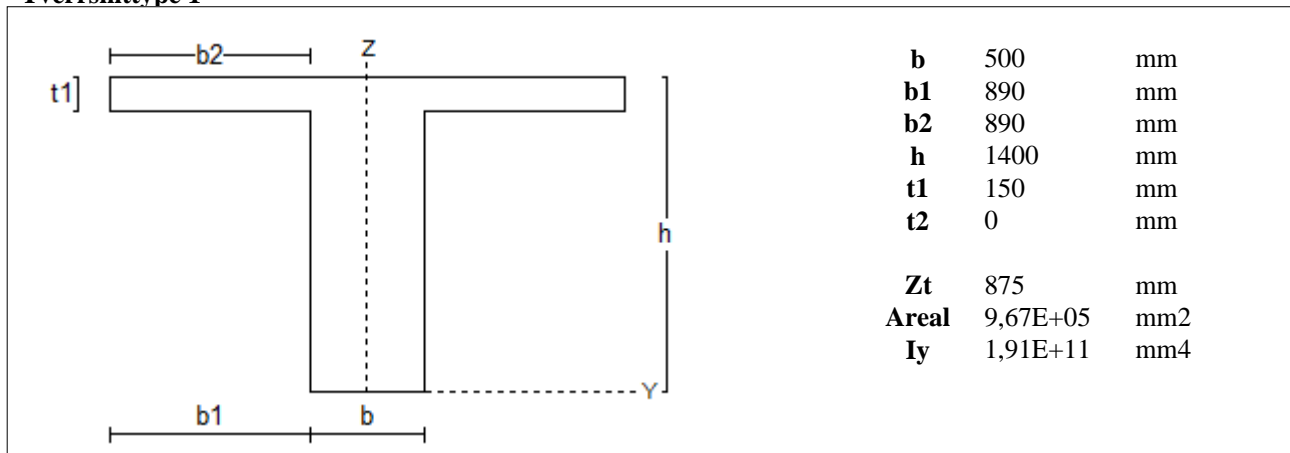


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A20 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

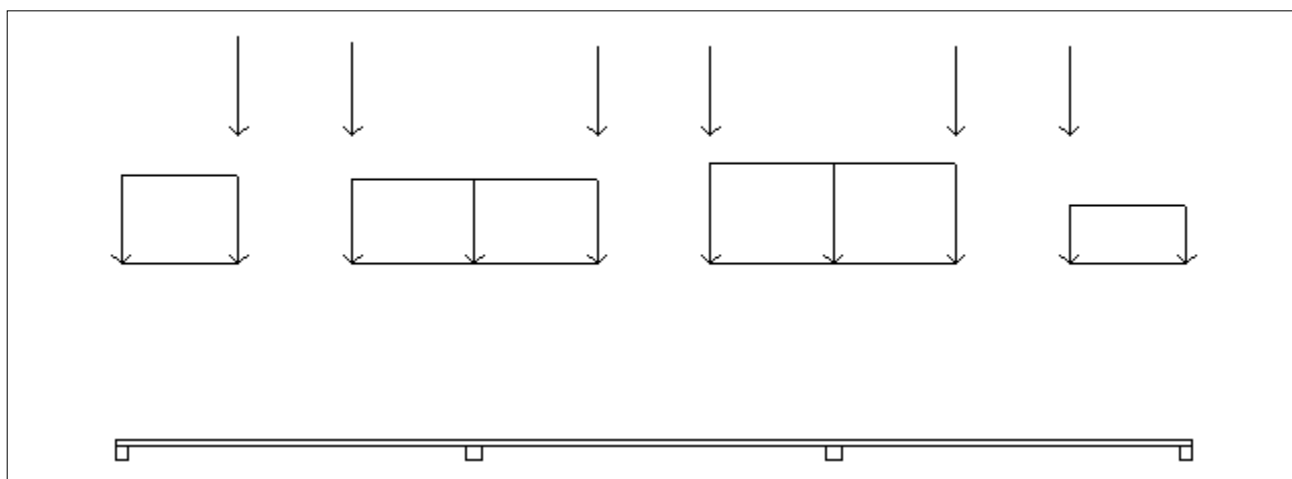
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLEGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3		Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³			

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A20 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
374,48	0,00	4900	1
355,66	0,00	9650	1
336,84	0,00	5125	2
336,84	0,00	9875	2
336,84	0,00	5125	3
336,84	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
132,30	132,30	0,00	0,00	0	4900	1
128,16	128,16	0,00	0,00	9650	14750	1
128,16	128,16	0,00	0,00	0	5125	2
151,86	151,86	0,00	0,00	9875	15000	2
151,86	151,86	0,00	0,00	0	5125	3
88,35	88,35	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

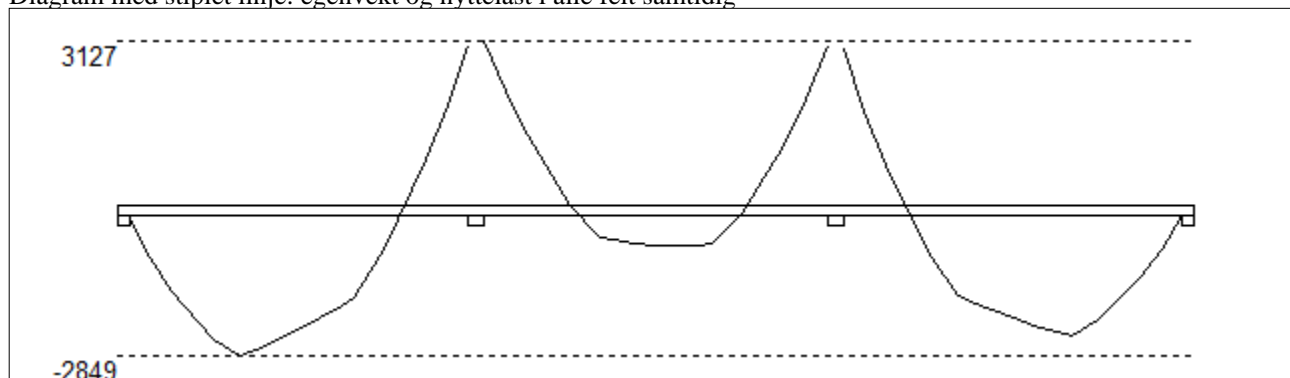
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	265			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,13
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00007
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplede linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Tittel Vedlegg A20 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-2849	-2849	-2849	-2849
2	-751	-751	-751	-751
3	-2465	-2465	-2465	-2465

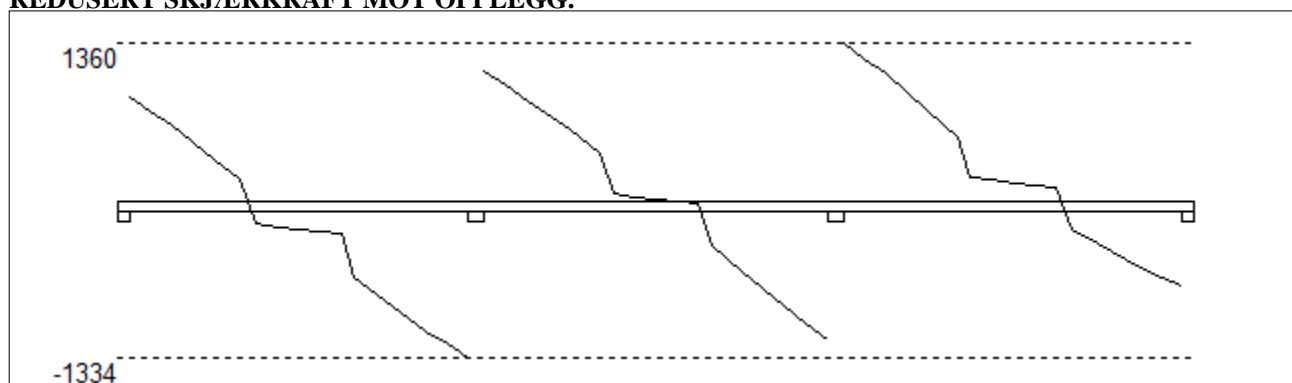
Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3127	3127	3127	3127
3	3038	3038	3038	3038
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.


Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			927	895
2	-1366	-1334	1142	1111
3	-1204	-1173	1392	1360
4	-753	-721		

Tittel Vedlegg A20 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

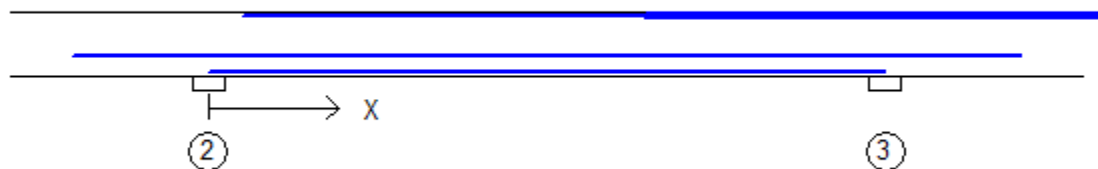


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



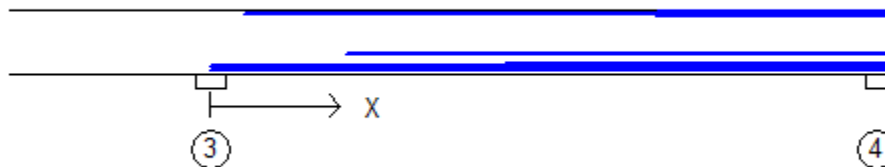
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A20 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

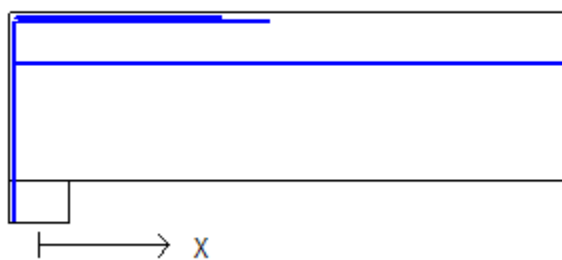
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

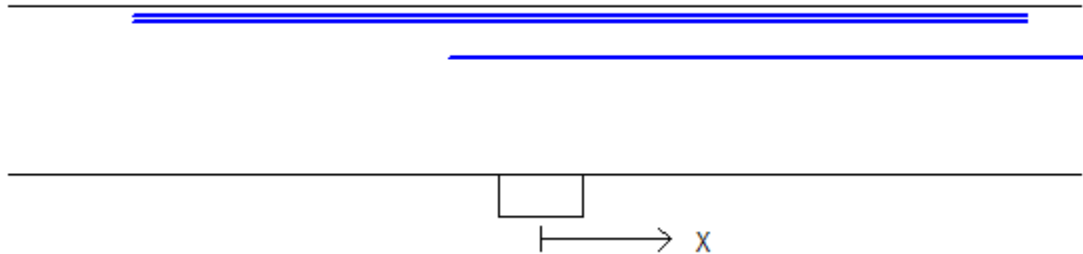
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A20 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

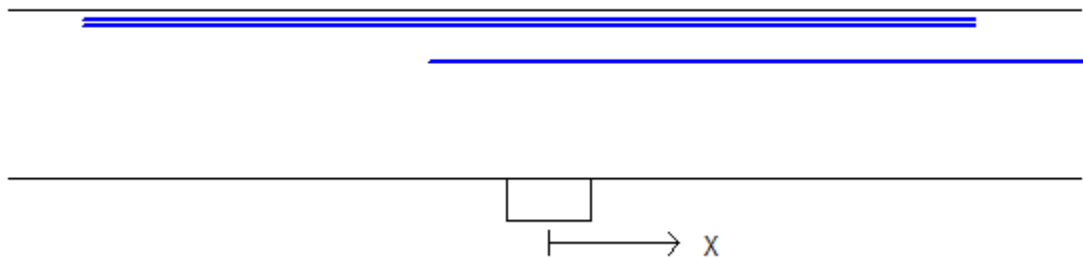
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A20 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

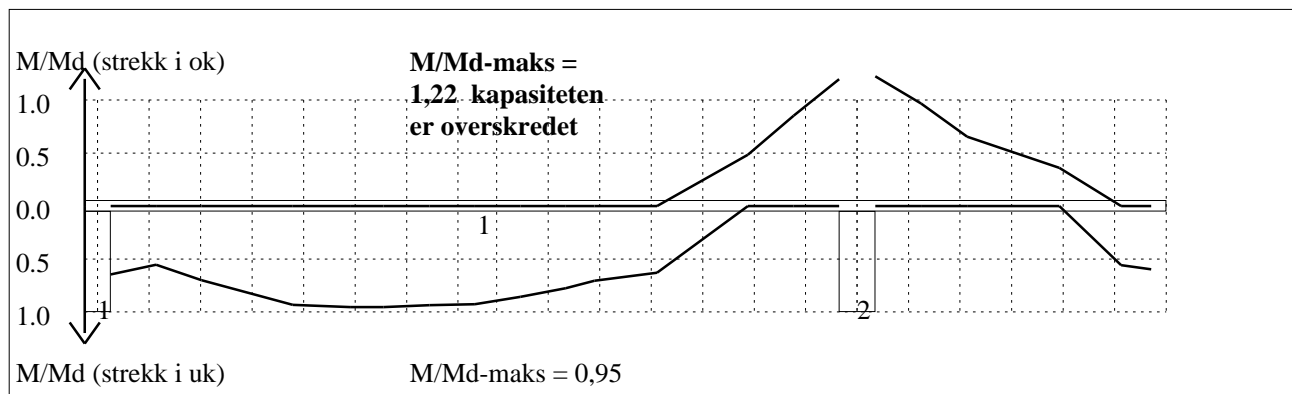
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 4
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

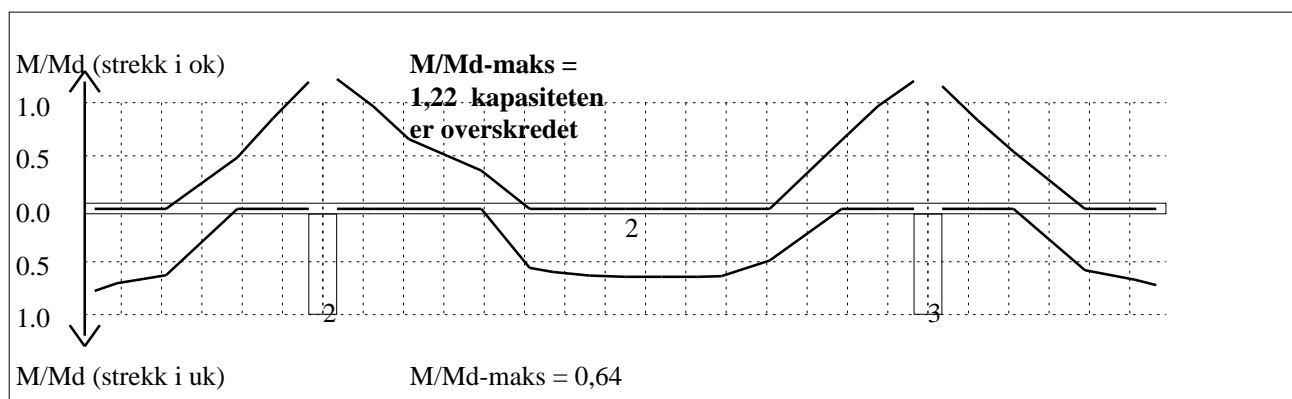
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

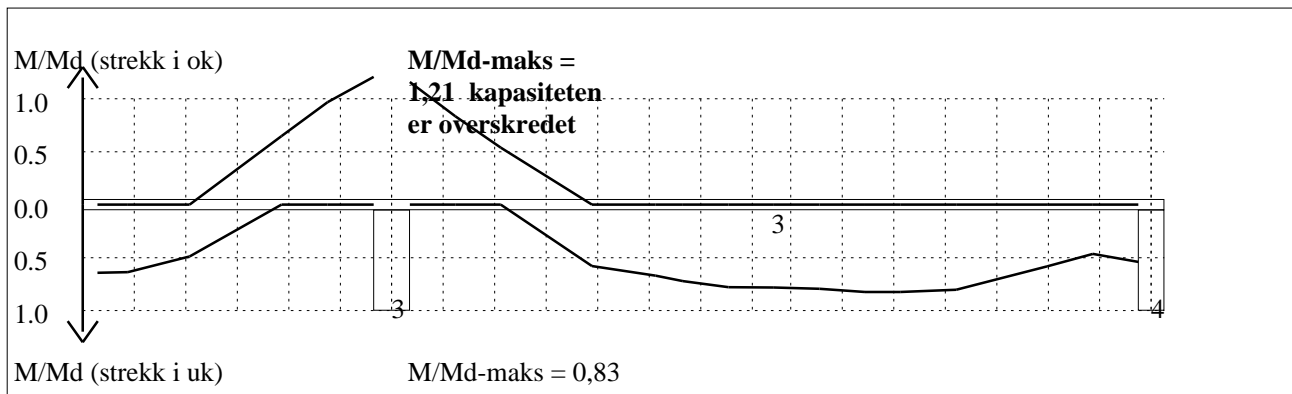


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

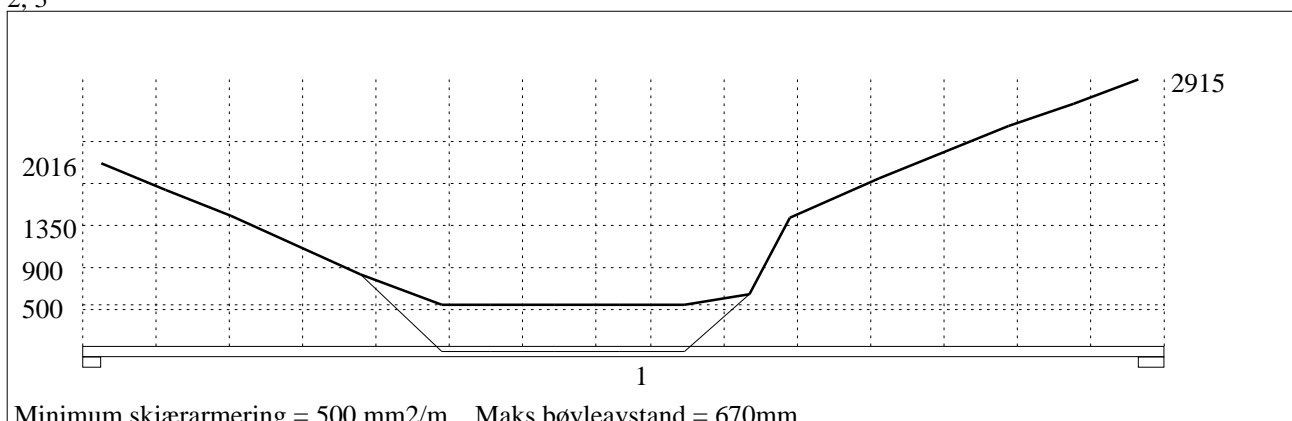
Tittel Vedlegg A20 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

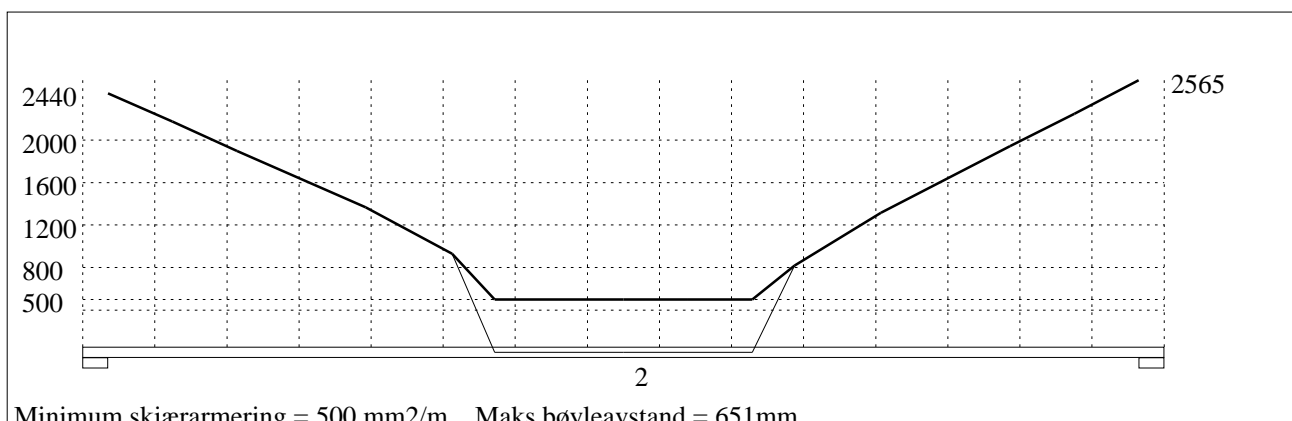
4.2 SKJÆRARMERING

Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 670mm

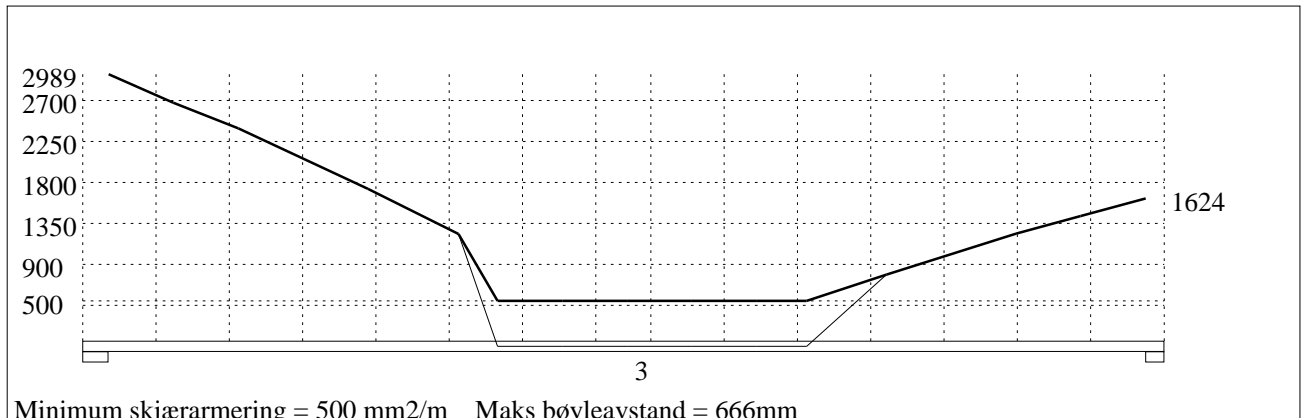
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 651mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A20 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



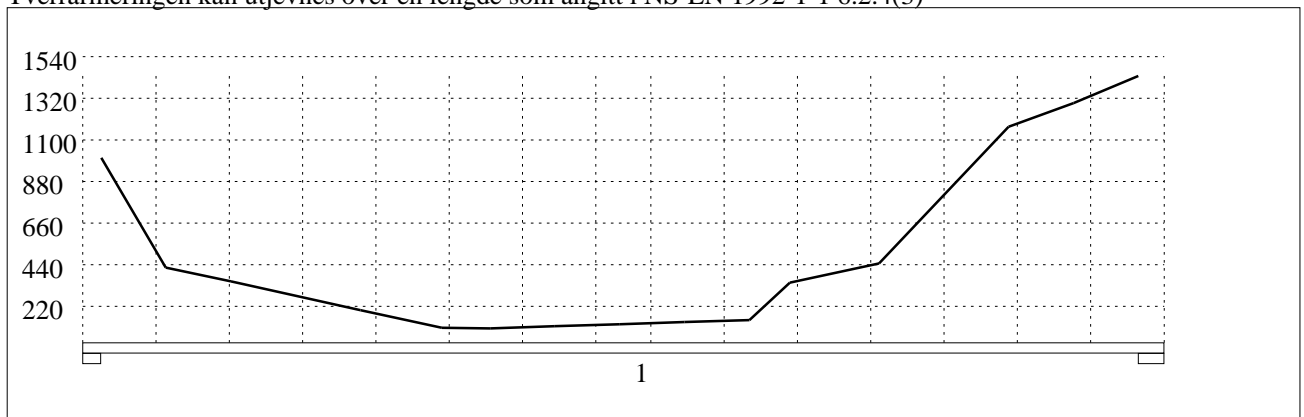
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

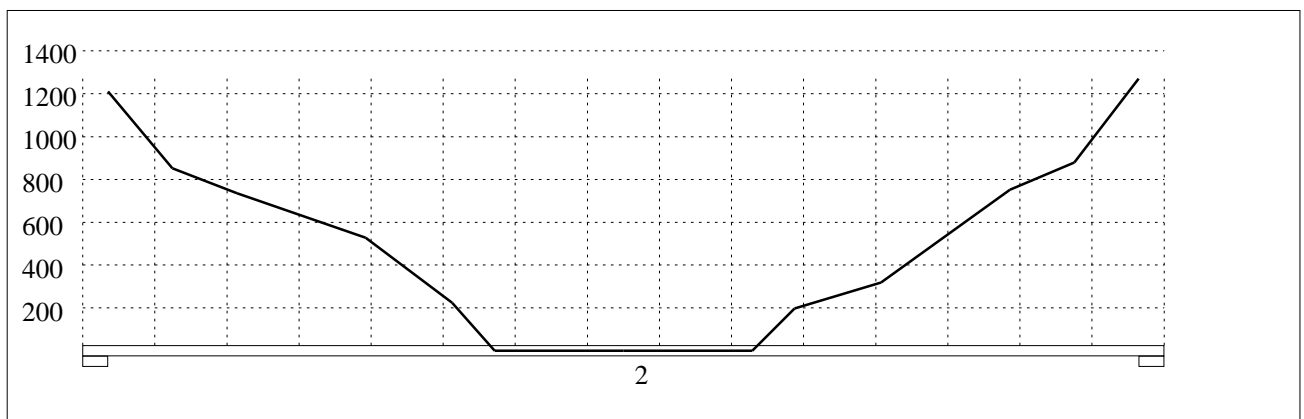
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tvrrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A20 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt					
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)				
1	-971	0,00	0	0,00			0	0,00				
2	-2624	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
3	-2730	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
4	-786	0,00	0	0,00	0	0,00						

Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten

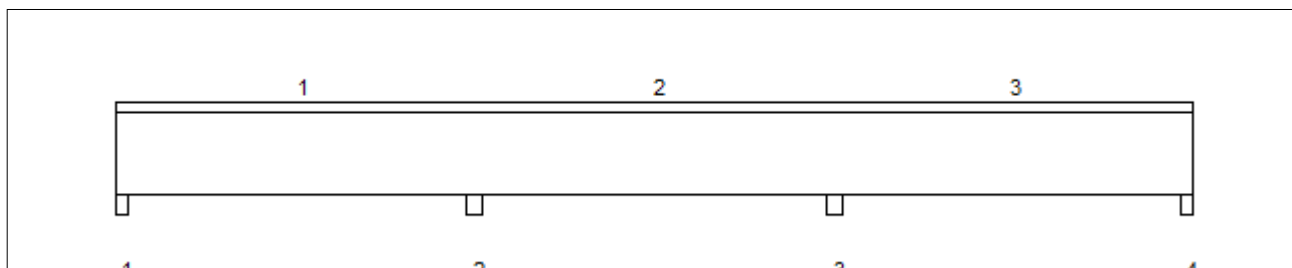
Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002

Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 2\Bj.C 307 nr 2 før forsterkning\K-bjelke BJ.C307 nr 2 før forsterkning.kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttestarmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

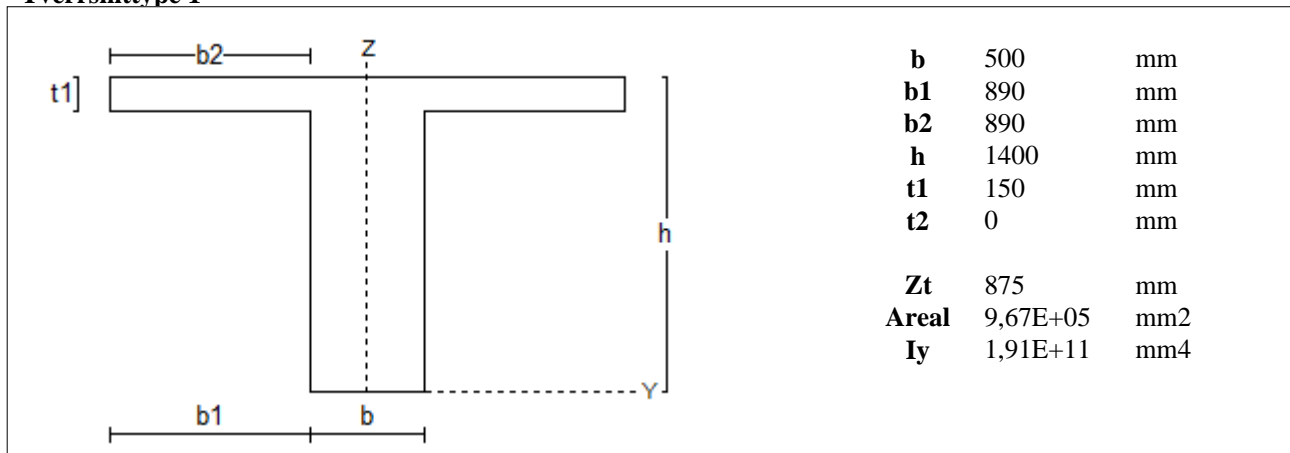


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

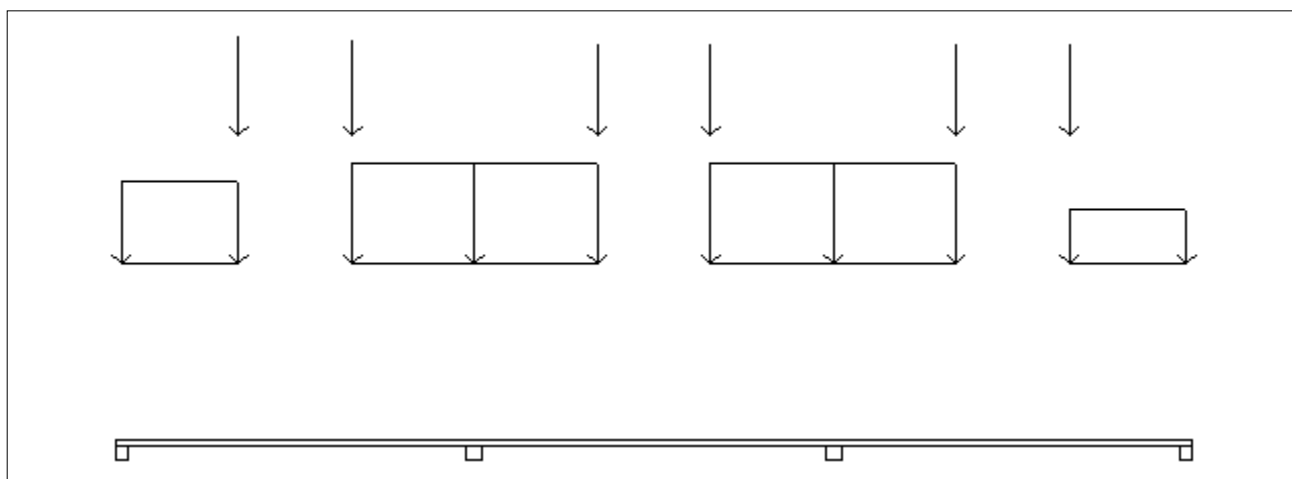
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Oppløgg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,00	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
424,44	0,00	4900	1
405,62	0,00	9650	1
386,80	0,00	5125	2
386,80	0,00	9875	2
386,80	0,00	5125	3
386,80	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
148,50	148,50	0,00	0,00	0	4900	1
180,87	180,87	0,00	0,00	9650	14750	1
180,87	180,87	0,00	0,00	0	5125	2
180,87	180,87	0,00	0,00	9875	15000	2
180,87	180,87	0,00	0,00	0	5125	3
99,33	99,33	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

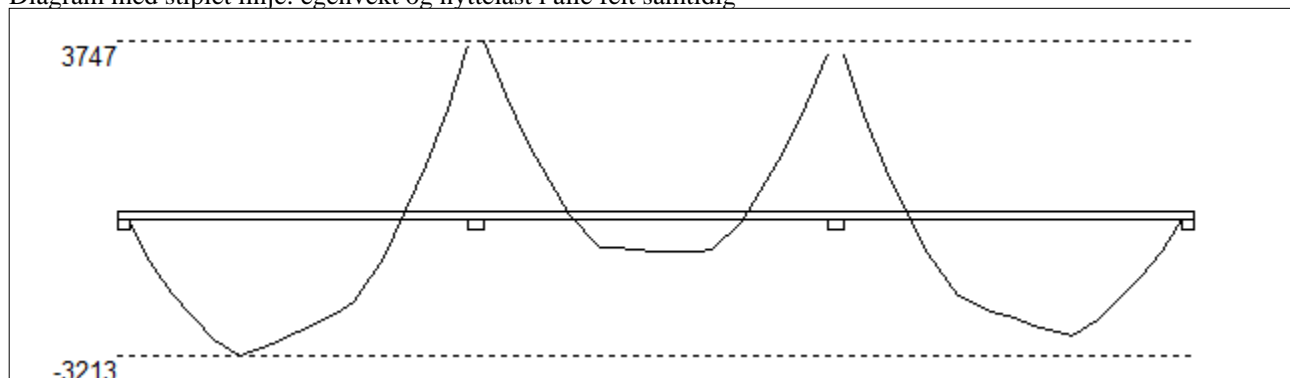
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	265			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,13
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00007
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplede linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-3213	-3213	-3213	-3213
2	-913	-913	-913	-913
3	-2753	-2753	-2753	-2753

Mg: permanent last Mp: variabel last

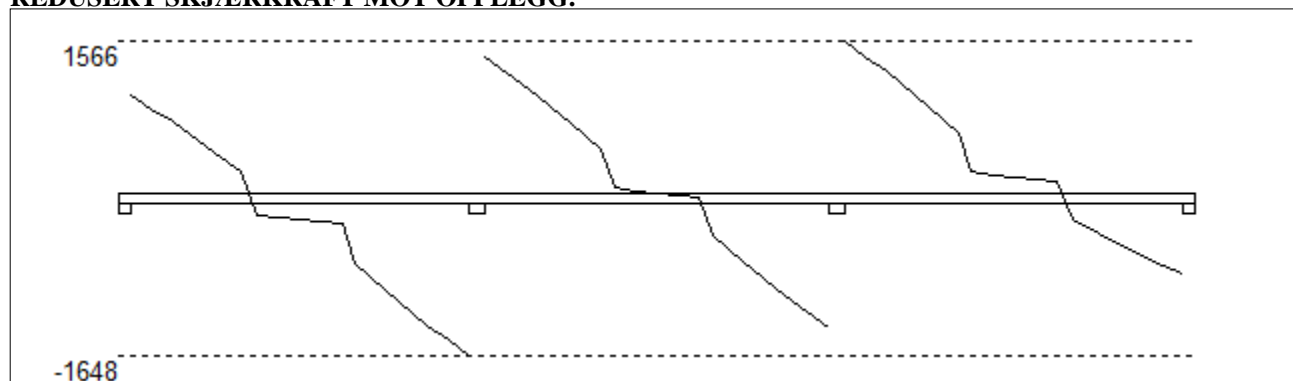
Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3747	3747	3747	3747
3	3490	3490	3490	3490
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			1037	1005
2	-1680	-1648	1435	1403
3	-1399	-1367	1597	1566
4	-836	-804		

Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

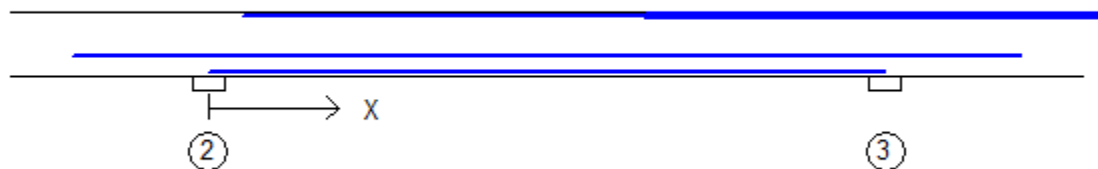


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



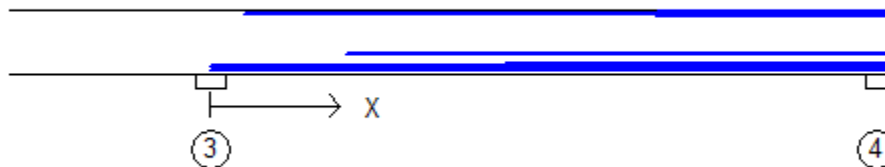
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

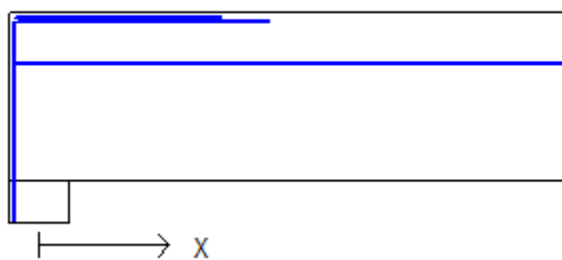
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

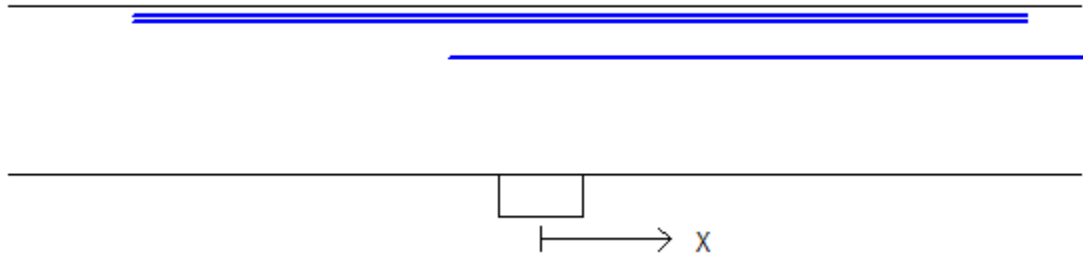
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

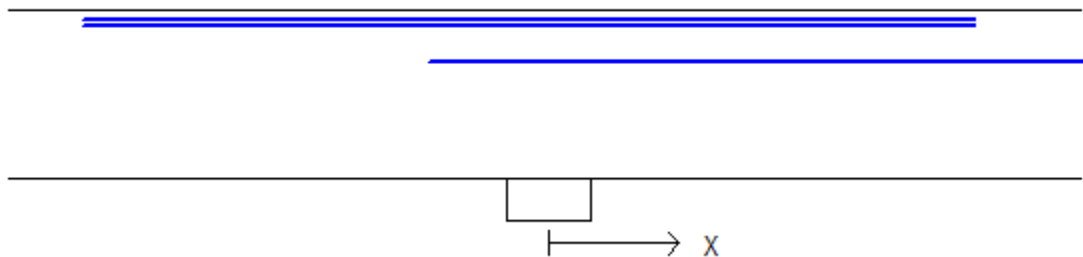
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

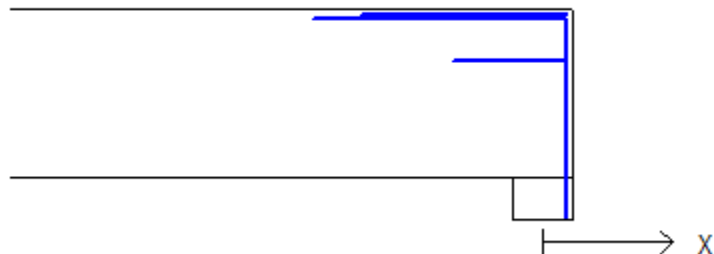
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

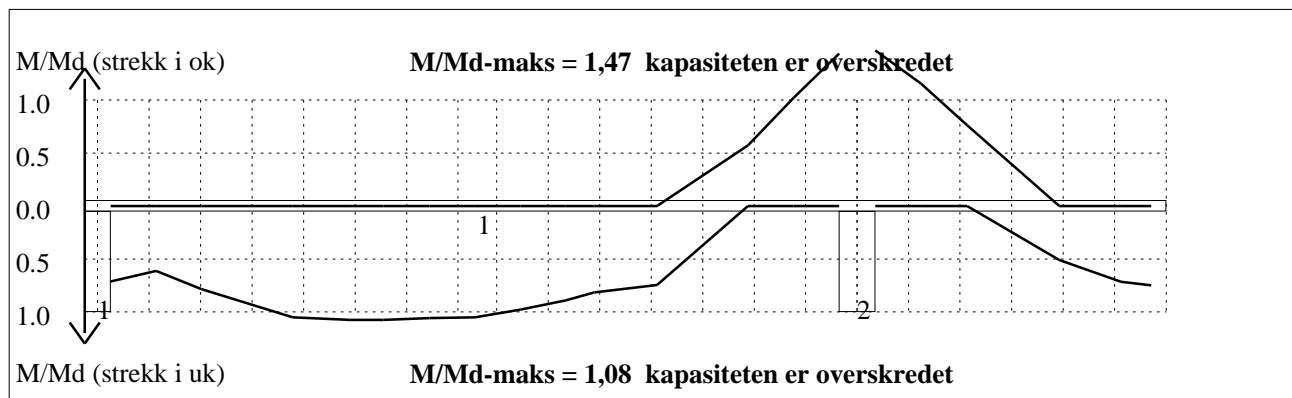
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 4
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

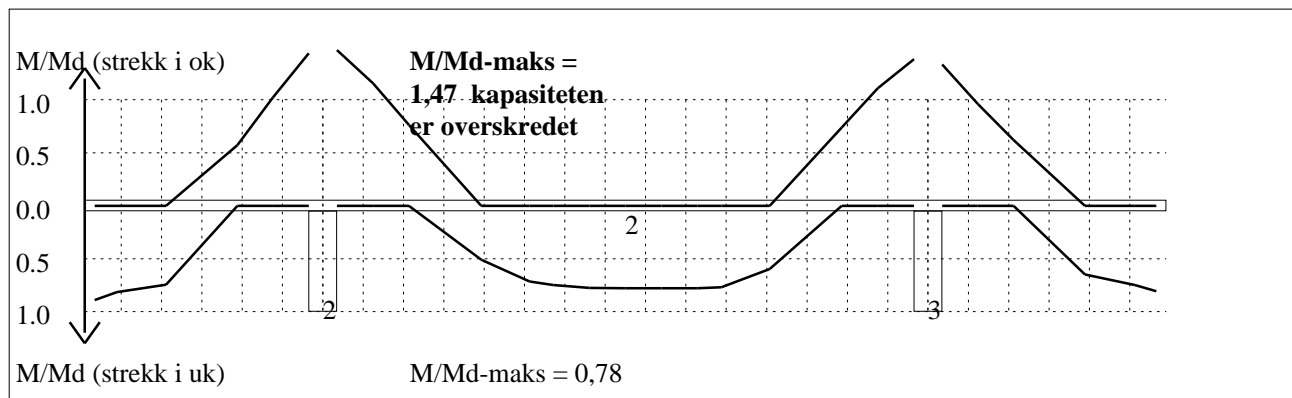
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

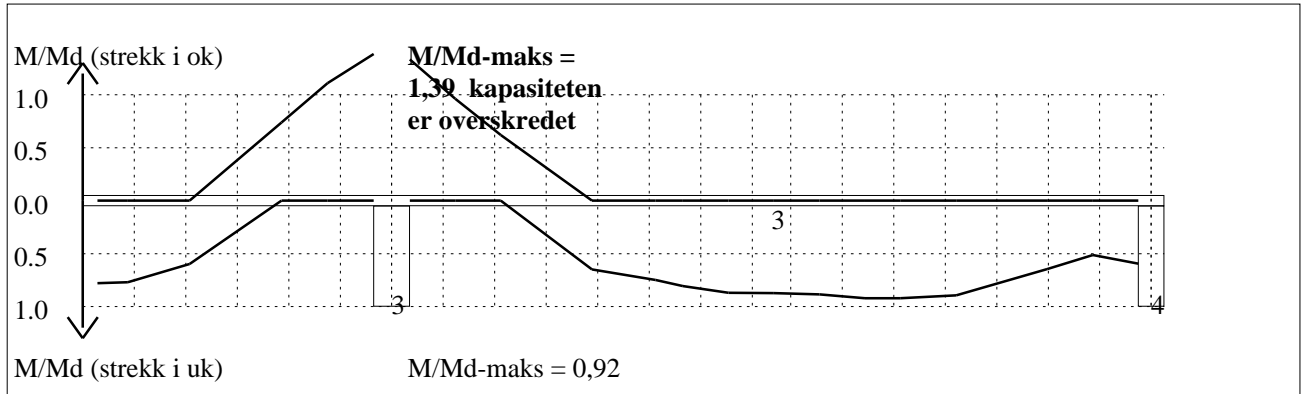


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

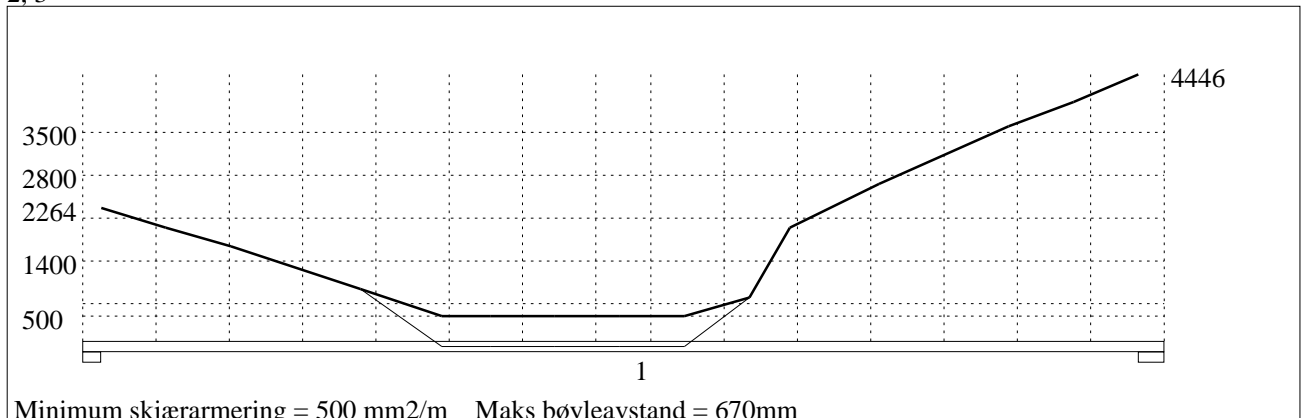
Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2 SKJÆRARMERING

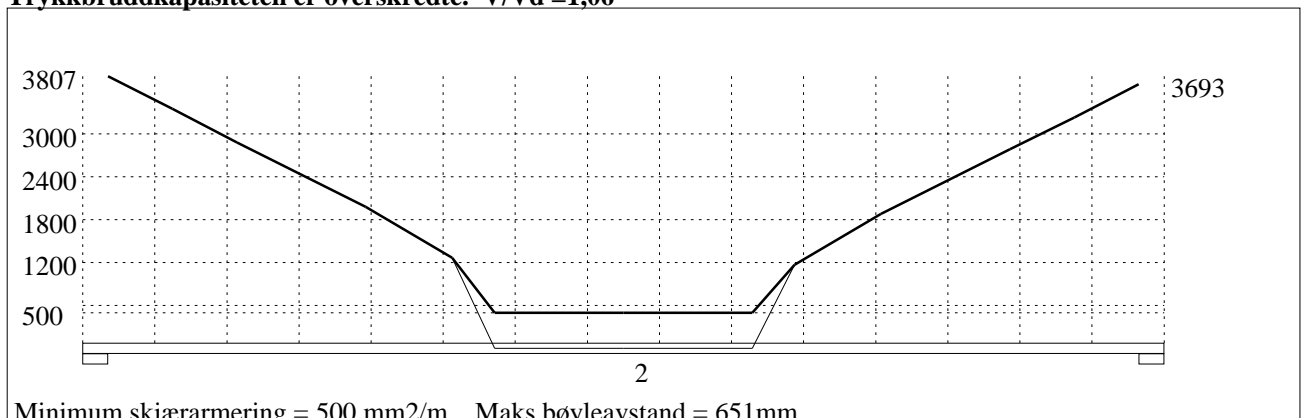
Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 670mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

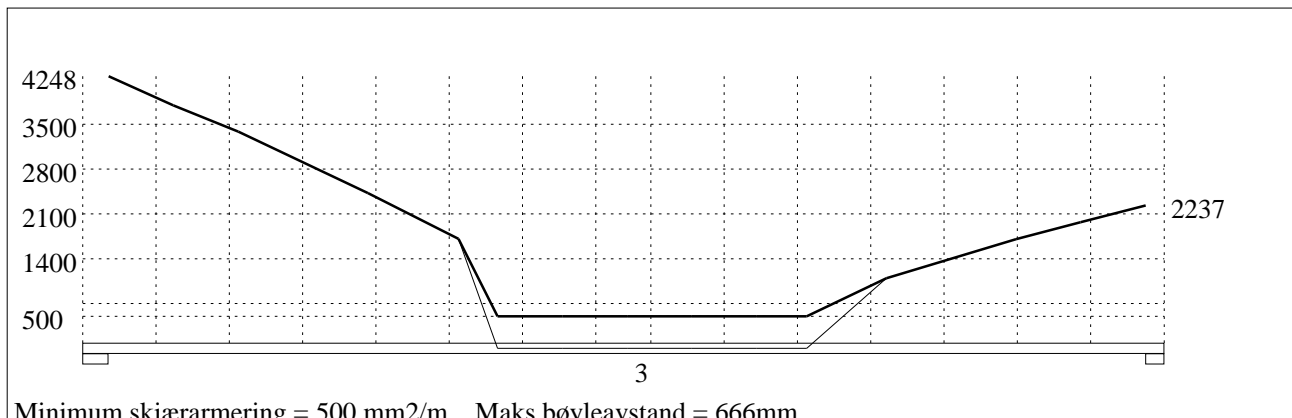
Trykkbruddkapasiteten er overskredte. V/Vd = 1,06



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 651mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 666mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

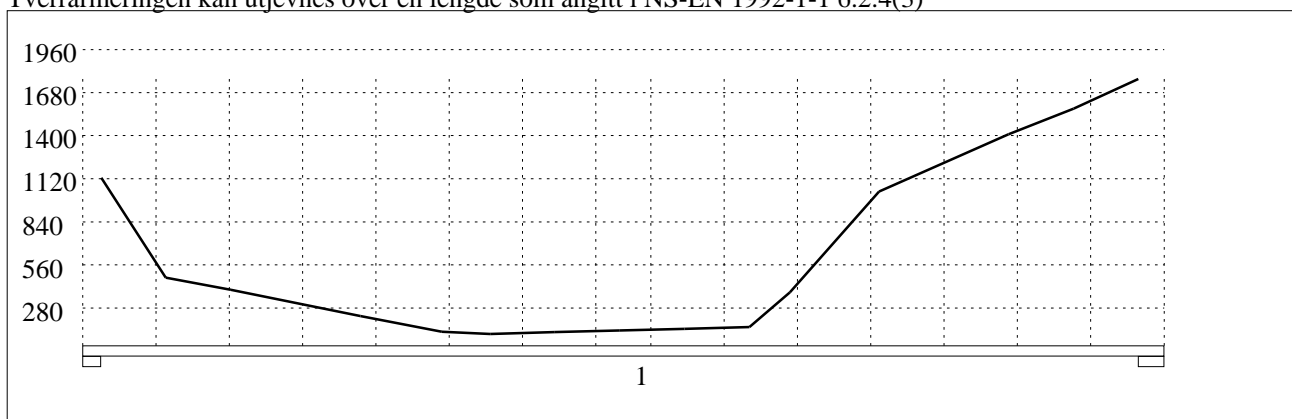
Trykkbruddkapasiteten er overskredte. $V/V_d = 1,02$

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

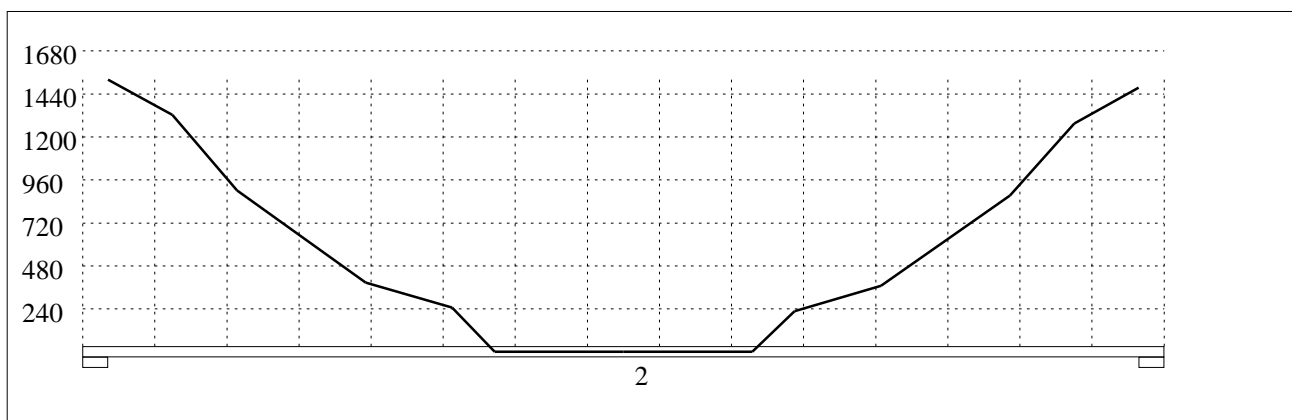
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tverrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

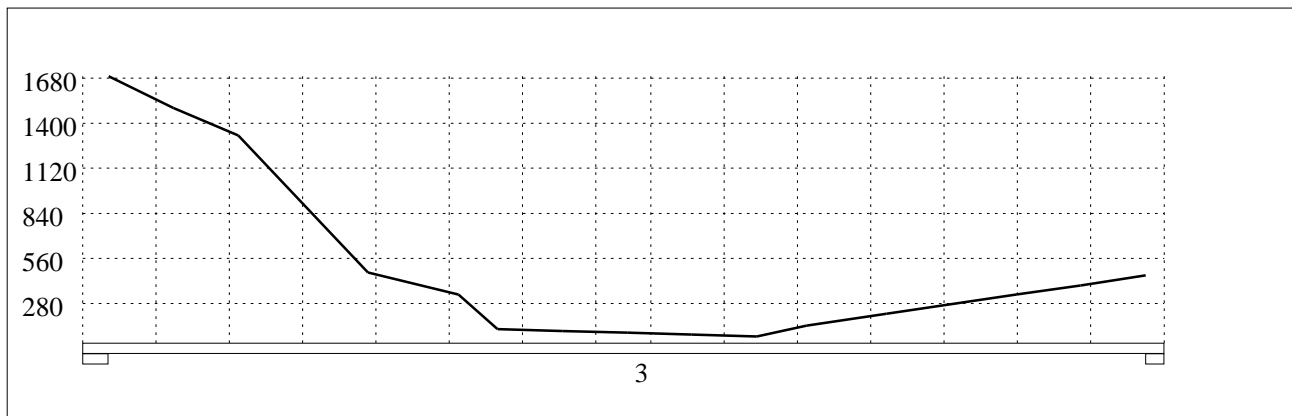


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



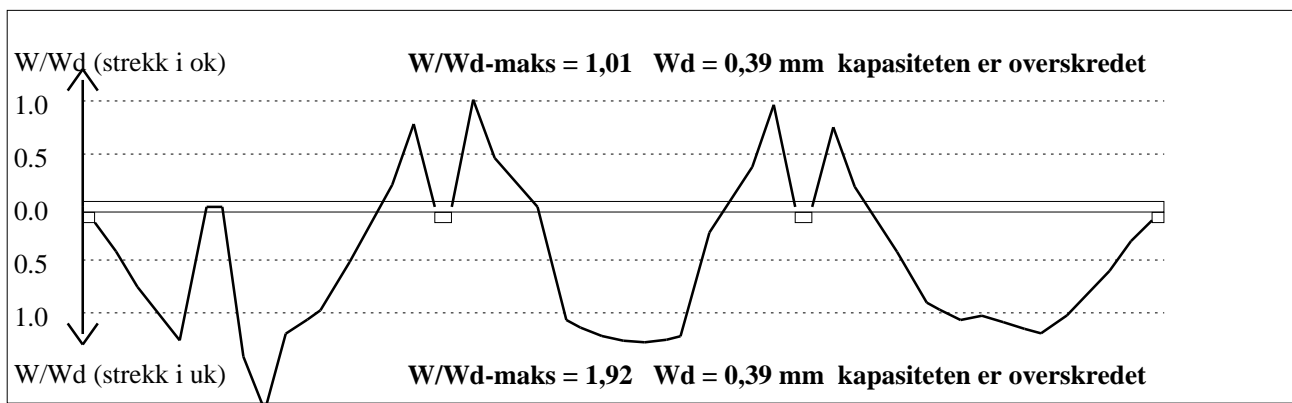
Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	26	49	49	49
2	15	22	22	22
3	27	41	41	41

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt					
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)				
1	-1085	0,00	0	0,00			0	0,00				
2	-3271	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
3	-3152	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
4	-872	0,00	0	0,00	0	0,00						

Tittel Vedlegg A21 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-1085	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-3271	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-3152	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-872	0,00	0	0,00	0	0,00		

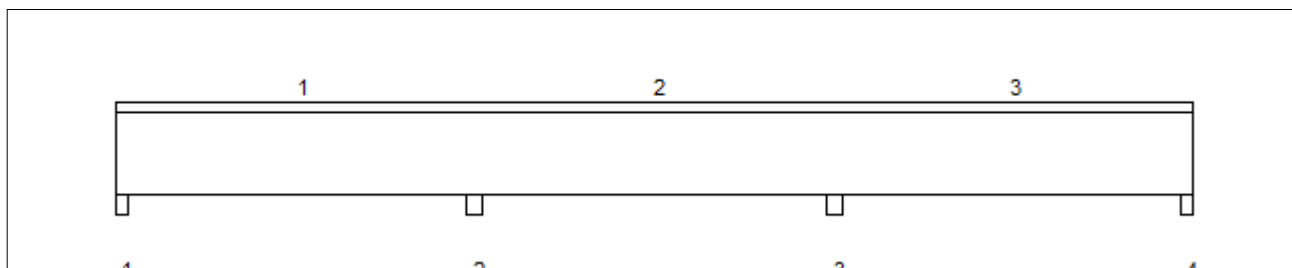
Tittel Vedlegg A22 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i venstre felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002
 Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 2\Bj.C 307 nr 2 før forsterkning\K-bjelke BJ.C307 nr 2 før forsterkning nyttelast V305.kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttearmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

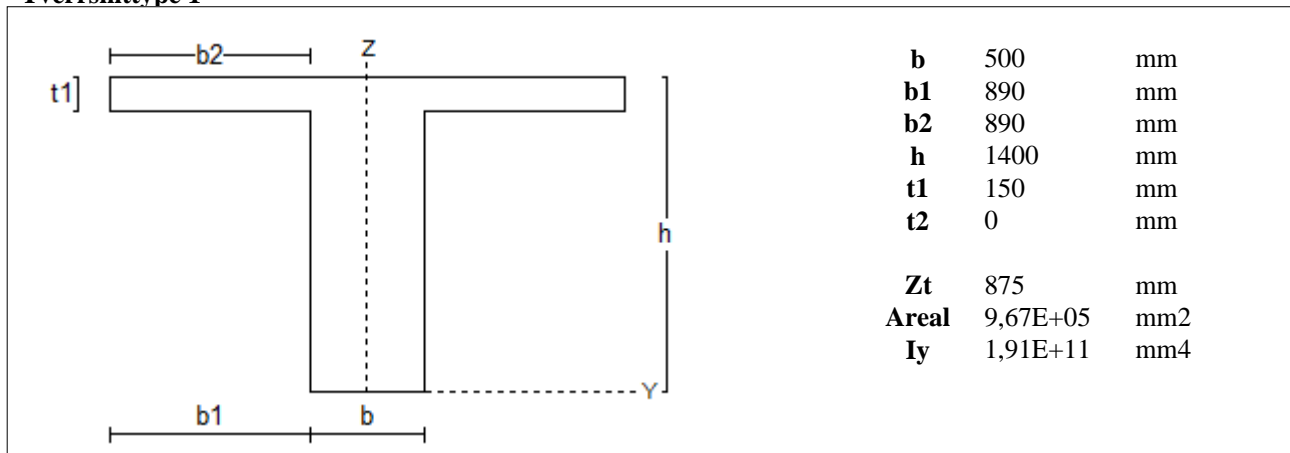


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A22 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i venstre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

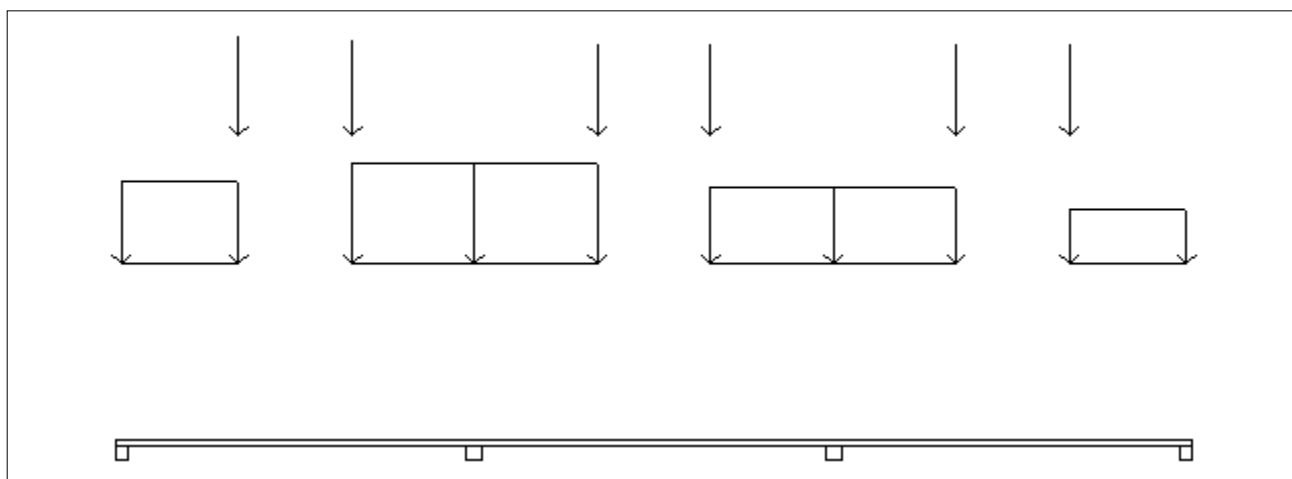
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Oppløgg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,00	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3		Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³			

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A22 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i venstre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
424,44	0,00	4900	1
405,62	0,00	9650	1
386,80	0,00	5125	2
386,80	0,00	9875	2
386,80	0,00	5125	3
386,80	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
148,50	148,50	0,00	0,00	0	4900	1
180,87	180,87	0,00	0,00	9650	14750	1
180,87	180,87	0,00	0,00	0	5125	2
137,23	137,23	0,00	0,00	9875	15000	2
137,23	137,23	0,00	0,00	0	5125	3
99,33	99,33	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

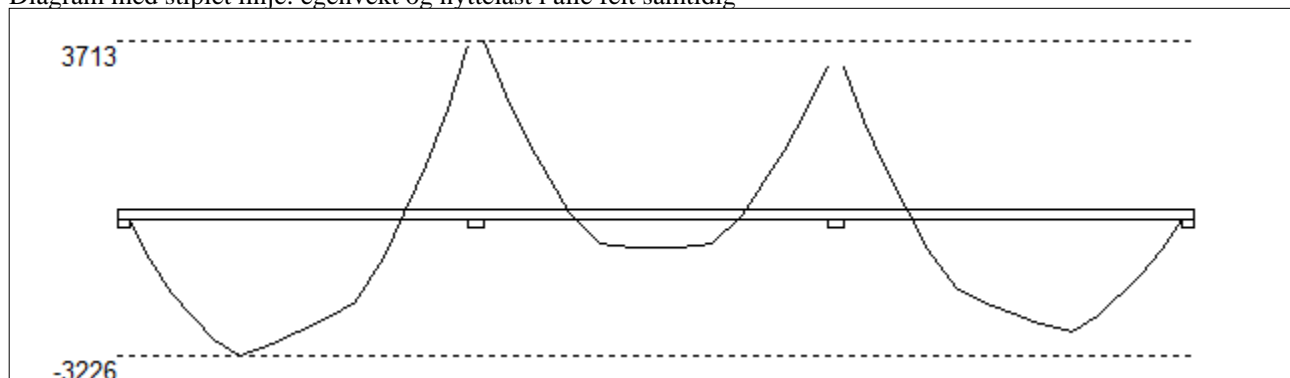
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	265			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,13
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00007
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplede linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Tittel Vedlegg A22 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i venstre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-3226	-3226	-3226	-3226
2	-831	-831	-831	-831
3	-2691	-2691	-2691	-2691

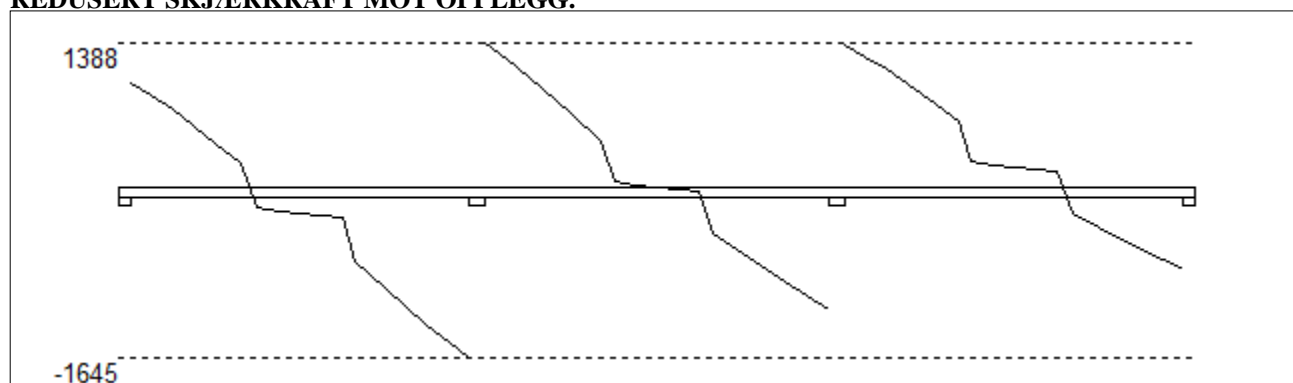
Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3713	3713	3713	3713
3	3177	3177	3177	3177
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLGG.


Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			1039	1007
2	-1677	-1645	1420	1388
3	-1207	-1176	1403	1372
4	-823	-791		

Tittel Vedlegg A22 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i venstre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

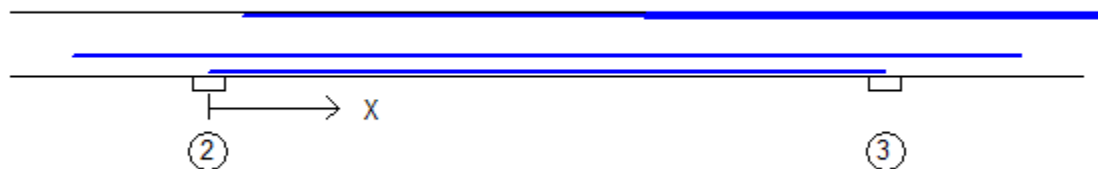


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



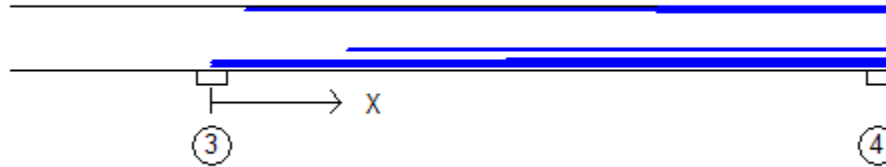
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A22 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i venstre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

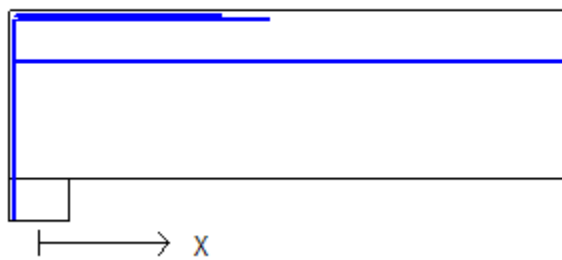
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

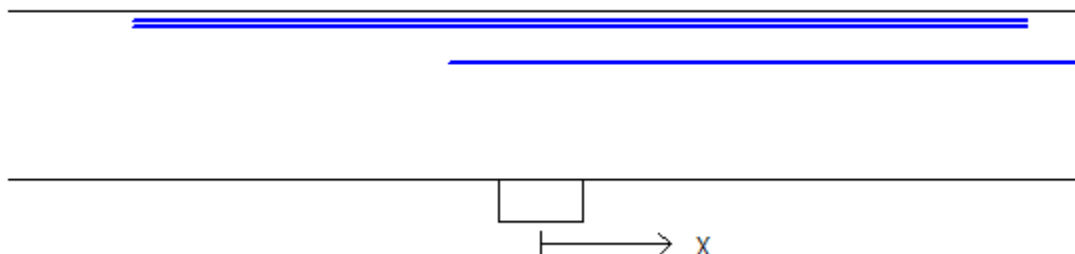
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A22 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i venstre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

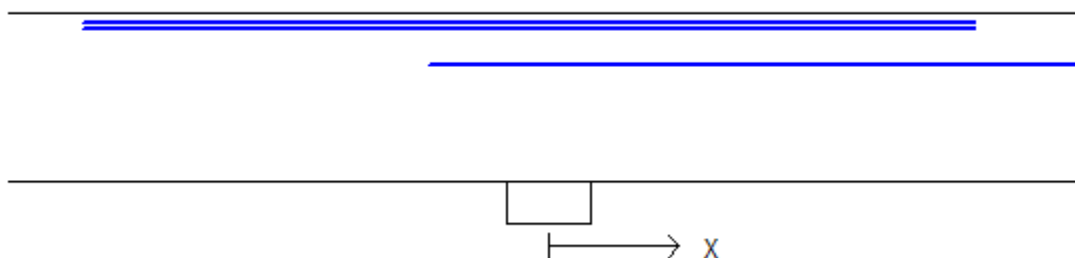
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

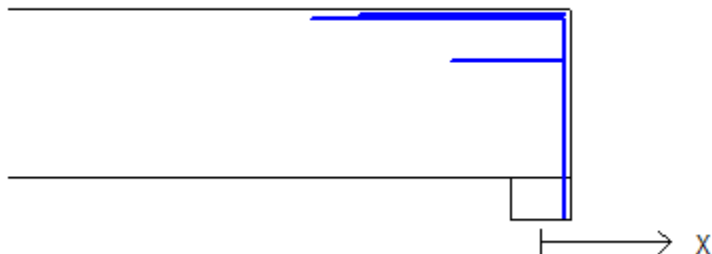
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A22 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i venstre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

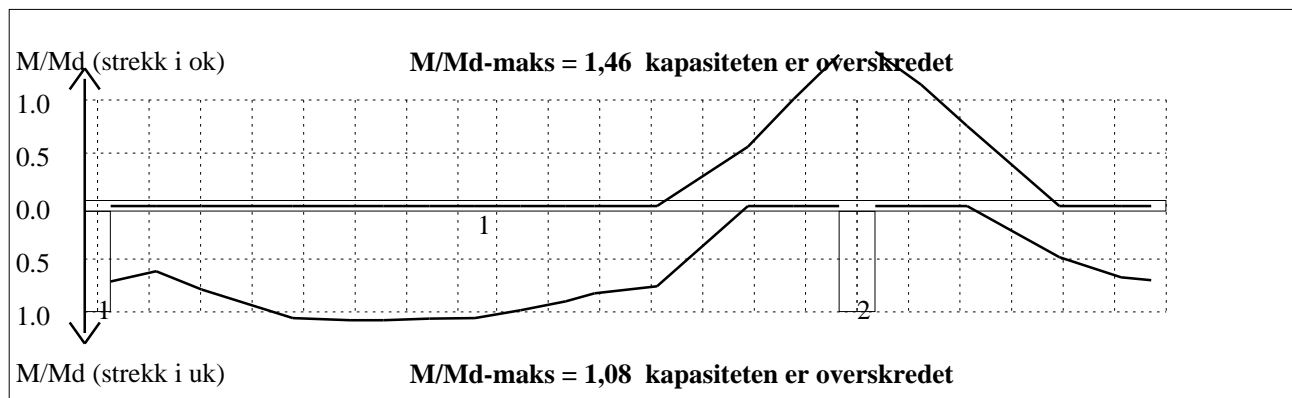
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 4
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

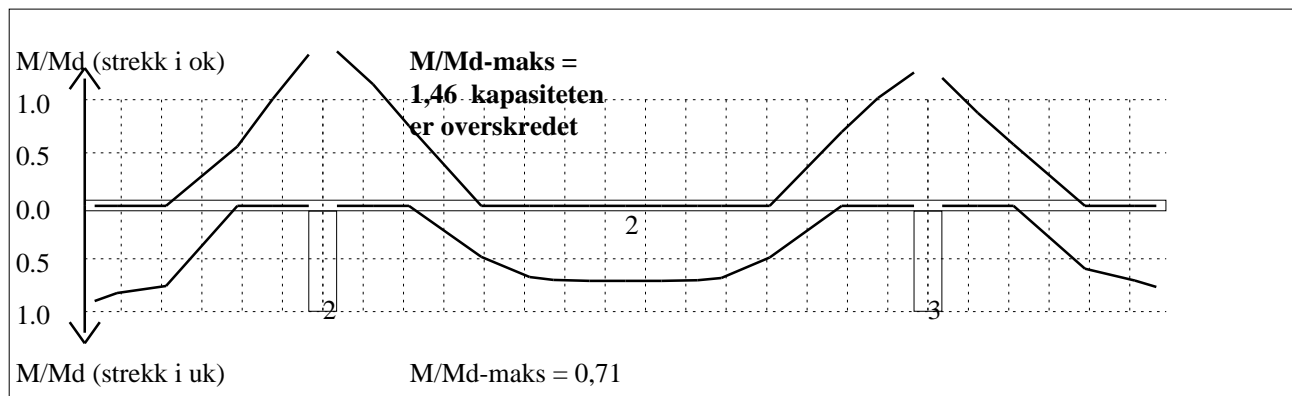
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

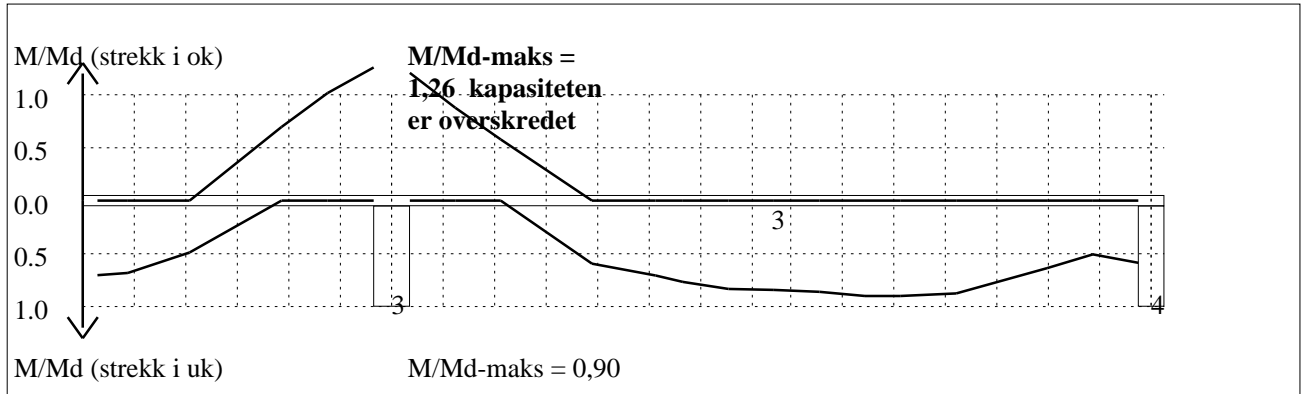


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

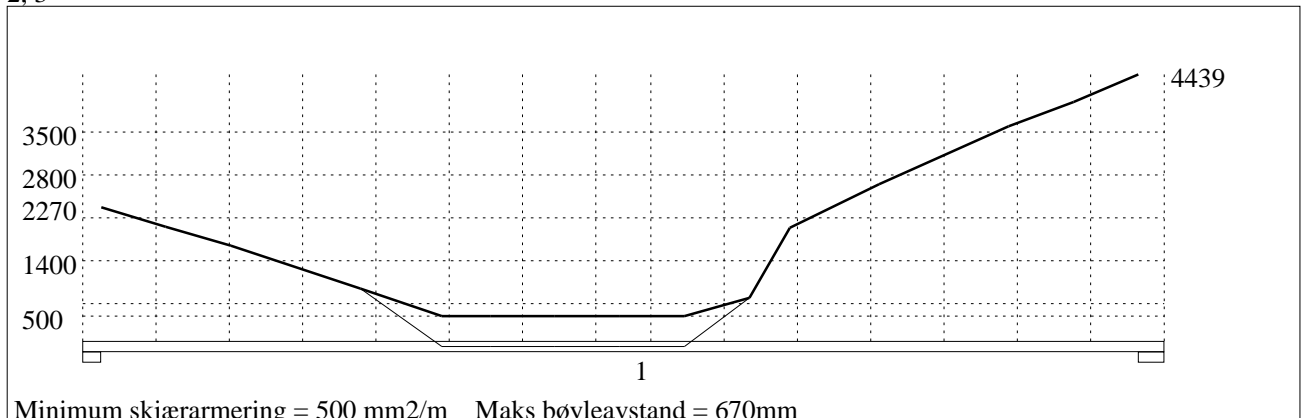
Tittel Vedlegg A22 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i venstre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2 SKJÆRARMERING

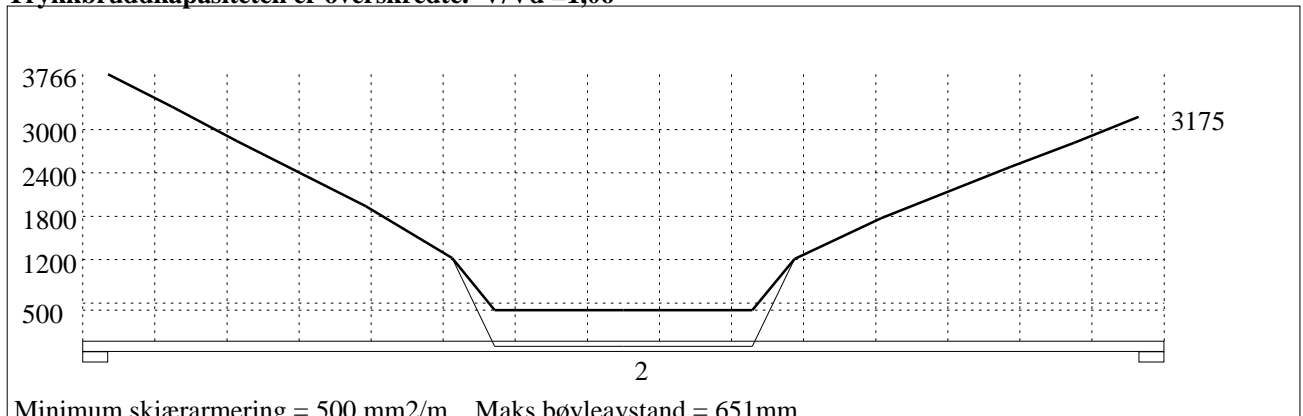
Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 670mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

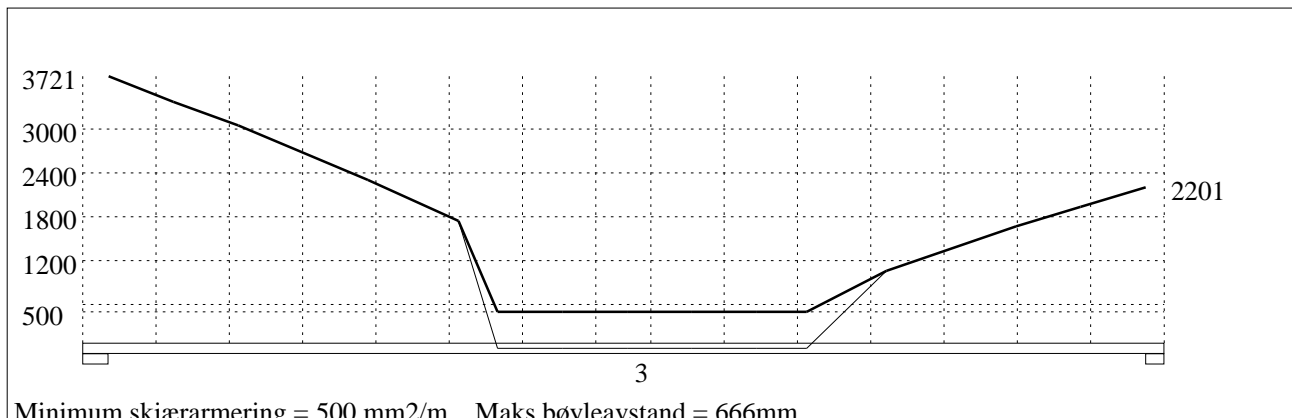
Trykkbruddkapasiteten er overskredte. V/Vd = 1,06



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 651mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A22 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i venstre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 666mm

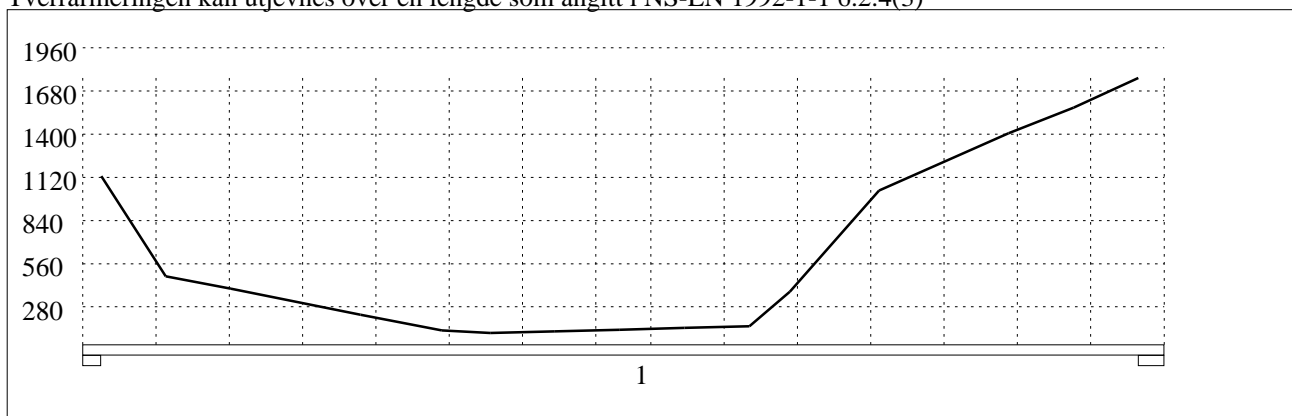
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

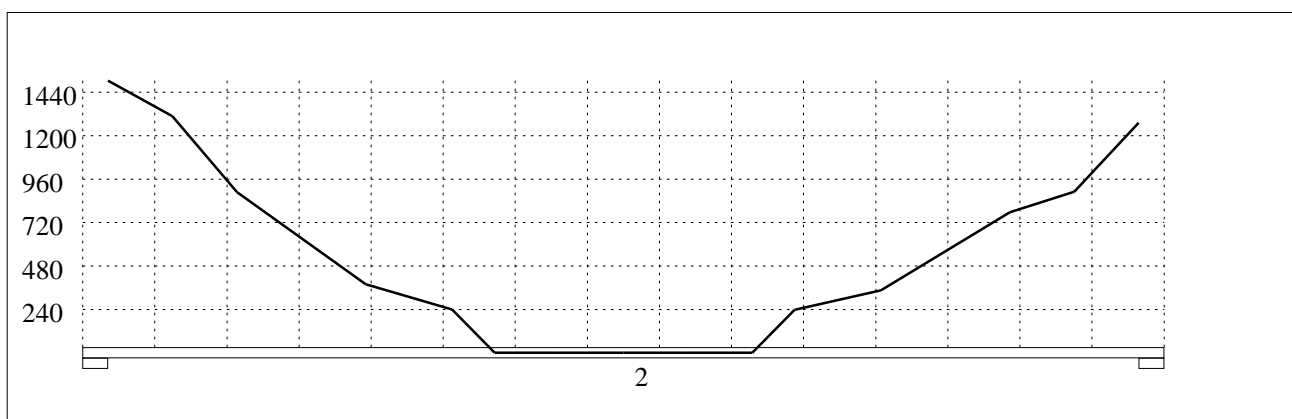
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tverrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A22 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i venstre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-1088	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-3253	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-2733	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-859	0,00	0	0,00	0	0,00		

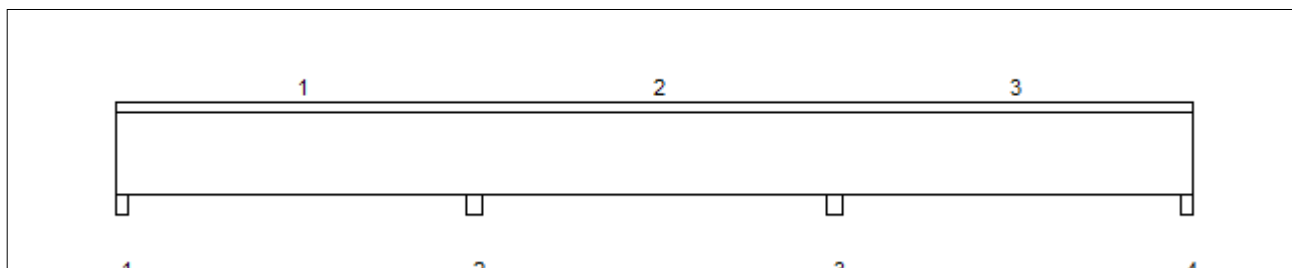
Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002
 Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 2\Bj.C 307 nr 2 før forsterkning\K-bjelke BJ.C307 nr 2 før forsterkning nyttelast H305.kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttearmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

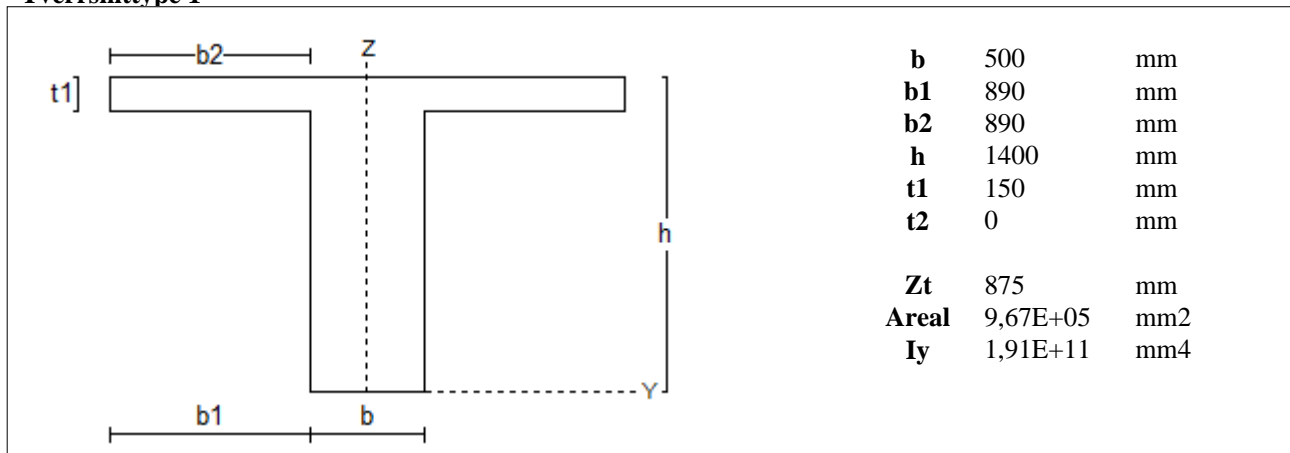


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

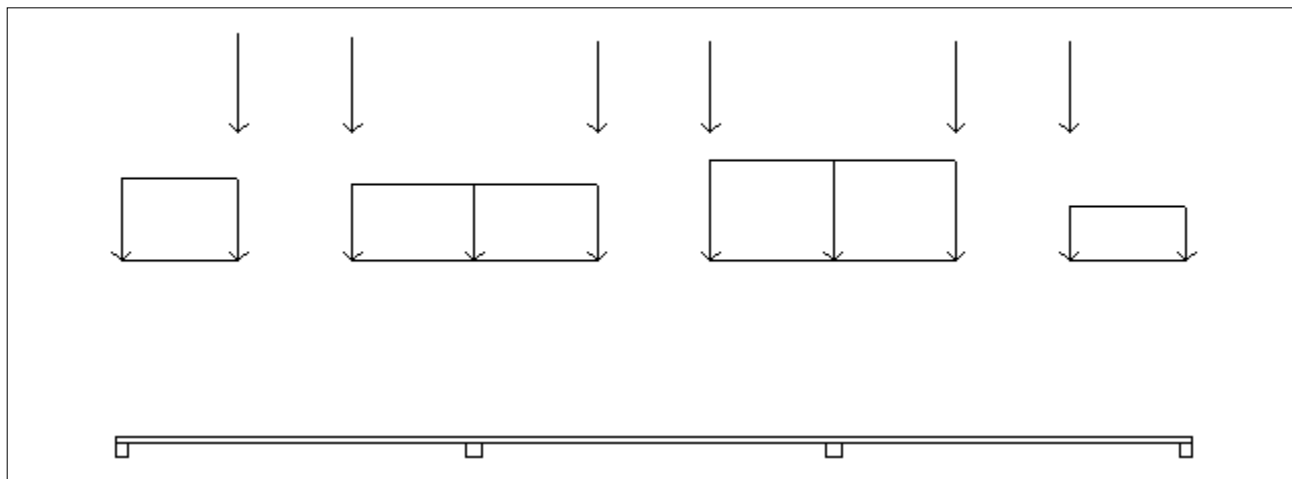
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Oppløgg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,00	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3		Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³			

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
424,44	0,00	4900	1
405,62	0,00	9650	1
386,80	0,00	5125	2
386,80	0,00	9875	2
386,80	0,00	5125	3
386,80	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
148,50	148,50	0,00	0,00	0	4900	1
137,23	137,23	0,00	0,00	9650	14750	1
137,23	137,23	0,00	0,00	0	5125	2
180,87	180,87	0,00	0,00	9875	15000	2
180,87	180,87	0,00	0,00	0	5125	3
99,33	99,33	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

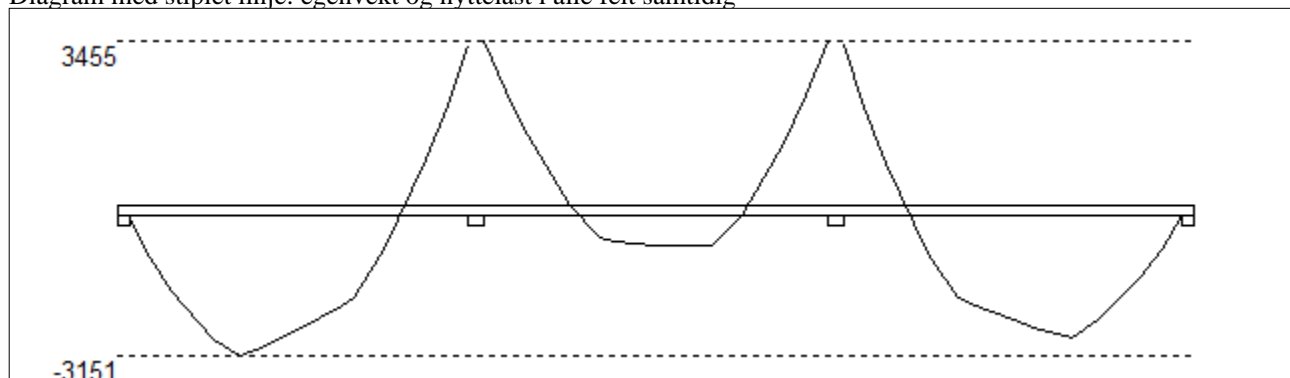
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	265			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,13
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00007
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplede linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Største negative feltmomenter (strek i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-3151	-3151	-3151	-3151
2	-852	-852	-852	-852
3	-2767	-2767	-2767	-2767

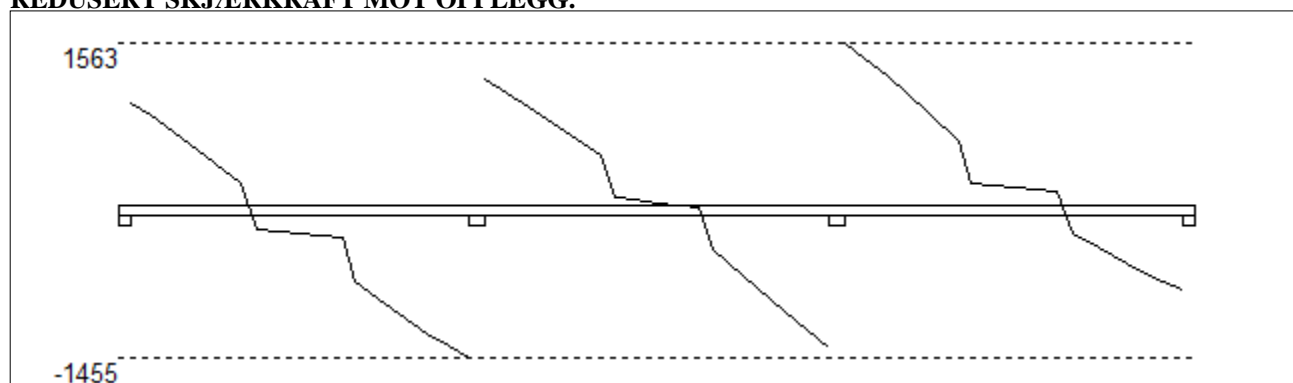
Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3436	3436	3436	3436
3	3455	3455	3455	3455
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.


Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			1024	992
2	-1487	-1455	1244	1212
3	-1384	-1352	1595	1563
4	-838	-807		

Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

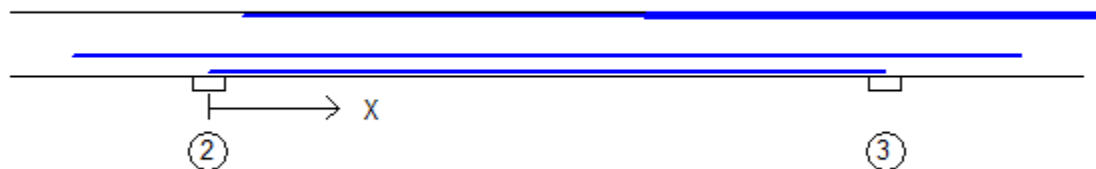


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



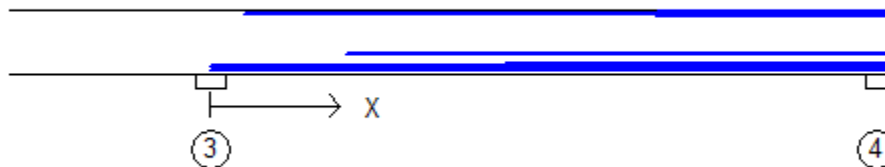
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

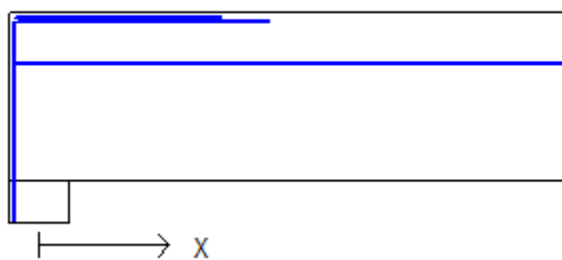
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

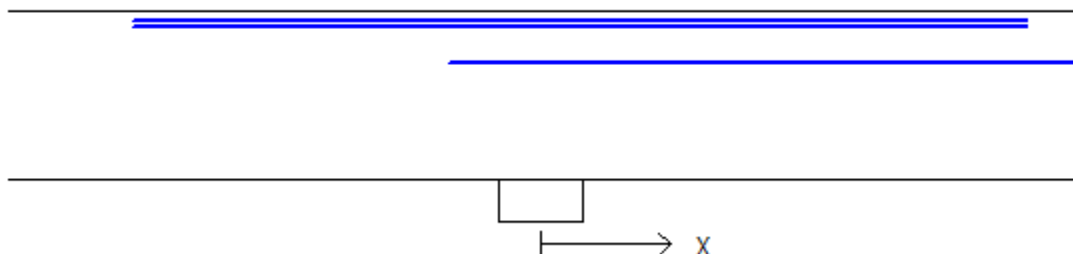
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

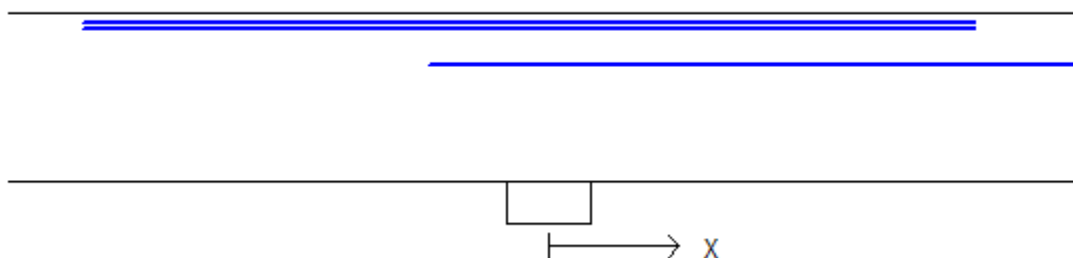
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

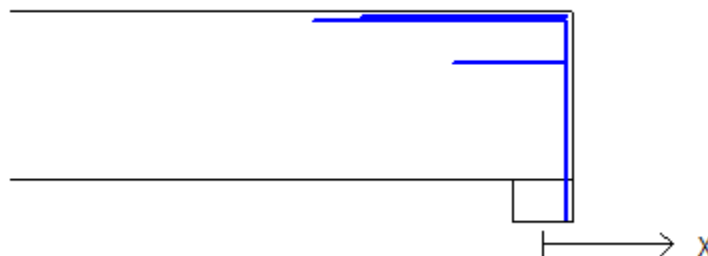
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

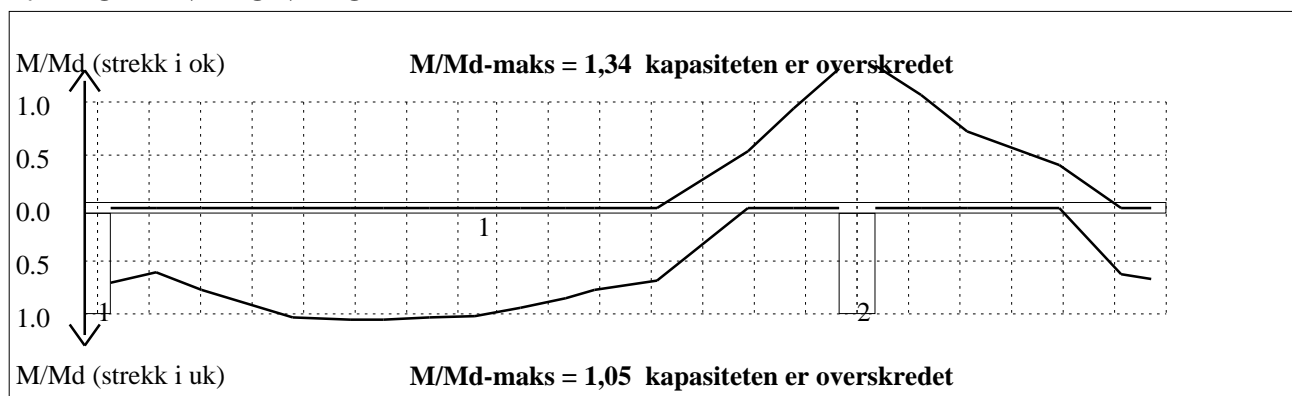
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 4
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

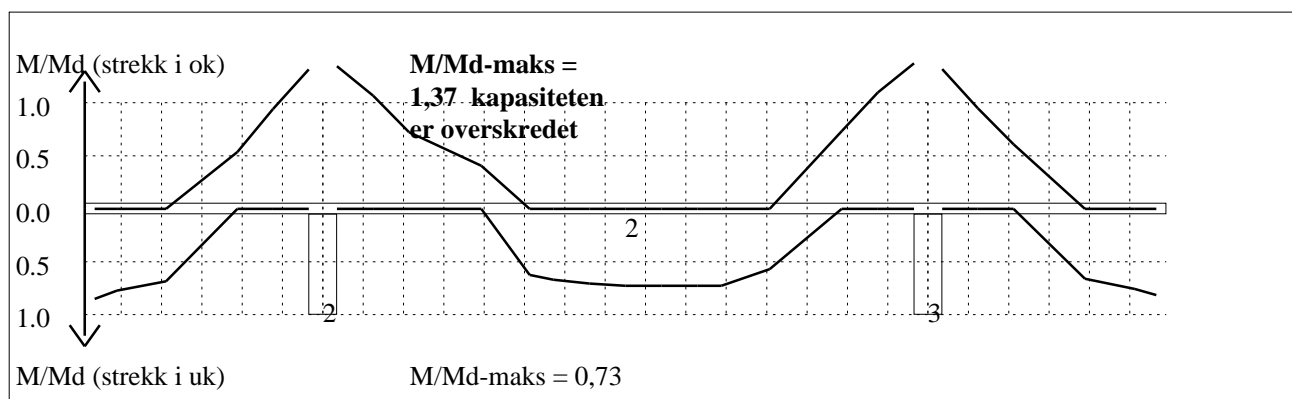
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

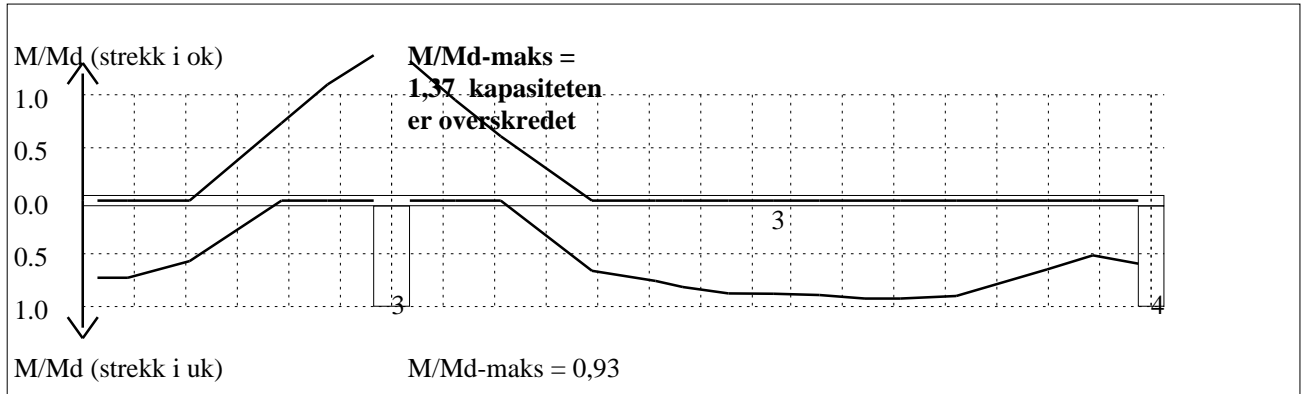


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

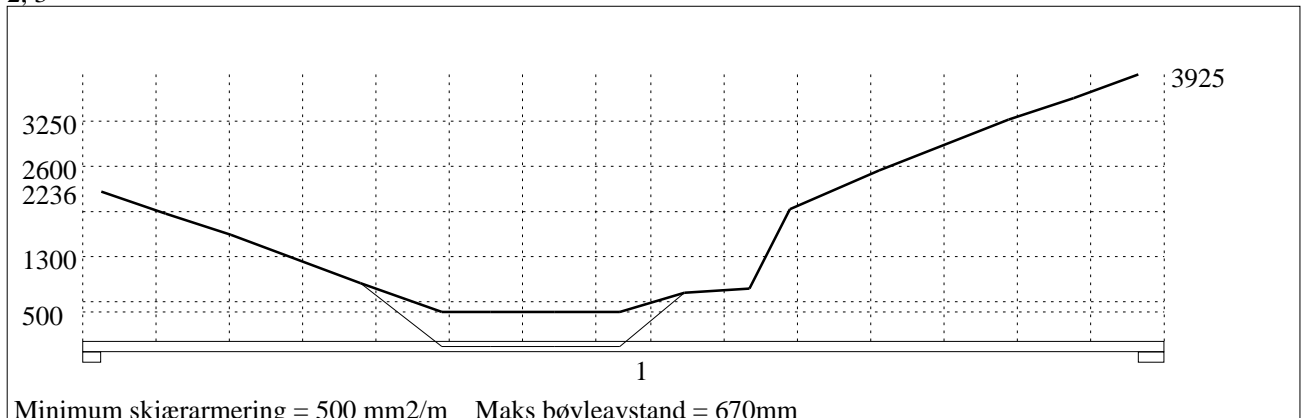
Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



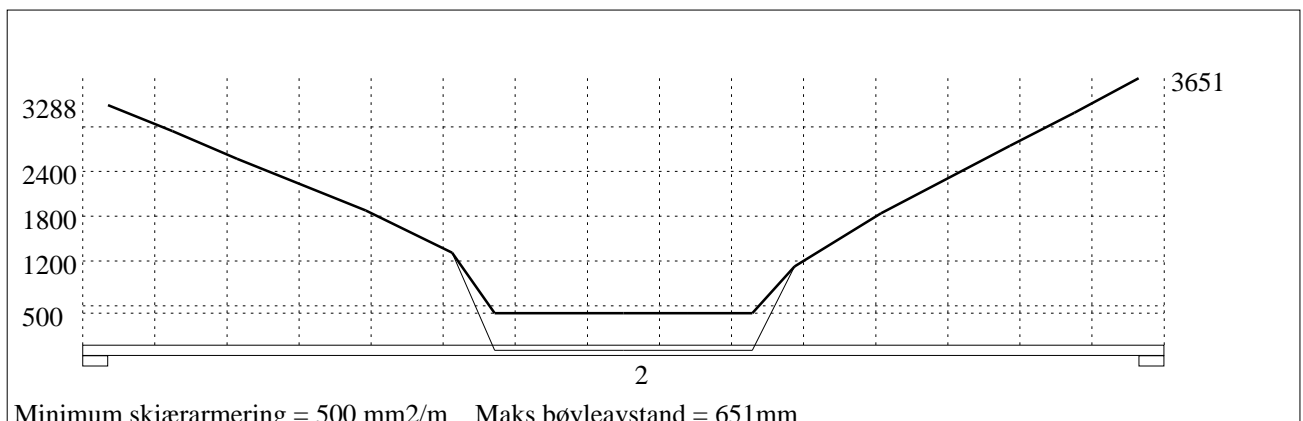
Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2 SKJÆRARMERING

Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3

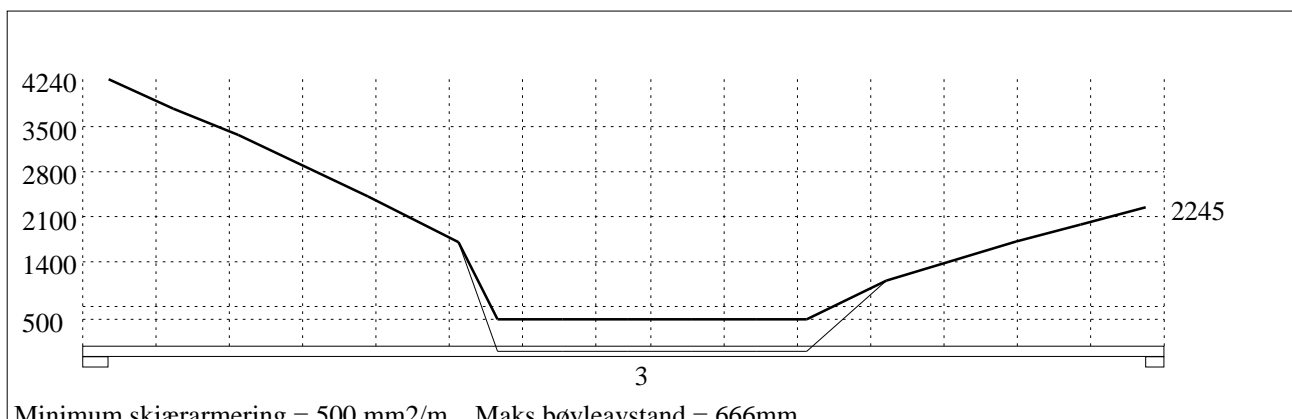


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 666mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

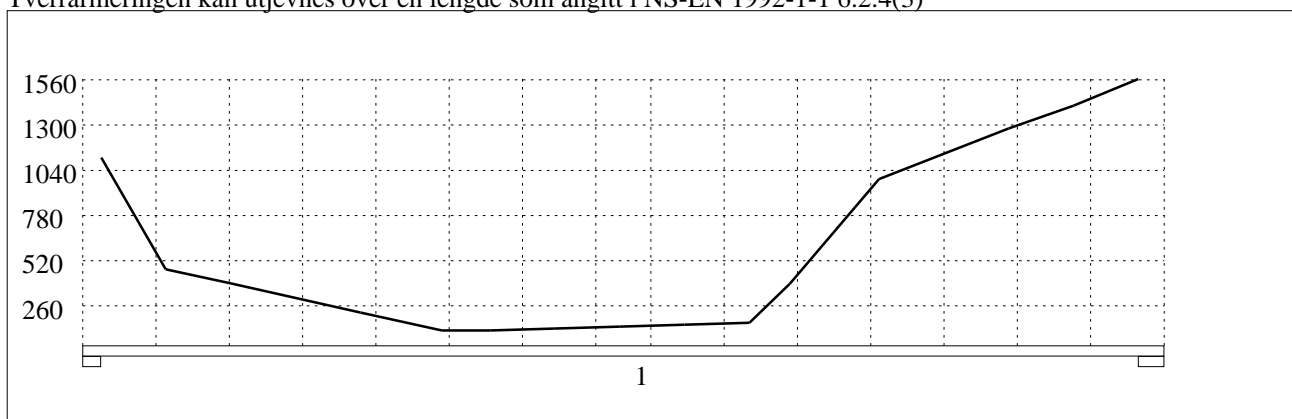
Trykkbruddkapasiteten er overskredte. $V/V_d = 1,01$

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

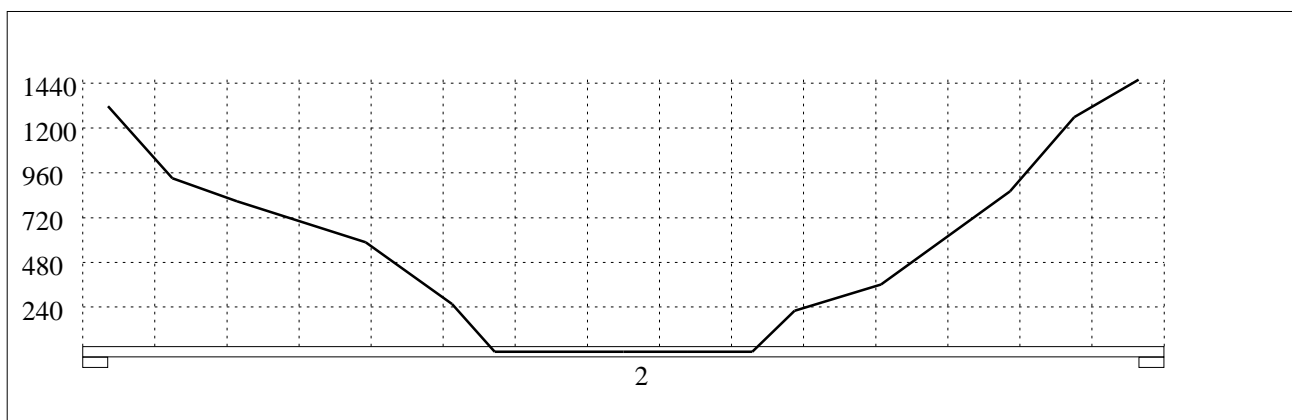
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tverrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

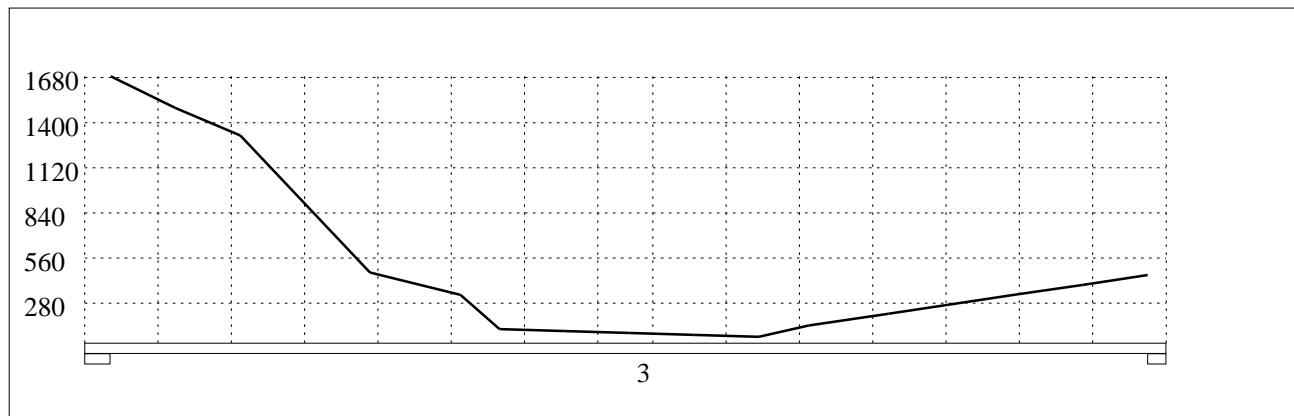


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



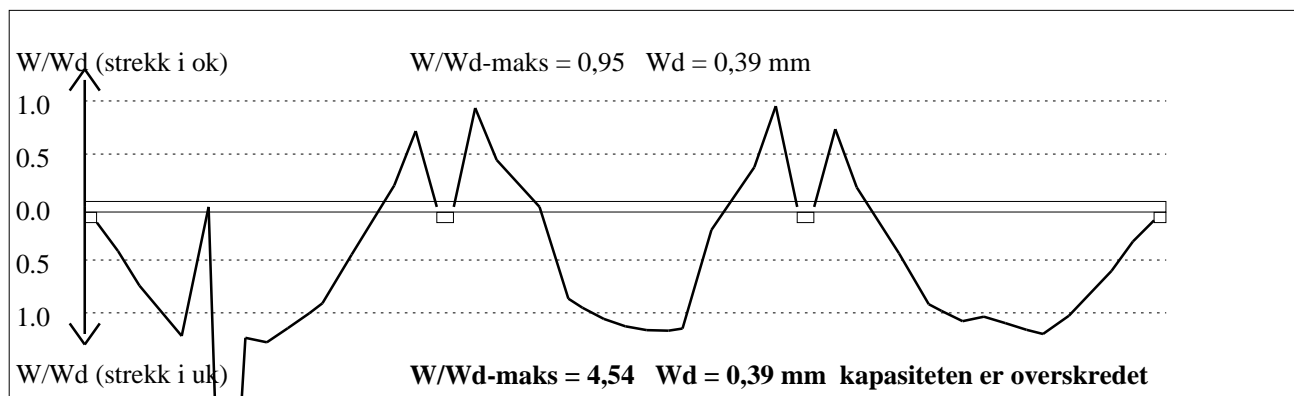
Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	34	36	36	36
2	13	20	20	20
3	27	41	41	41

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-1073	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-2853	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-3134	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-875	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A23 - Bj.C.307 (nr.2) Nyttelast i høyre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt					
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)				
1	-1073	0,00	0	0,00			0	0,00				
2	-2853	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
3	-3134	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
4	-875	0,00	0	0,00	0	0,00						

Vedlegg A24 - Laster bjelke Bj.C.308

Laster fra dekke 3.etasje: [Se vedlegg A1](#)

$$q_{Ed} := 13.8 \frac{kN}{m^2} \quad L := 7.5 \text{ m} \quad \text{Bruker konservativt halve feltlengden}$$

$$V_{Ed} := \frac{(q_{Ed} \cdot L)}{2} = (5.175 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

Laster fra plater på Tappehallen:

[Laster hentet fra vedlegg A10 3.plate](#)

$$q_{ym.1} := 67.13 \frac{kN}{m} \quad q_{ym.2} := 2.493 \frac{kN}{m}$$

$$q_{308.1} := q_{ym.1} - q_{ym.2} = (6.464 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

[Laster hentet fra vedlegg A7 3.plate](#)

$$p_{308.1} := 232.395 \text{ kN} \quad \text{Punktlast}$$

$$p_{308.2} := 222.984 \text{ kN} \quad \text{Punktlast}$$

[Laster hentet fra vedlegg A11 3.plate](#)

$$q_{xm.1} := 79.786 \frac{kN}{m} \quad q_{xm.2} := 5.291 \frac{kN}{m}$$

$$q_{xm.308.1} := q_{xm.1} - q_{xm.2} = (7.45 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

[Laster hentet fra vedlegg A7 6-plate](#)

$$p_{308.6} := 213.573 \text{ kN} \quad \text{Punktlast}$$

$$p_{308.7} := p_{308.6} = (2.136 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A11 6-plate

$$q_{xm.1} := 79.786 \frac{kN}{m} \quad q_{xm.2} := 5.291 \frac{kN}{m}$$

$$q_{xm.308.1} := q_{xm.1} - q_{xm.2} = (7.45 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 9 plate

$$p_{308.11} := p_{308.6} = (2.136 \cdot 10^5) N \quad \text{Punktlaster}$$

$$p_{308.12} := p_{308.7} = (2.136 \cdot 10^5) N \quad \text{Punktlaster}$$

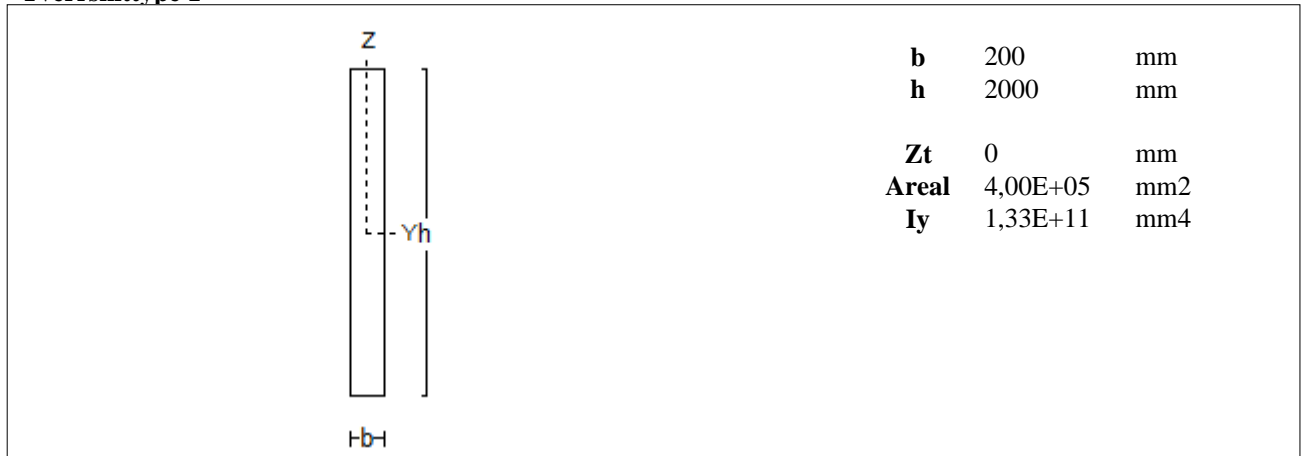
Laster hentet fra vedlegg A10 6. plate

$$q_{rm.1} := 54.15 \frac{kN}{m} \quad q_{rm.2} := 3.7 \frac{kN}{m}$$

$$q_{rm} := q_{rm.1} - q_{rm.2} = (5.045 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

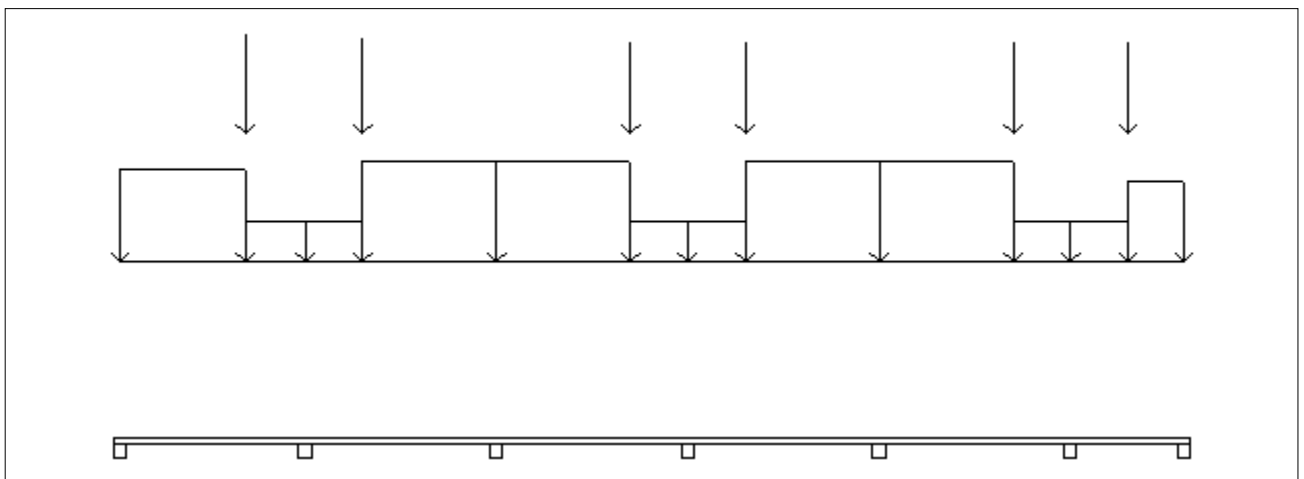
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,00	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	10,00	0,00	0,00
2	10,00	0,00	0,00
3	10,00	0,00	0,00
4	10,00	0,00	0,00
5	10,00	0,00	0,00
6	10,00	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
232,40	0,00	4900	1
222,98	0,00	2250	2
213,57	0,00	5250	3
213,57	0,00	2250	4
213,57	0,00	5250	5
213,58	0,00	2250	6

Trapeslast (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
116,20	116,20	0,00	0,00	0	4900	1
51,56	51,56	0,00	0,00	4900	7250	1
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	2
126,25	126,25	0,00	0,00	2250	7500	2
126,25	126,25	0,00	0,00	0	5250	3
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	3
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	4
126,25	126,25	0,00	0,00	2250	7500	4
126,25	126,25	0,00	0,00	0	5250	5
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	5
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	6
102,01	102,01	0,00	0,00	2250	4450	6

Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

1.4 MATERIALDATA

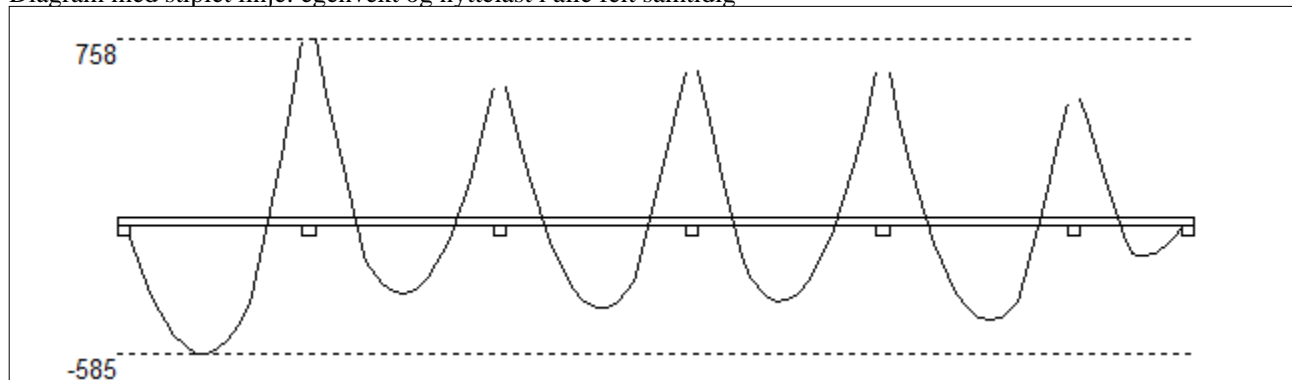
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	182			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,35
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00013
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	-585	-585	-585	-585
2	-326	-326	-326	-326
3	-388	-388	-388	-388
4	-357	-357	-357	-357
5	-440	-440	-440	-440
6	-166	-166	-166	-166

M_g: permanent last M_p: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

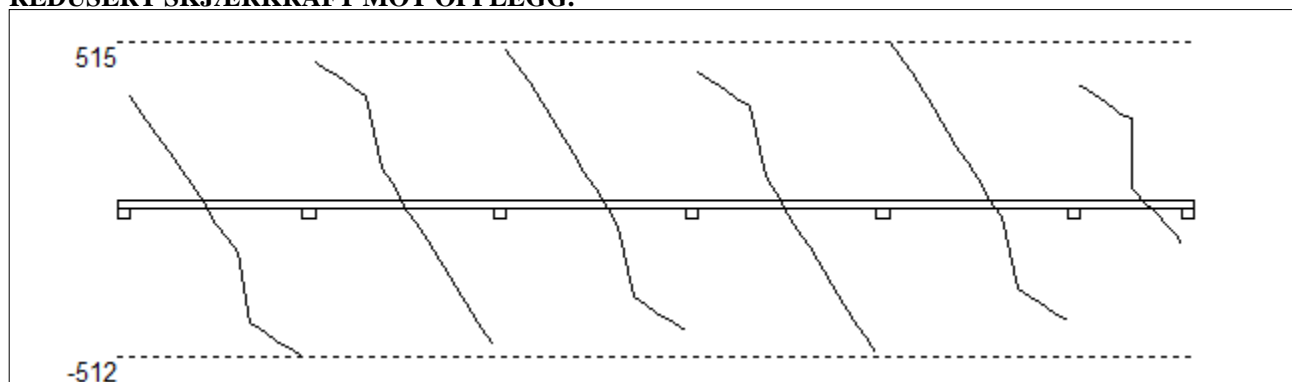
Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	0	0	0	0
2	758	758	758	758
3	555	555	555	555
4	623	623	623	623
5	616	616	616	616
6	503	503	503	503
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLÈGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			354	336
2	-596	-512	539	447
3	-489	-470	505	486
4	-513	-424	504	415
5	-514	-495	534	515
6	-484	-395	391	370
7	-168	-144		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

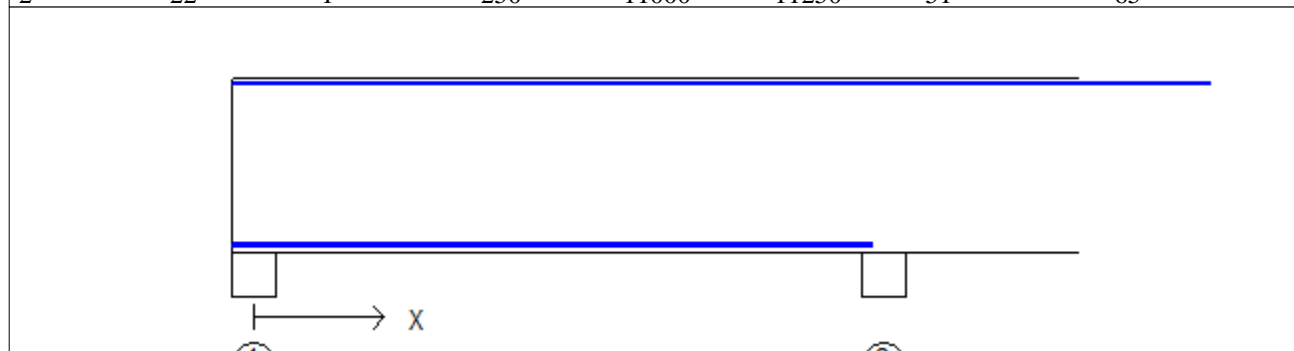
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-250	11000	11250	51	65



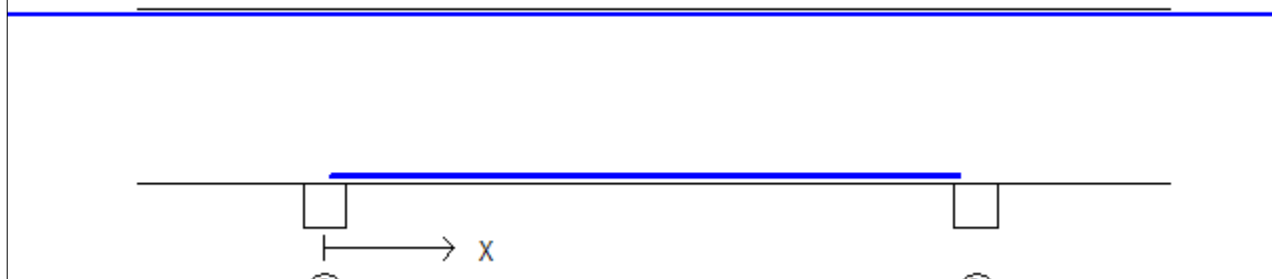
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	-250	7100	7350	83	97
2	22	1	-250	7100	7350	51	65

Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65

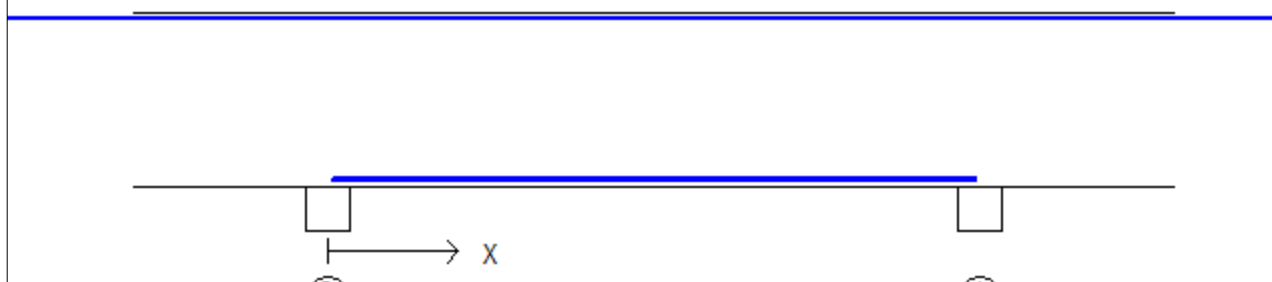


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

1	22	2	50	7300	7250	83	97
2	22	1	50	7300	7250	51	65

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65

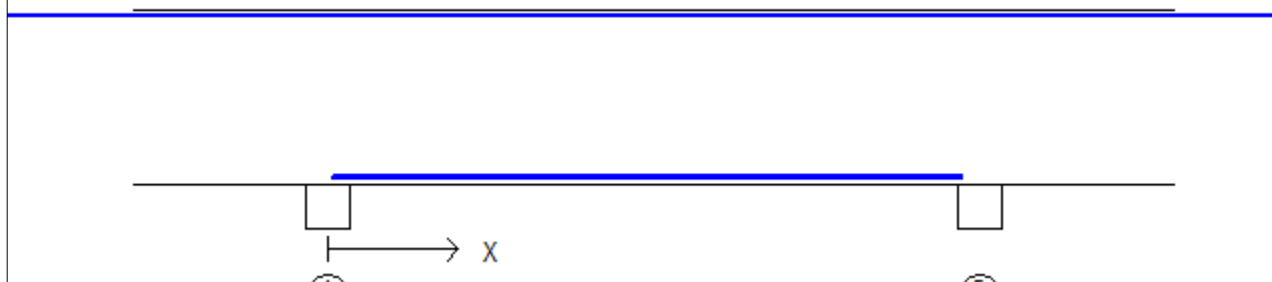


Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

1	22	2	50	7450	7400	83	97
2	22	1	50	7450	7400	51	65

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65



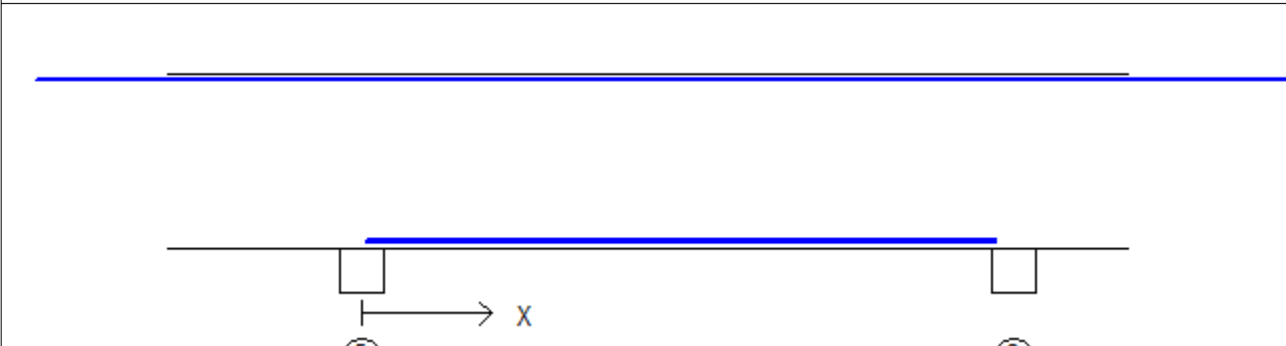
Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

1	22	2	50	7300	7250	83	97
2	22	1	50	7300	7250	51	65

Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65

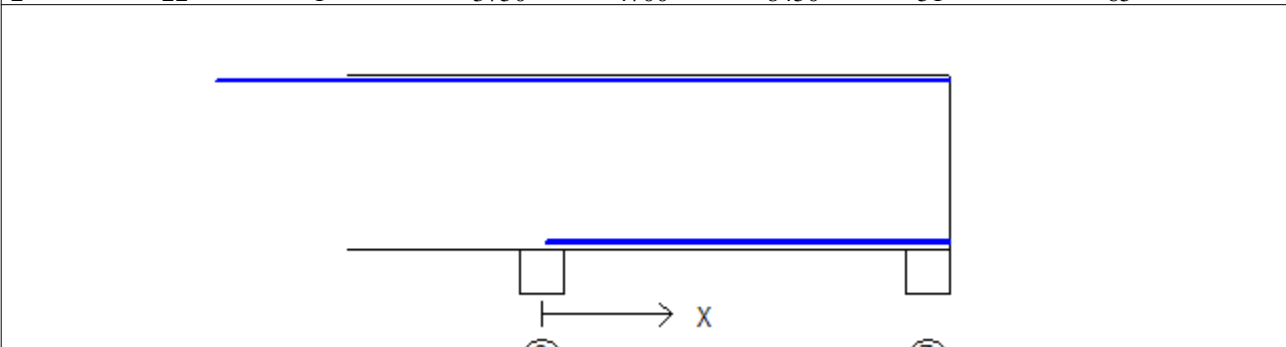


Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

1	22	2	50	7300	7250	83	97
2	22	1	50	7300	7250	51	65

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	4700	8450	51	65



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

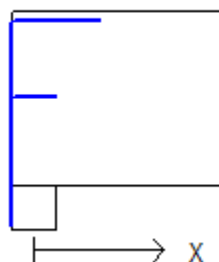
1	22	2	50	4700	4650	83	97
2	22	1	50	4700	4650	51	65

Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

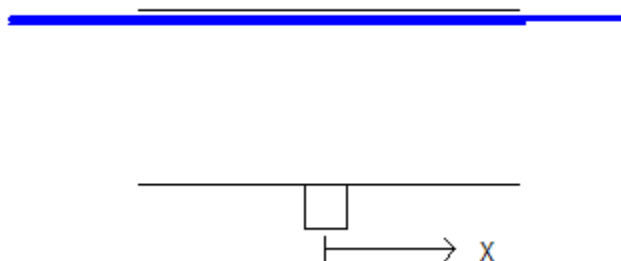
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

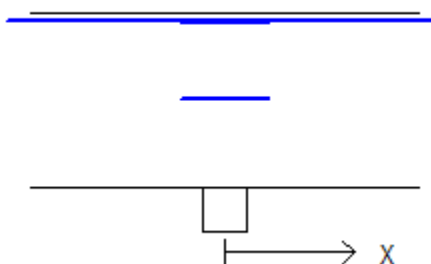
Støttearmering over opplegg nr: 1			Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)			
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-250	750	115	1
2	22	5	-250	250	986	1



Støttearmering over opplegg nr: 2			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
Antall	Ø (mm)	Lag				
2	22	2	-3650	3500	7150	83
2	22	3	-3650	3500	7150	115
1	22	4	-3650	2300	5950	147



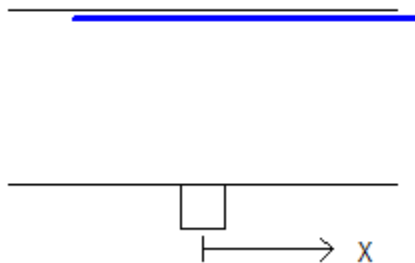
Støttearmering over opplegg nr: 3			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
Antall	Ø (mm)	Lag				
2	22	3	-500	500	1000	115
2	22	5	-500	500	1000	986
2	22	2	-2500	2500	5000	83



Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

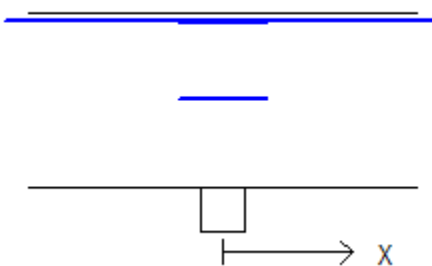
Støttearmering over opplegg nr: 4

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-1500	2500	4000	83
2	22	3	-1500	2500	4000	115



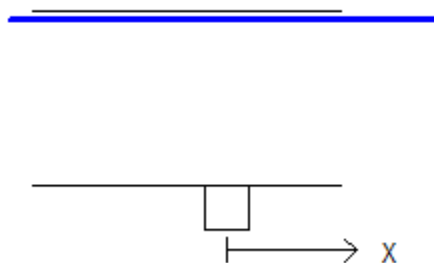
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	83
2	22	3	-500	500	1000	115
2	22	5	-500	500	1000	986



Støttearmering over opplegg nr: 6

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	83
2	22	3	-2500	2500	5000	115

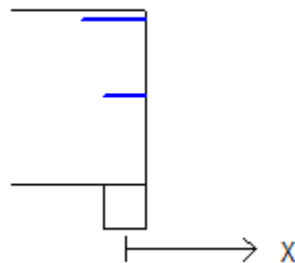


Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-500	250	115	0
2	22	5	-250	250	986	0



3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $38 \times D$ Forankringslengde i overkant: $54 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

1bøyler d 13, L=1070 avstand til kant: 70 mm

Opplegg nr 7

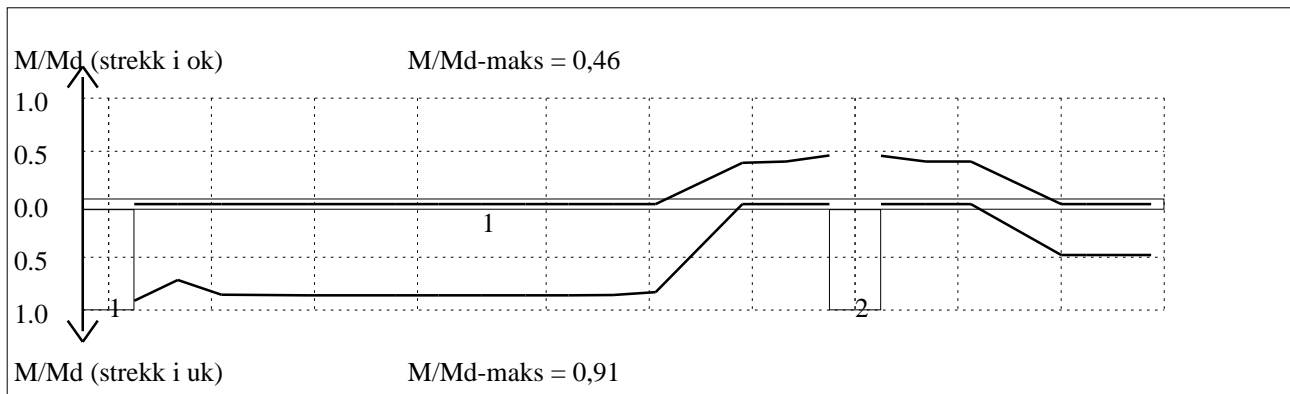
Det trengs ikke forankringsbøyler.

3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

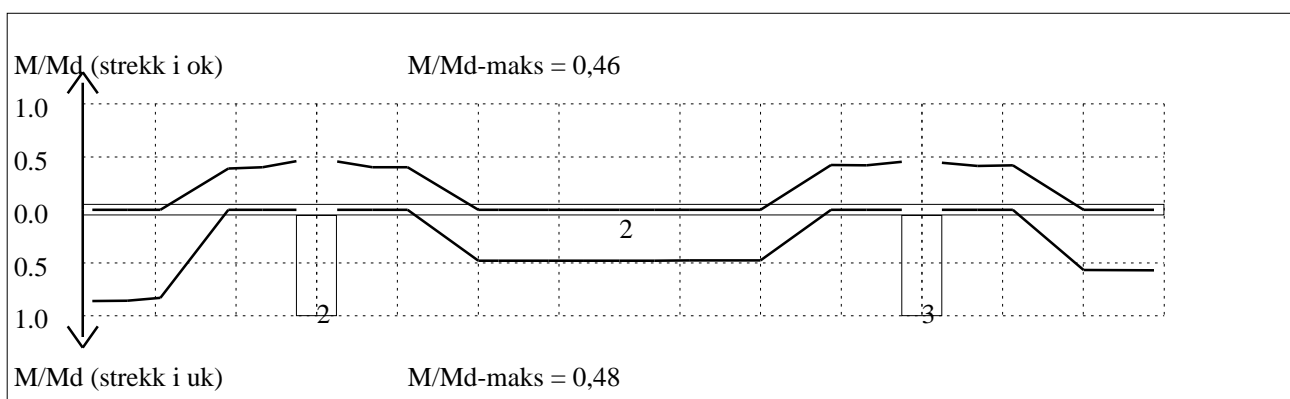
Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	760	760	503	503
2	760	760	503	503
3	760	760	503	503
4	760	760	503	503
5	760	760	503	503
6	760	760	503	503

Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

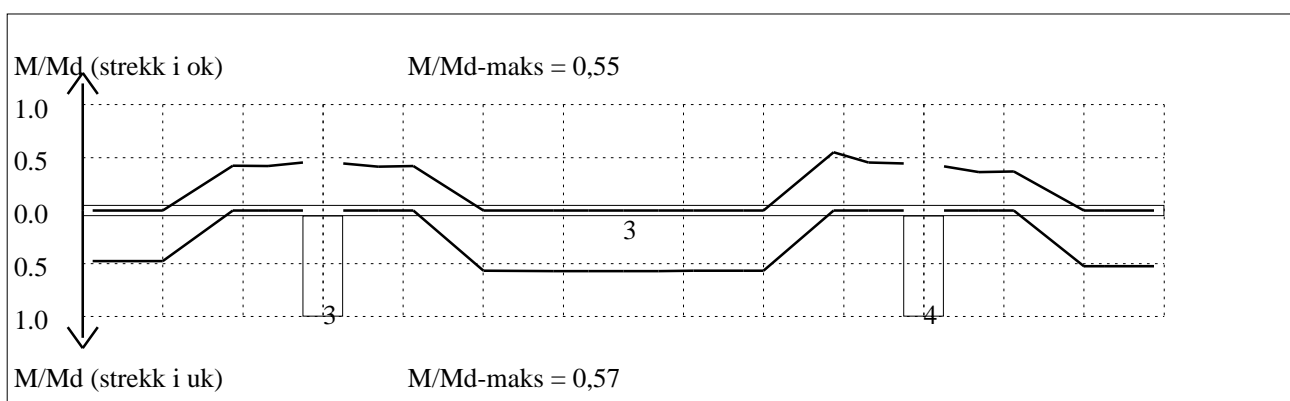
4.1 MOMENTKONTROLL



Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

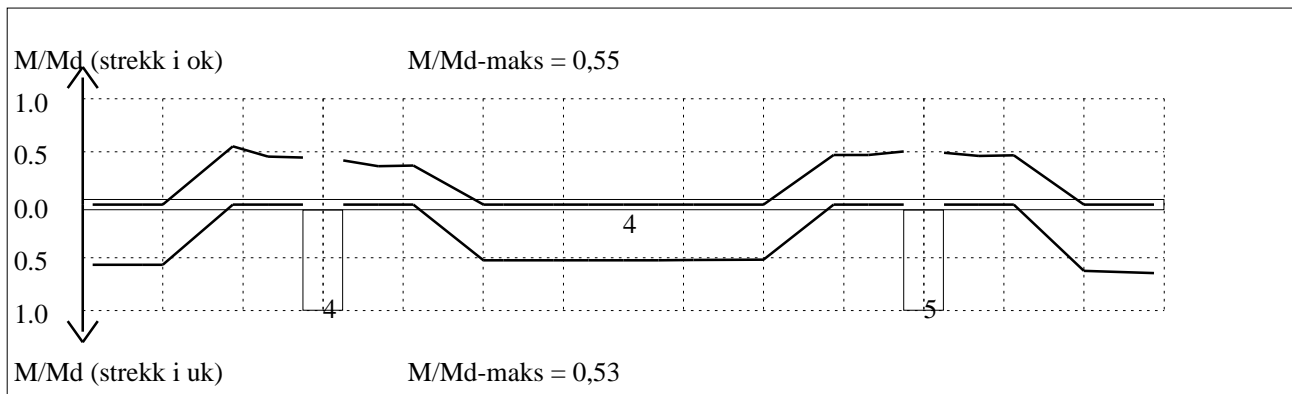


Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

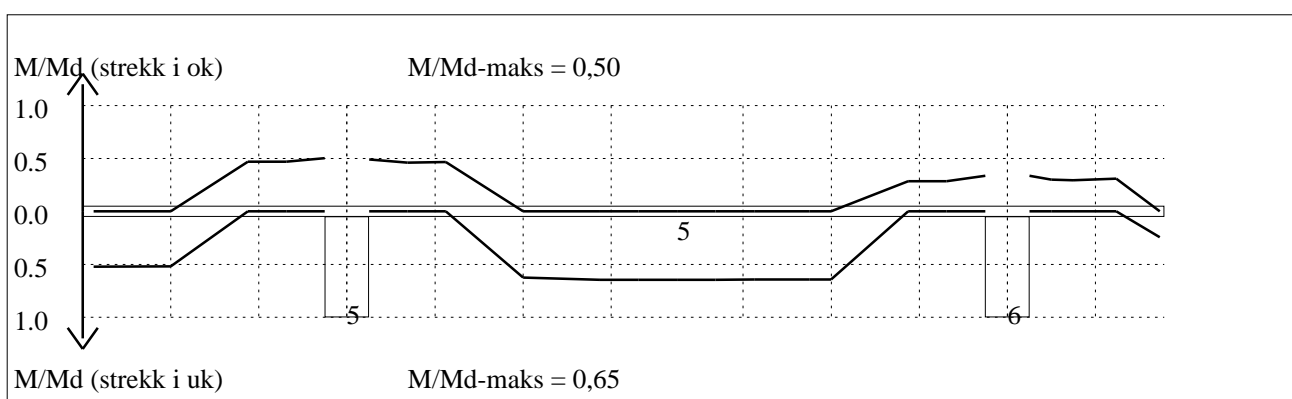


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

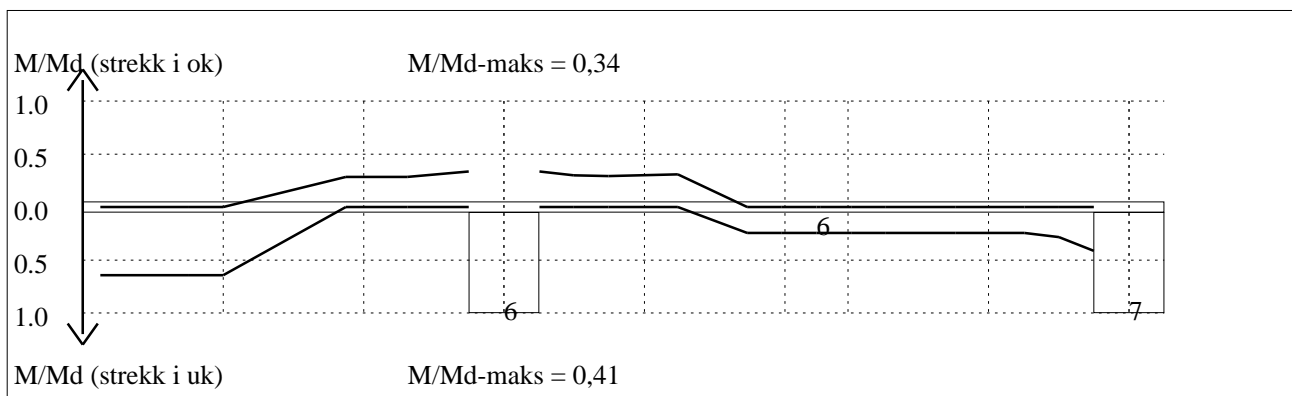
Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

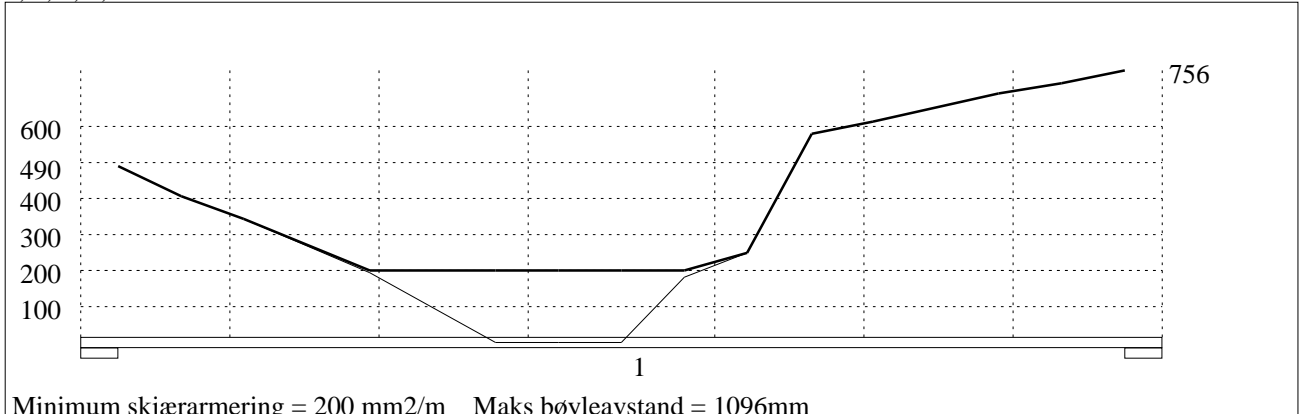


Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

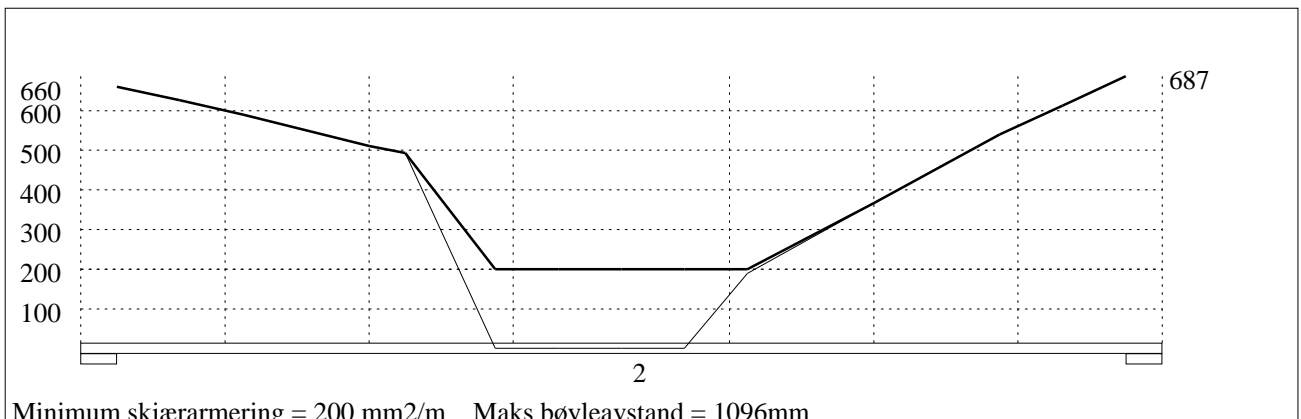
Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

4.2 SKJÆRARMERING

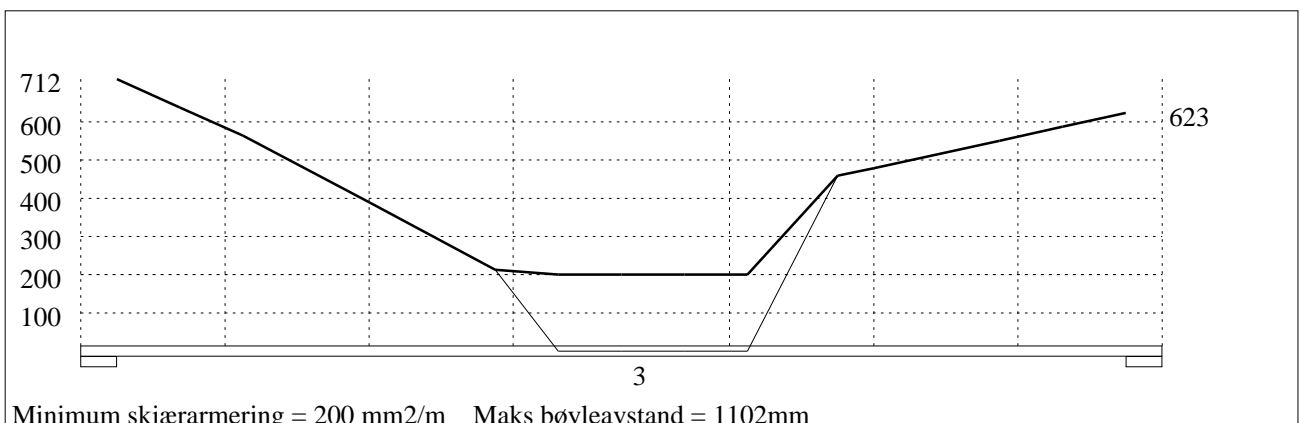
Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3, 4, 5, 6



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

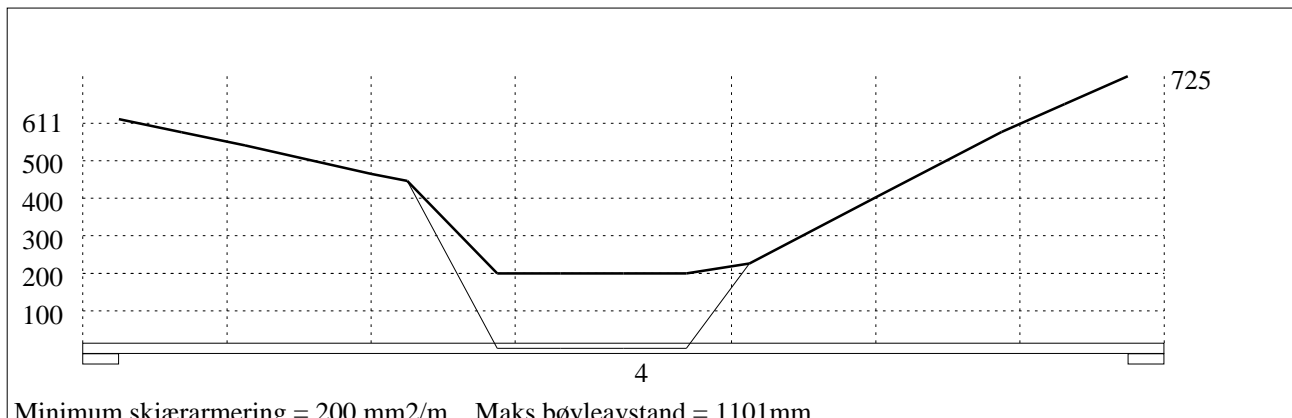


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



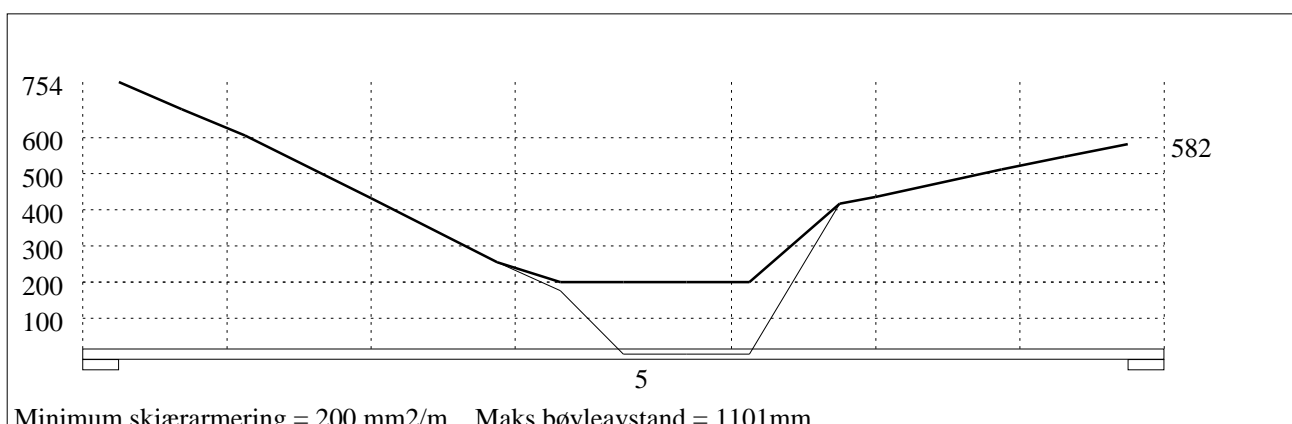
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



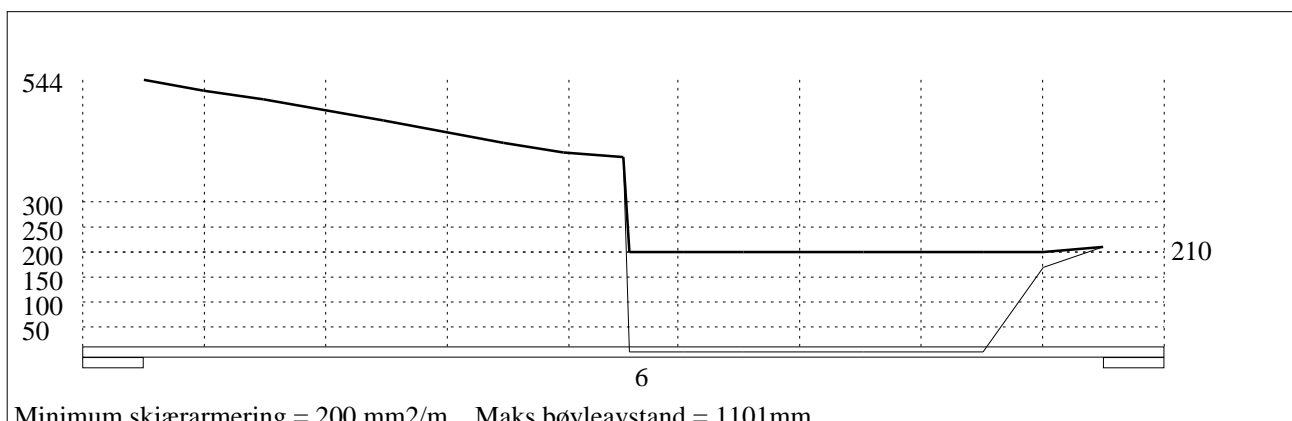
Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1101mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1101mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

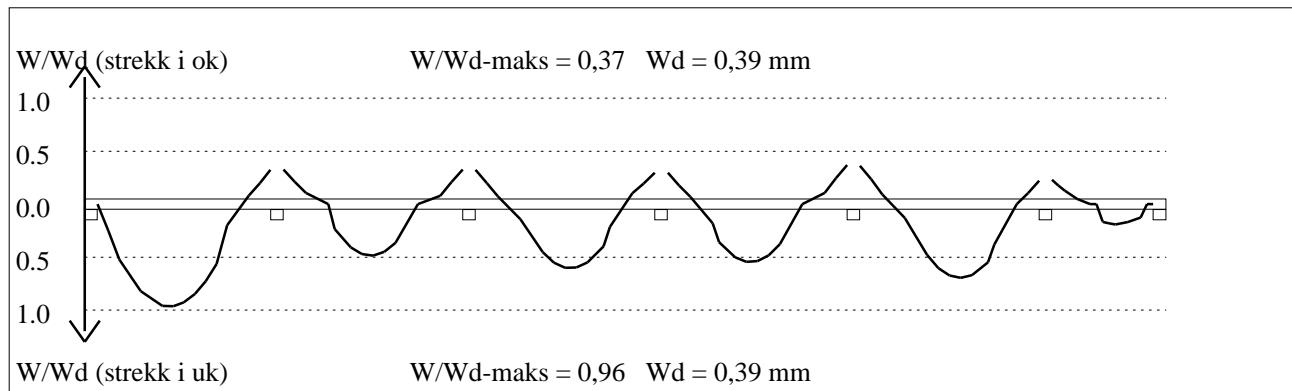


Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1101mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 0.5 m

Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	4	5	5	5
2	1	2	2	2
3	2	3	3	3
4	2	2	2	2
5	2	3	3	3
6	0	0	0	0

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-387	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1163	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1065	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1044	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1119	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-903	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-196	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A25 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

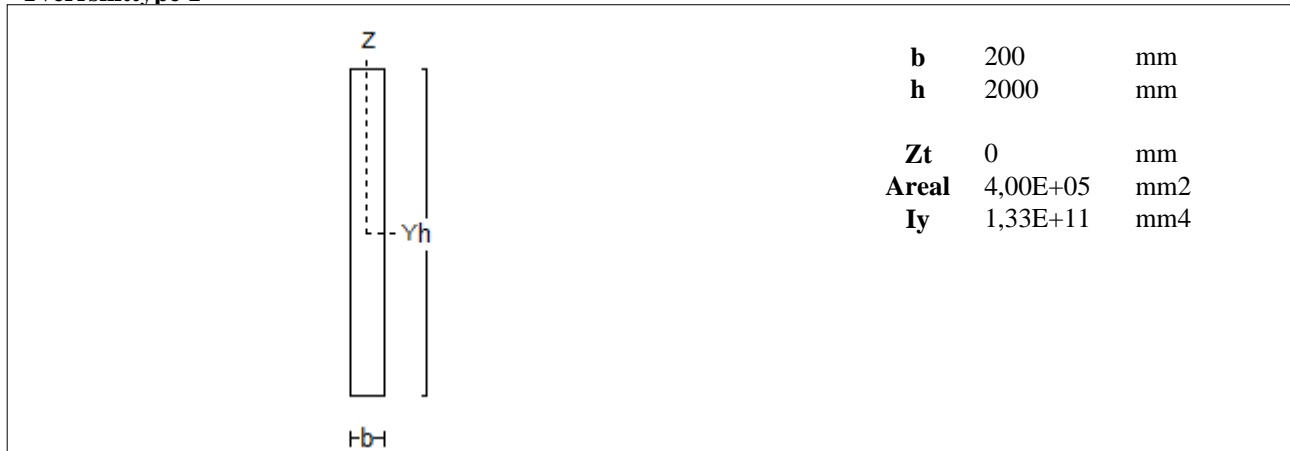
5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
					Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-387	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1163	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1065	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1044	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1119	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-903	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-196	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

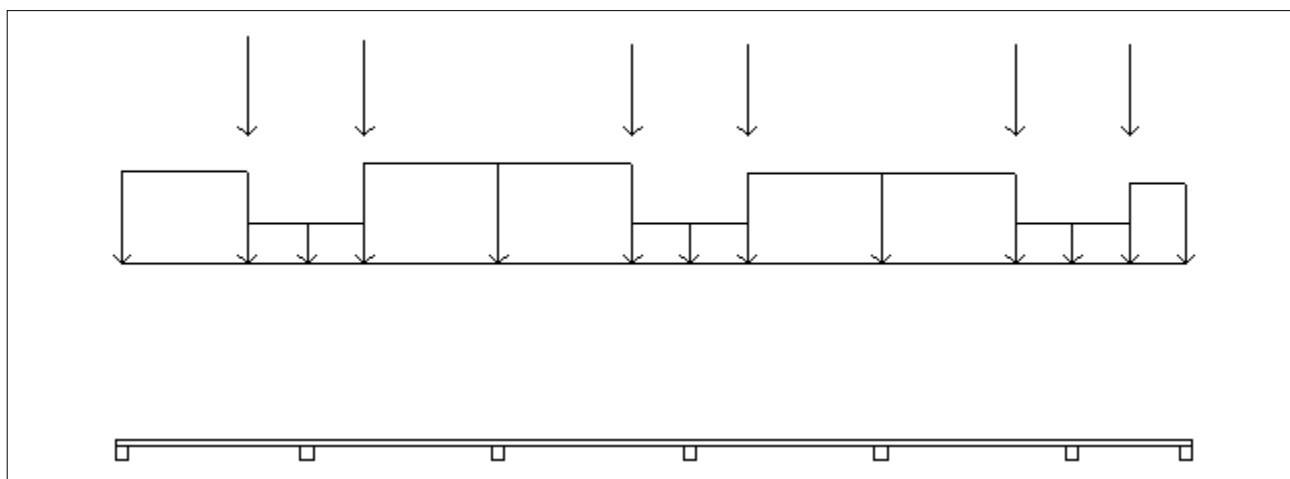
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÉGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Variabel last	1,00	1,00	1,00	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Pålitelighetsklasse: 3				PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
				PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger

Bjelkens romvekt: 2500 kg/m³

Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	10,00	0,00	0,00
2	10,00	0,00	0,00
3	10,00	0,00	0,00
4	10,00	0,00	0,00
5	10,00	0,00	0,00
6	10,00	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
232,40	0,00	4900	1
222,98	0,00	2250	2
213,57	0,00	5250	3
213,57	0,00	2250	4
213,57	0,00	5250	5
213,58	0,00	2250	6

Trapeklaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
116,20	116,20	0,00	0,00	0	4900	1
51,56	51,56	0,00	0,00	4900	7250	1
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	2
126,25	126,25	0,00	0,00	2250	7500	2
126,25	126,25	0,00	0,00	0	5250	3
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	3
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	4
113,18	113,18	0,00	0,00	2250	7500	4
113,18	113,18	0,00	0,00	0	5250	5
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	5
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	6
102,01	102,01	0,00	0,00	2250	4450	6

Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

1.4 MATERIALDATA

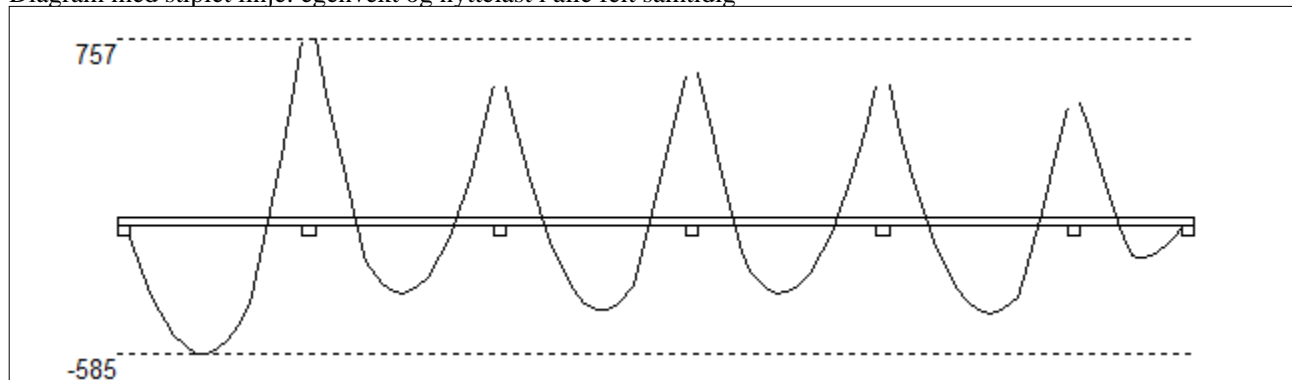
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	182			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,35
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00013
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm ($D = 22$ mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	-585	-585	-585	-585
2	-324	-324	-324	-324
3	-396	-396	-396	-396
4	-325	-325	-325	-325
5	-409	-409	-409	-409
6	-175	-175	-175	-175

M_g: permanent last M_p: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

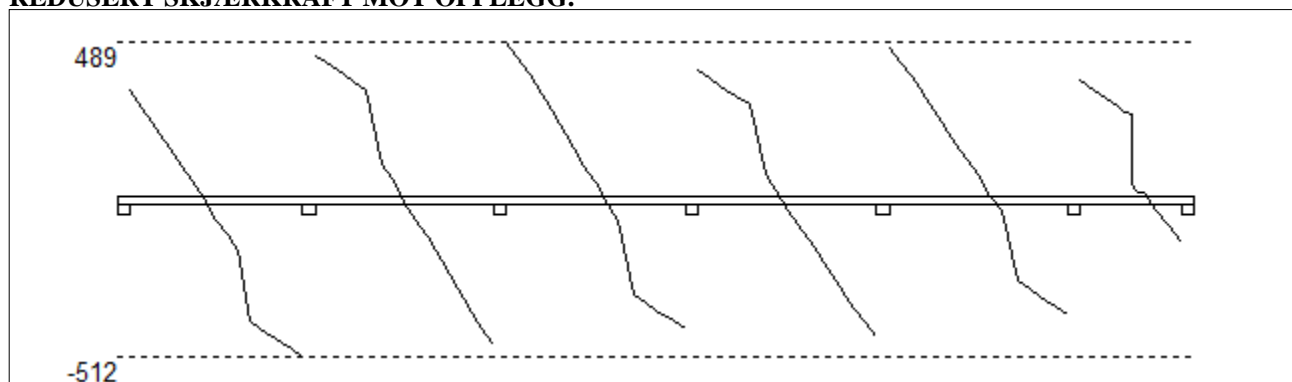
Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	0	0	0	0
2	757	757	757	757
3	559	559	559	559
4	608	608	608	608
5	562	562	562	562
6	483	483	483	483
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			354	336
2	-596	-512	538	446
3	-489	-471	508	489
4	-509	-421	486	397
5	-467	-448	487	468
6	-466	-377	386	365
7	-173	-149		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

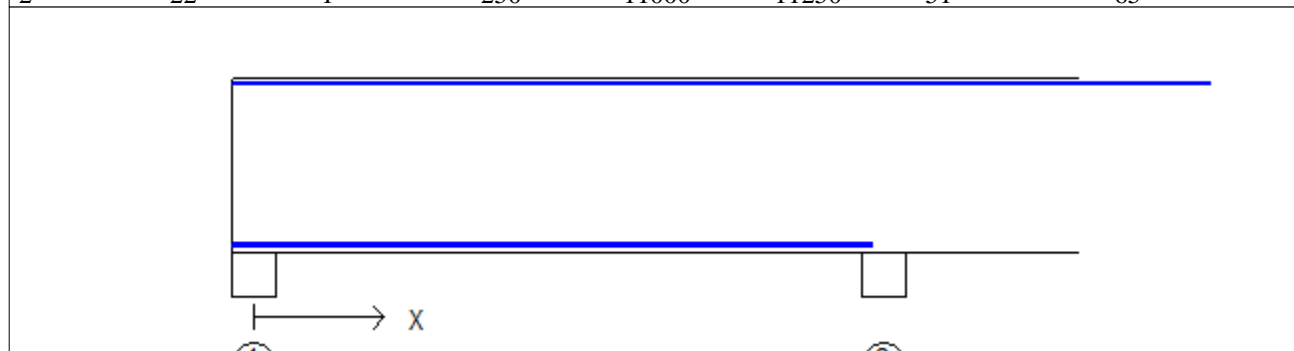
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-250	11000	11250	51	65



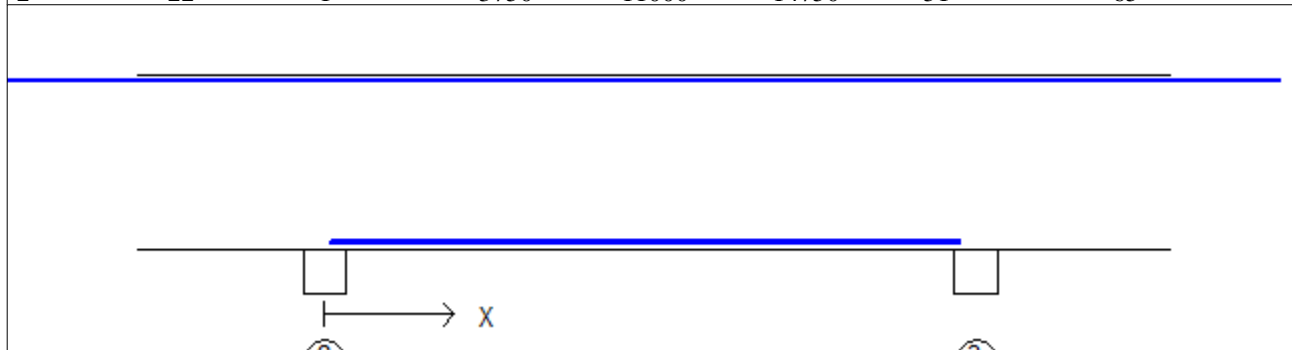
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	-250	7100	7350	83	97
2	22	1	-250	7100	7350	51	65

Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65

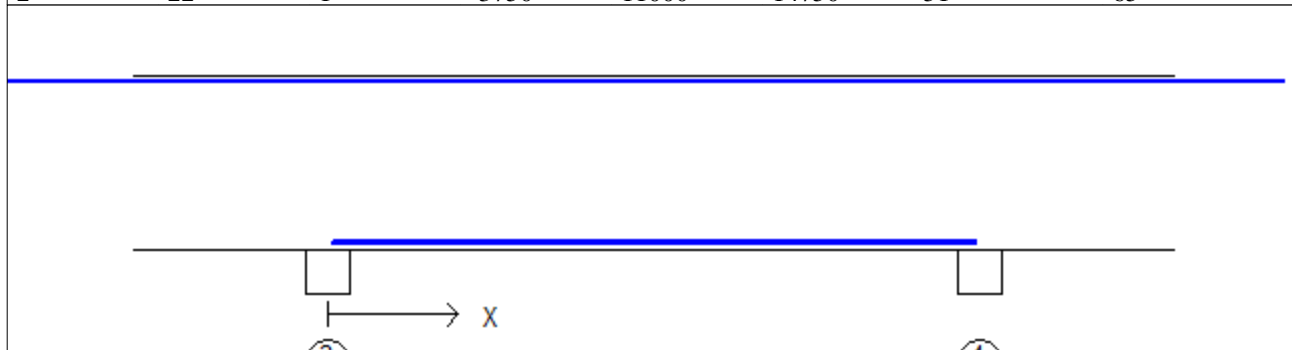


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

1	22	2	50	7300	7250	83	97
2	22	1	50	7300	7250	51	65

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65

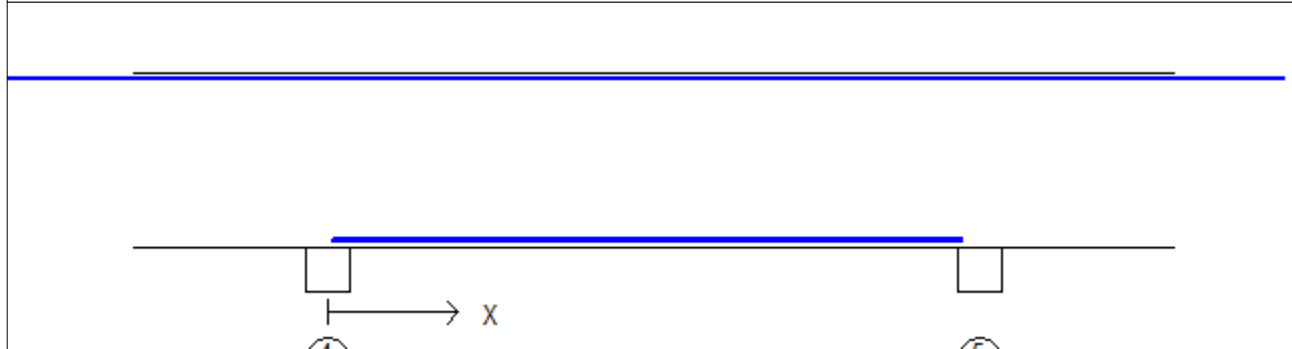


Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

1	22	2	50	7450	7400	83	97
2	22	1	50	7450	7400	51	65

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65



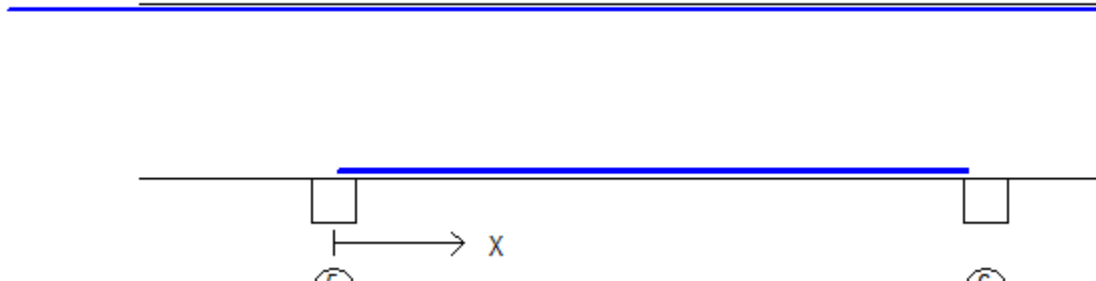
Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

1	22	2	50	7300	7250	83	97
2	22	1	50	7300	7250	51	65

Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65

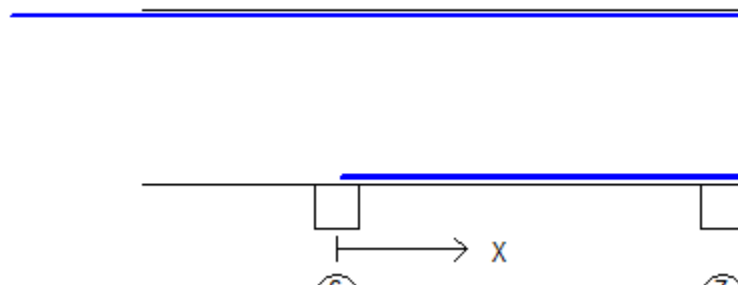


Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7300	7250	83	97
2	22	1	50	7300	7250	51	65

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	4700	8450	51	65



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

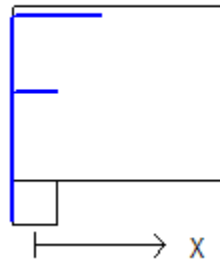
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	4700	4650	83	97
2	22	1	50	4700	4650	51	65

Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

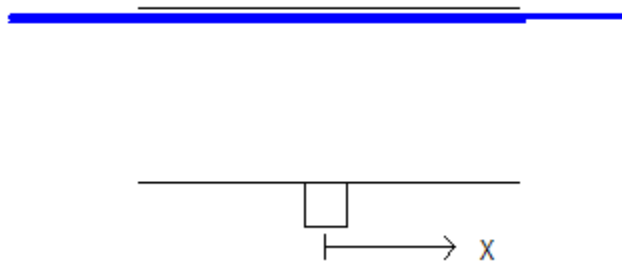
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

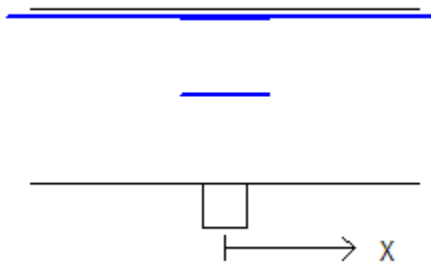
Støttearmering over opplegg nr: 1			Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)			
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-250	750	115	1
2	22	5	-250	250	986	1



Støttearmering over opplegg nr: 2			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
Antall	Ø (mm)	Lag				
2	22	2	-3650	3500	7150	83
2	22	3	-3650	3500	7150	115
1	22	4	-3650	2300	5950	147



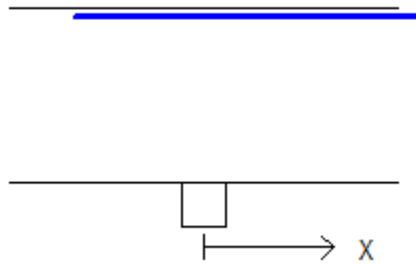
Støttearmering over opplegg nr: 3			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
Antall	Ø (mm)	Lag				
2	22	3	-500	500	1000	115
2	22	5	-500	500	1000	986
2	22	2	-2500	2500	5000	83



Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

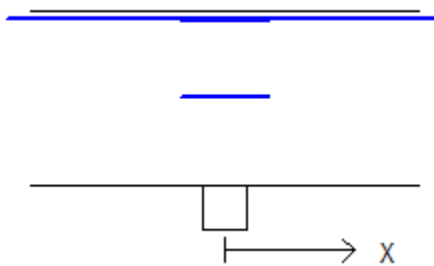
Støttearmering over opplegg nr: 4

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-1500	2500	4000	83
2	22	3	-1500	2500	4000	115



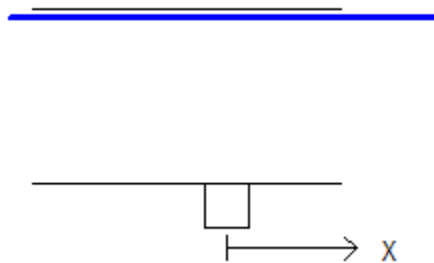
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	83
2	22	3	-500	500	1000	115
2	22	5	-500	500	1000	986



Støttearmering over opplegg nr: 6

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	83
2	22	3	-2500	2500	5000	115

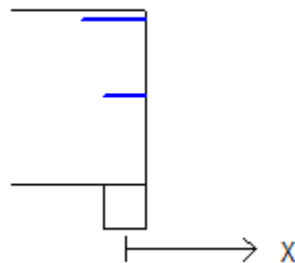


Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-500	250	115	0
2	22	5	-250	250	986	0



3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $38 \times D$ Forankringslengde i overkant: $54 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

1bøyler d 13, L=1070 avstand til kant: 70 mm

Opplegg nr 7

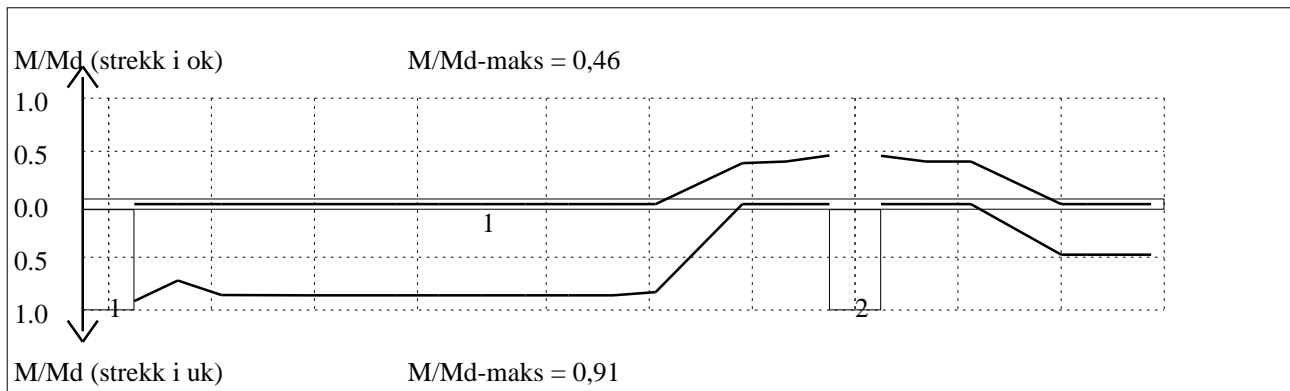
Det trengs ikke forankringsbøyler.

3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

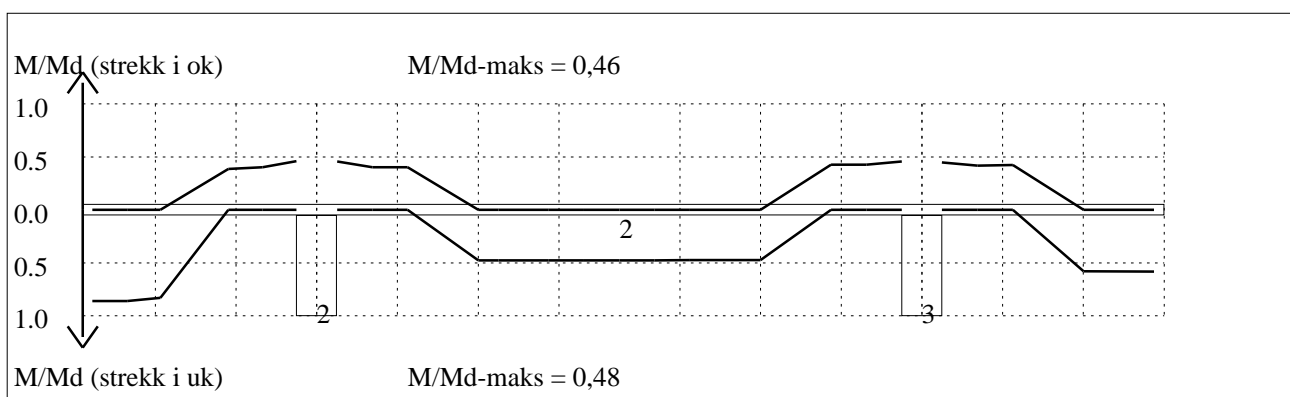
Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	760	760	503	503
2	760	760	503	503
3	760	760	503	503
4	760	760	503	503
5	760	760	503	503
6	760	760	503	503

Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

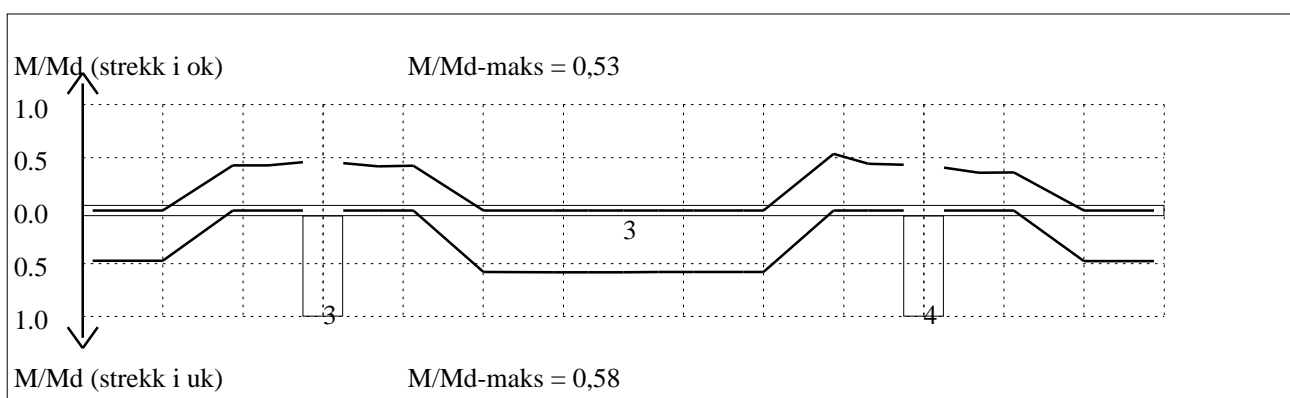
4.1 MOMENTKONTROLL



Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

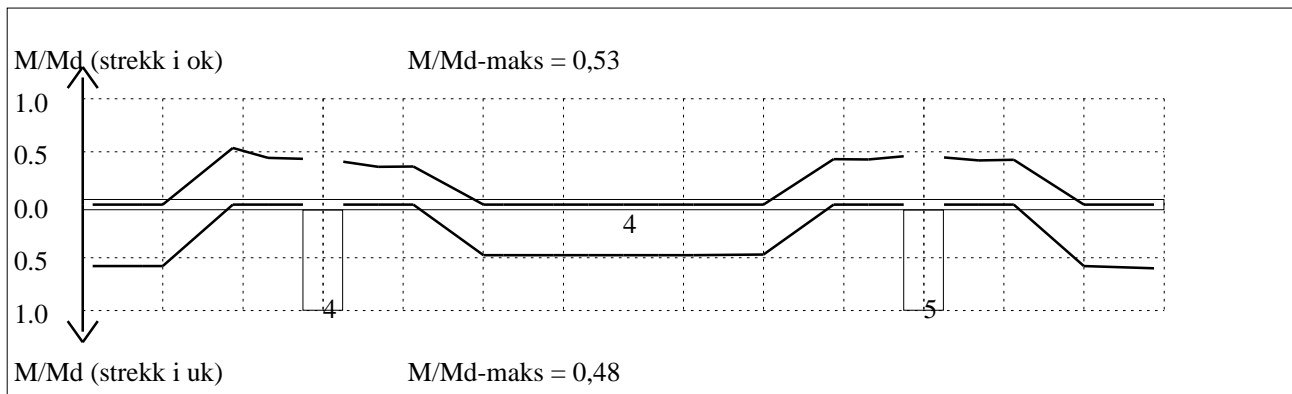


Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

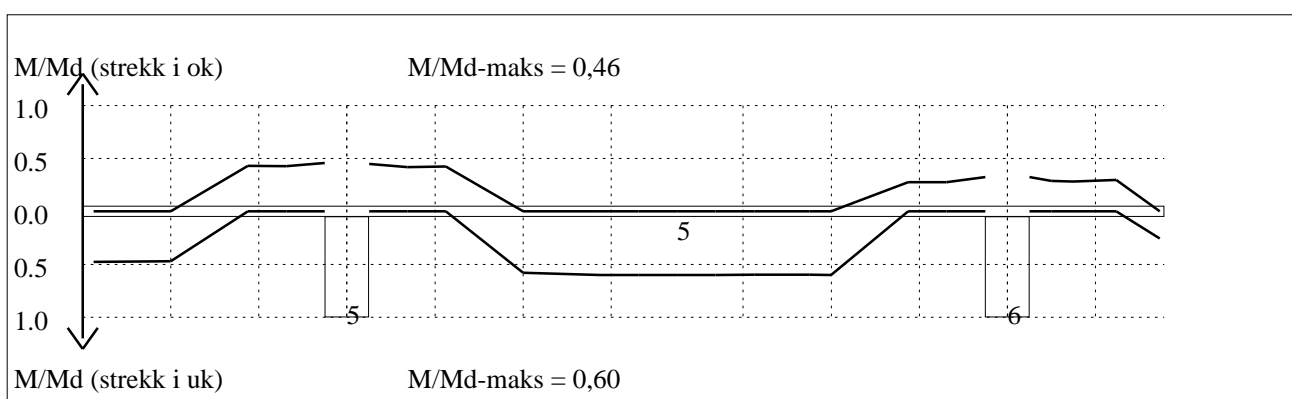


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

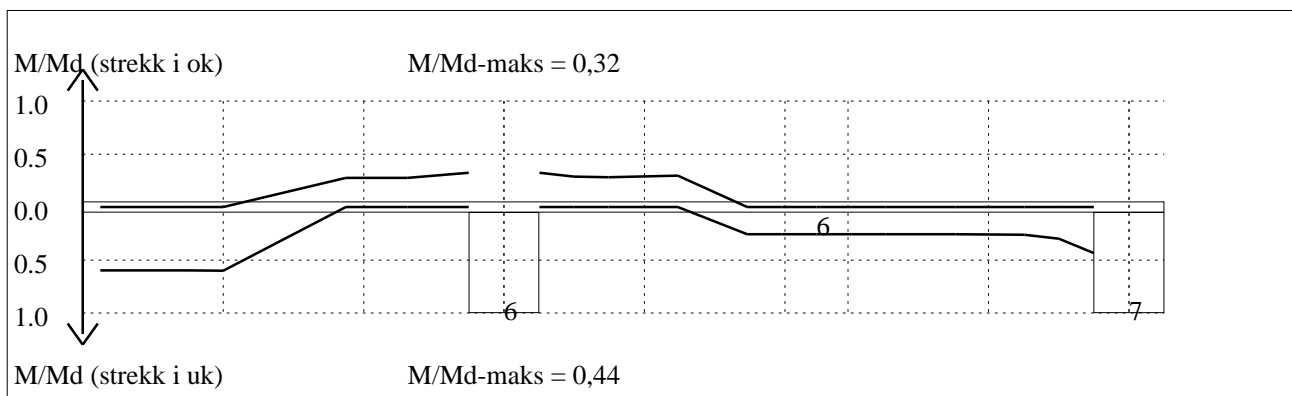
Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

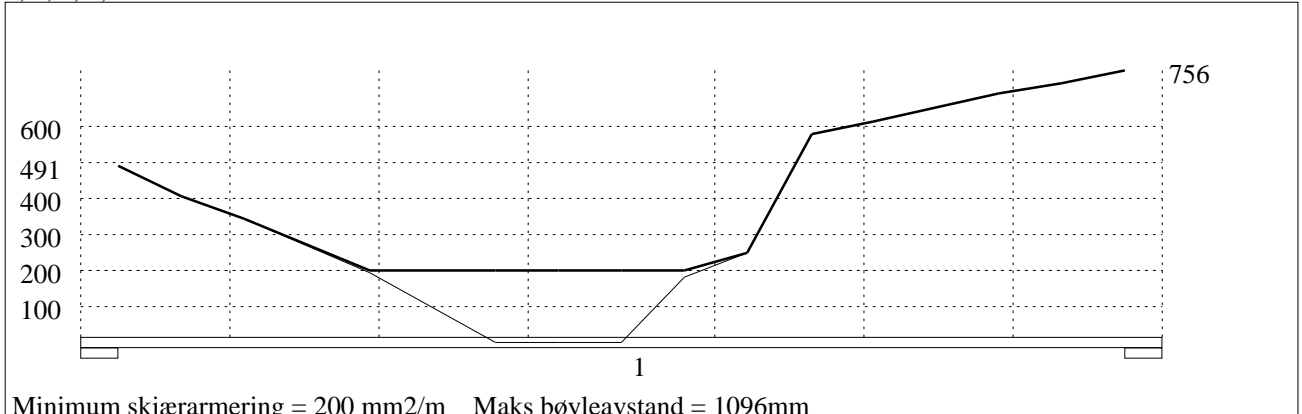


Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

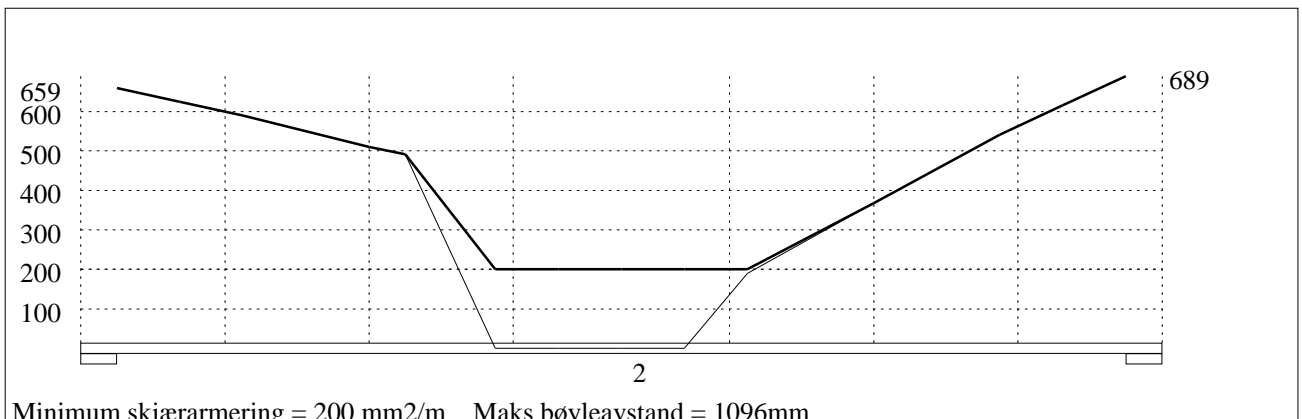
Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

4.2 SKJÆRARMERING

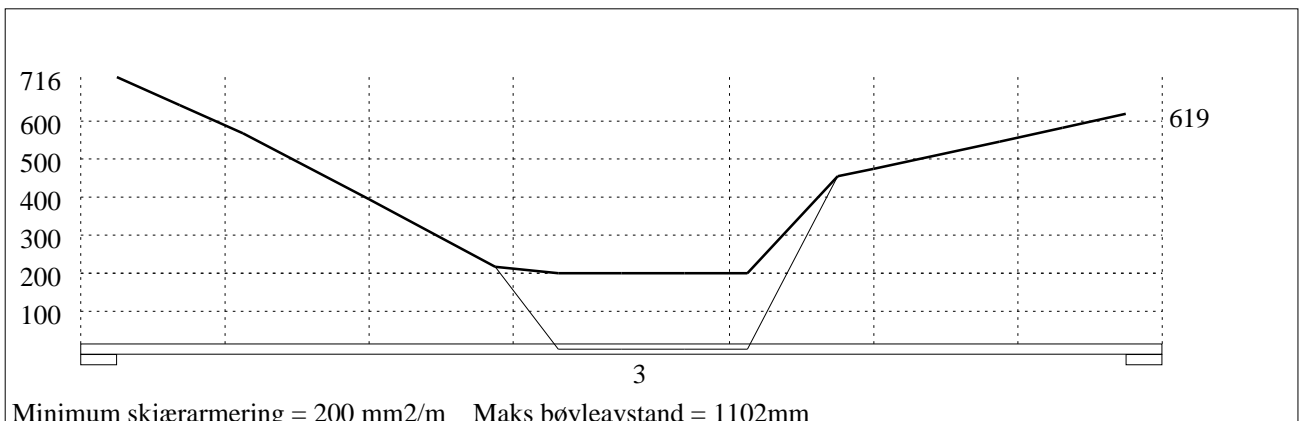
Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3, 4, 5, 6



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

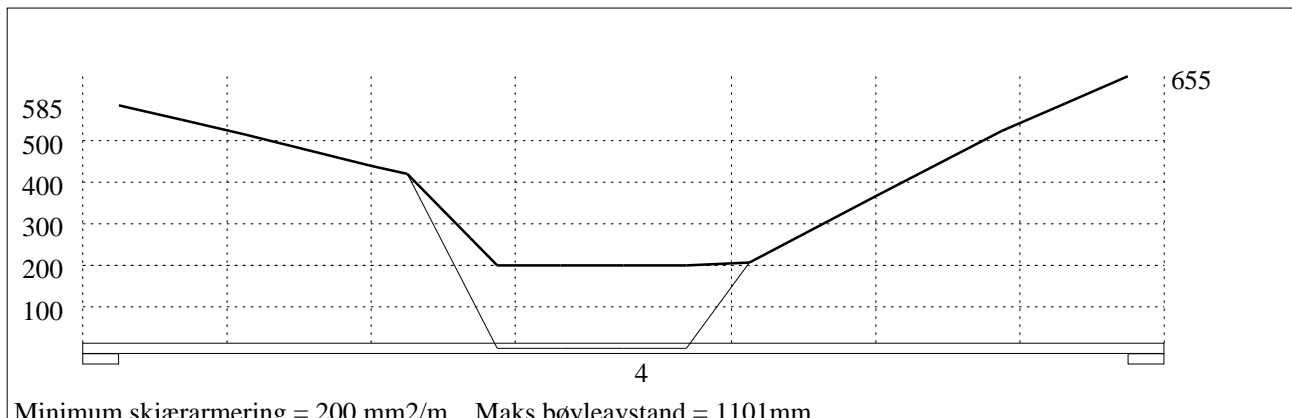


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



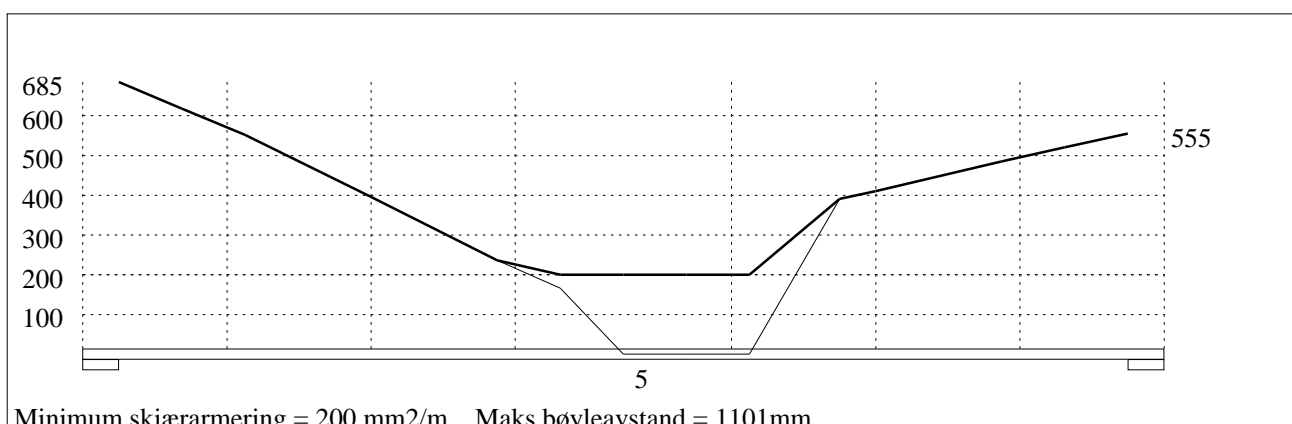
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



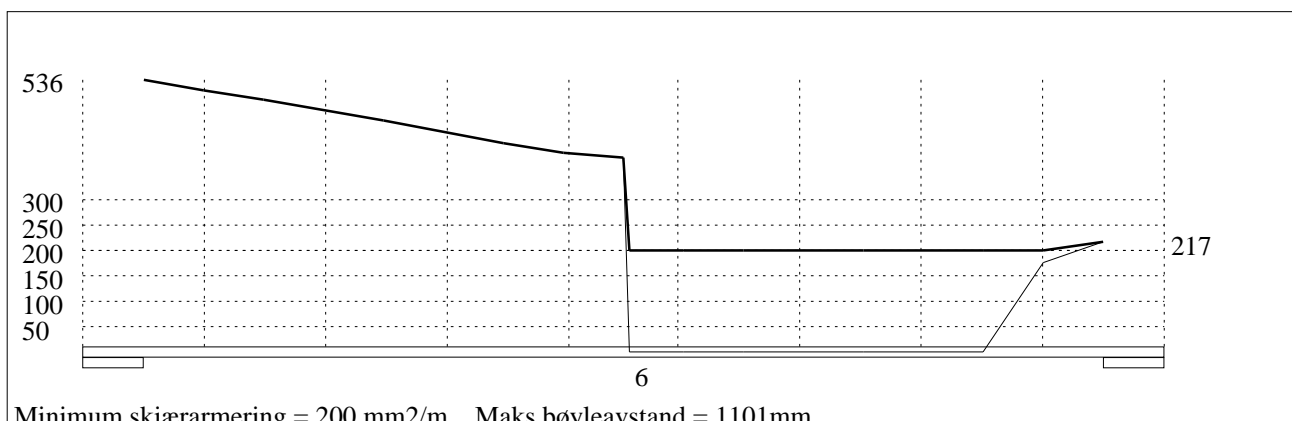
Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1101mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1101mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

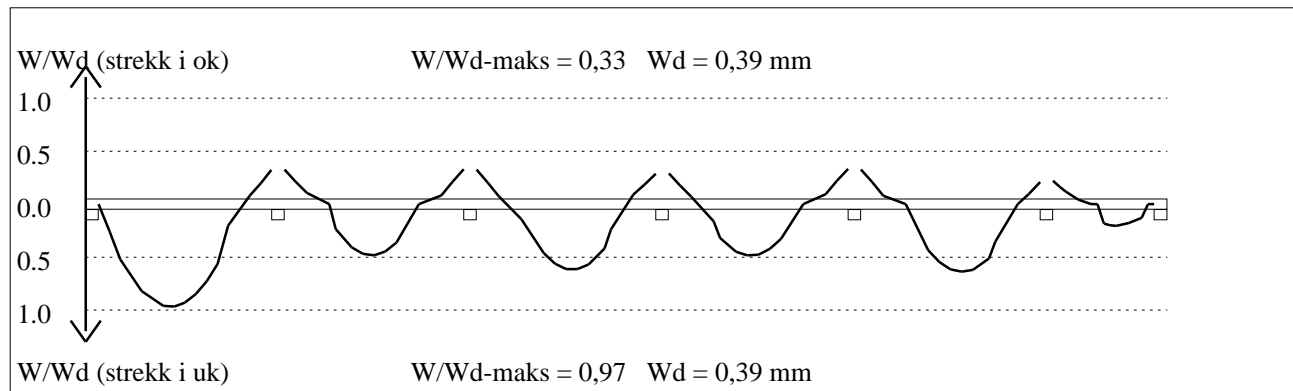


Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1101mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 0.5 m

Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	4	5	5	5
2	1	2	2	2
3	2	3	3	3
4	1	2	2	2
5	2	3	3	3
6	0	0	0	0

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-387	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1162	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1069	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1024	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1018	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-880	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-200	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A26 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

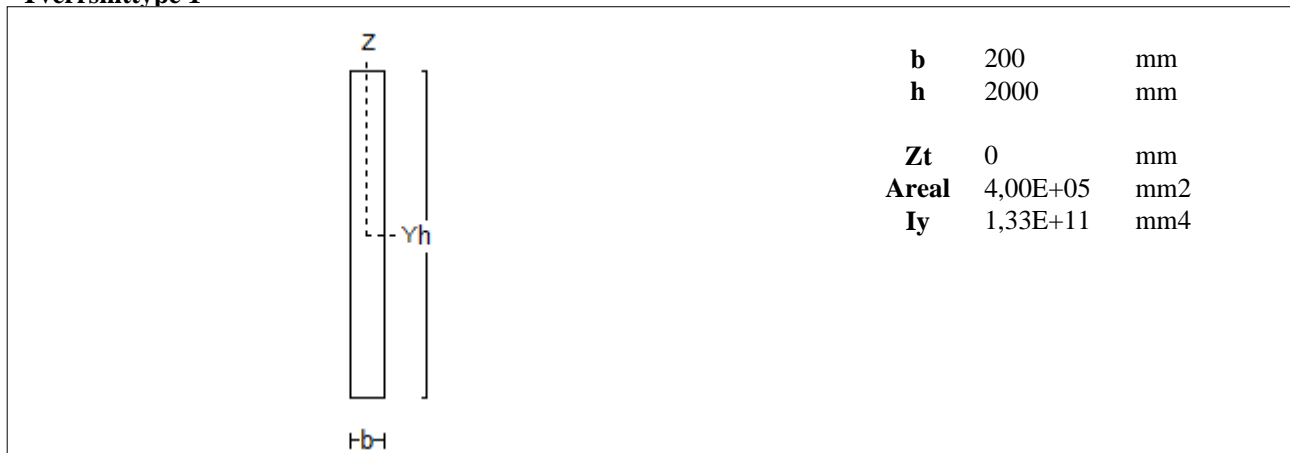
5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
					Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-387	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1162	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1069	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1024	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1018	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-880	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-200	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

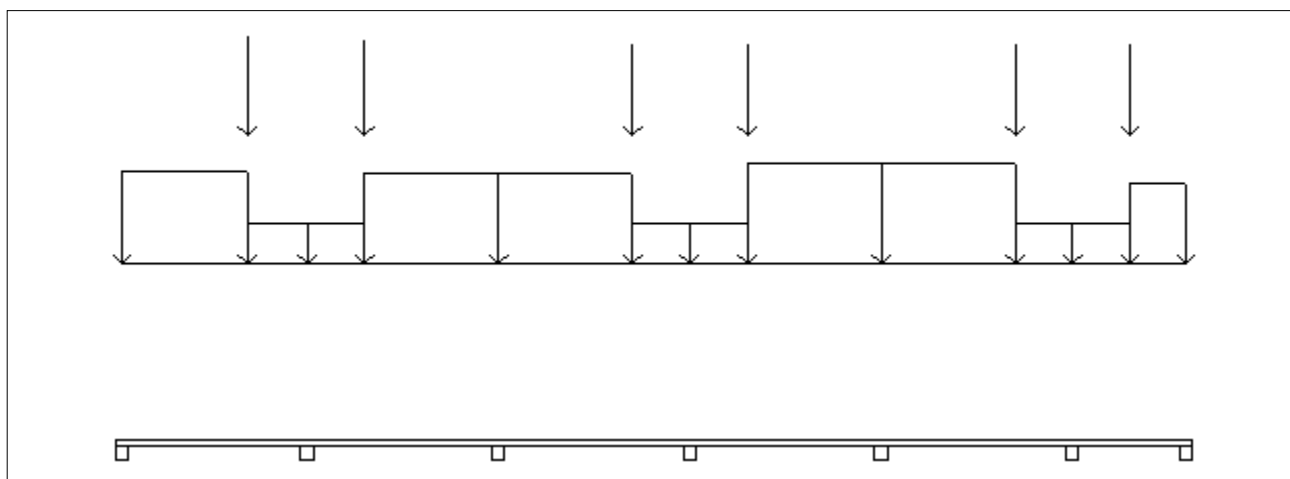
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÉGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,00	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	10,00	0,00	0,00
2	10,00	0,00	0,00
3	10,00	0,00	0,00
4	10,00	0,00	0,00
5	10,00	0,00	0,00
6	10,00	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
232,40	0,00	4900	1
222,98	0,00	2250	2
213,57	0,00	5250	3
213,57	0,00	2250	4
213,57	0,00	5250	5
213,58	0,00	2250	6

Trapeslast (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
116,20	116,20	0,00	0,00	0	4900	1
51,56	51,56	0,00	0,00	4900	7250	1
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	2
113,18	113,18	0,00	0,00	2250	7500	2
113,18	113,18	0,00	0,00	0	5250	3
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	3
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	4
126,25	126,25	0,00	0,00	2250	7500	4
126,25	126,25	0,00	0,00	0	5250	5
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	5
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	6
102,01	102,01	0,00	0,00	2250	4450	6

Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

1.4 MATERIALDATA

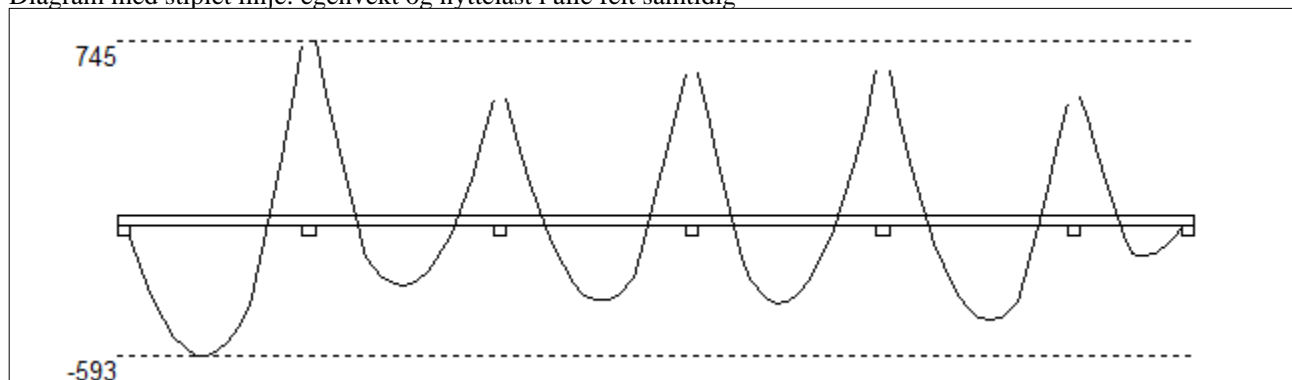
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	182			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,35
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00013
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	-593	-593	-593	-593
2	-293	-293	-293	-293
3	-355	-355	-355	-355
4	-366	-366	-366	-366
5	-438	-438	-438	-438
6	-167	-167	-167	-167

M_g: permanent last M_p: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

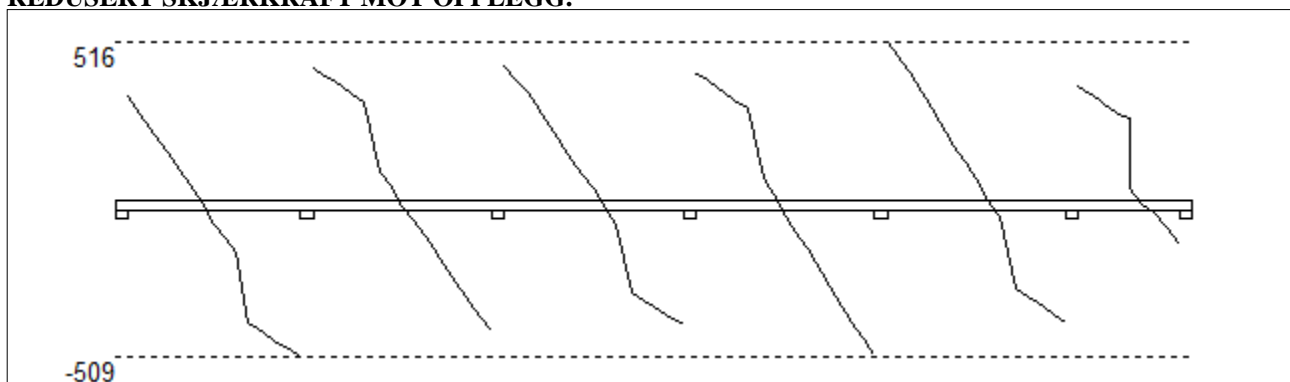
Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	0	0	0	0
2	745	745	745	745
3	500	500	500	500
4	606	606	606	606
5	620	620	620	620
6	502	502	502	502
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLÈGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			356	338
2	-594	-509	521	430
3	-441	-422	457	439
4	-495	-407	500	412
5	-517	-498	535	516
6	-483	-395	391	369
7	-168	-144		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

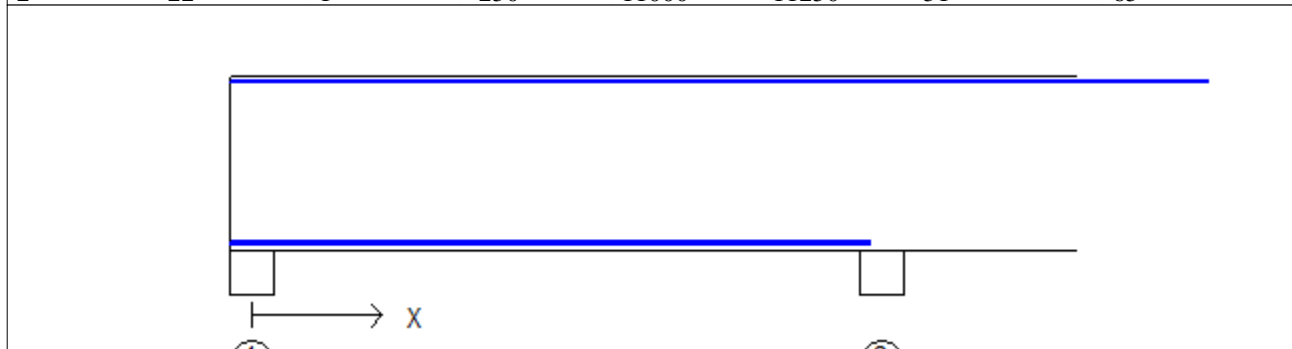
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-250	11000	11250	51	65



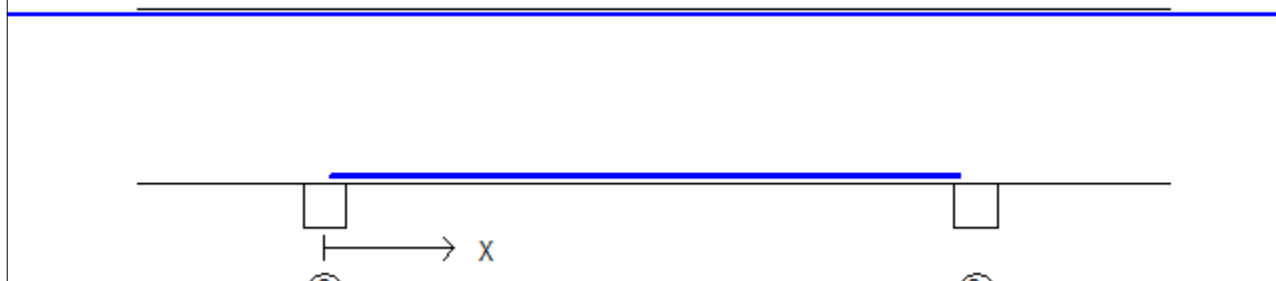
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	-250	7100	7350	83	97
2	22	1	-250	7100	7350	51	65

Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65

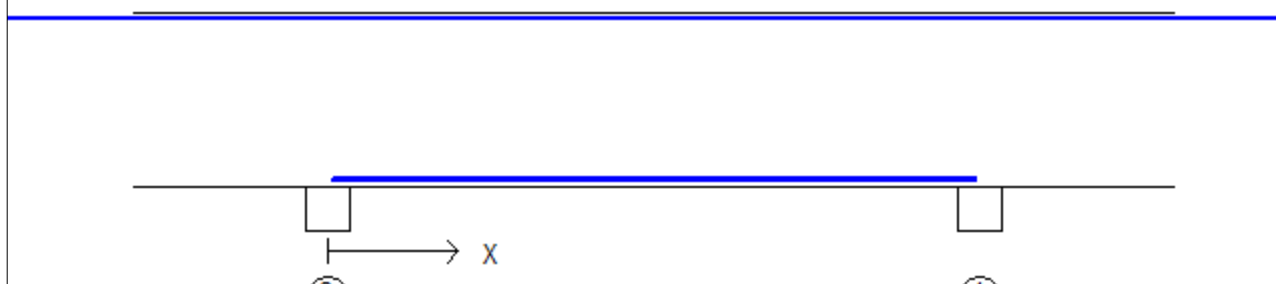


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

1	22	2	50	7300	7250	83	97
2	22	1	50	7300	7250	51	65

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65

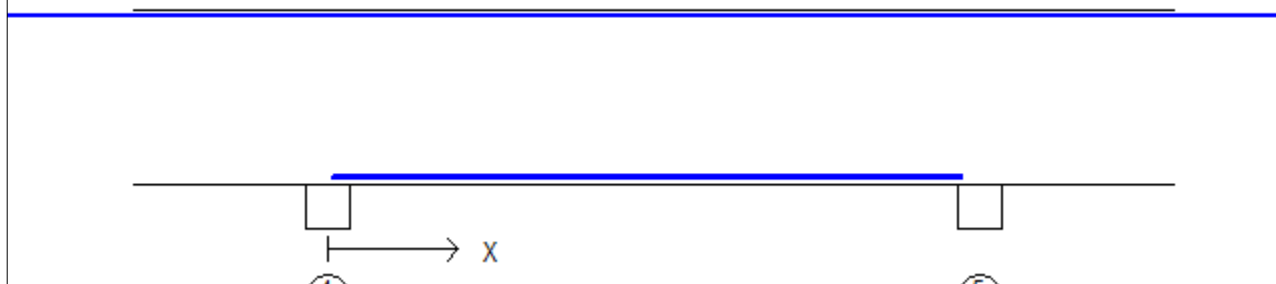


Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

1	22	2	50	7450	7400	83	97
2	22	1	50	7450	7400	51	65

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65



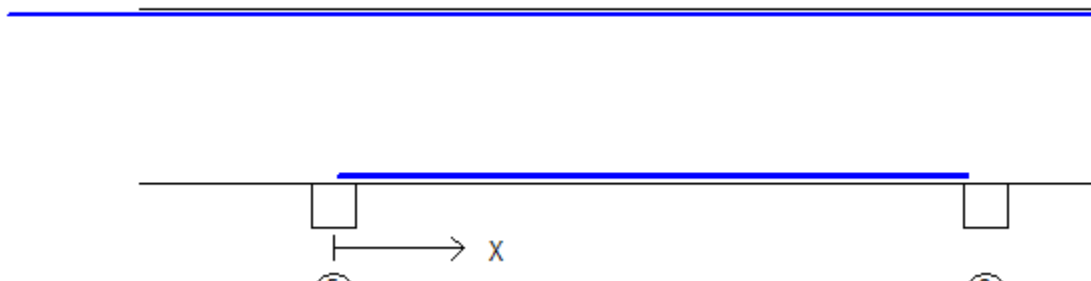
Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

1	22	2	50	7300	7250	83	97
2	22	1	50	7300	7250	51	65

Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	51	65

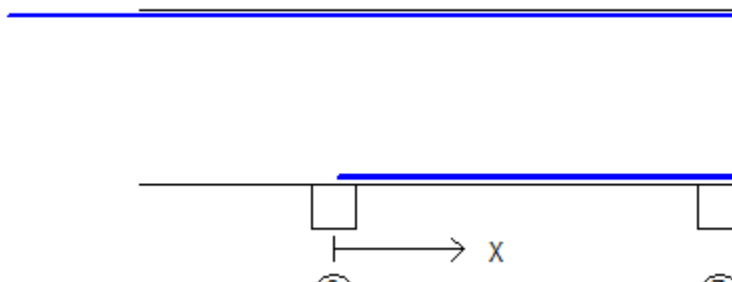


Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7300	7250	83	97
2	22	1	50	7300	7250	51	65

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	4700	8450	51	65



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

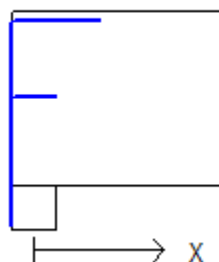
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	4700	4650	83	97
2	22	1	50	4700	4650	51	65

Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

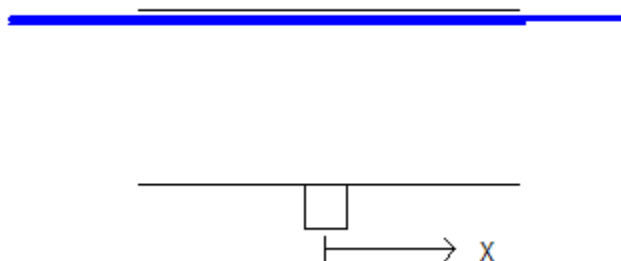
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

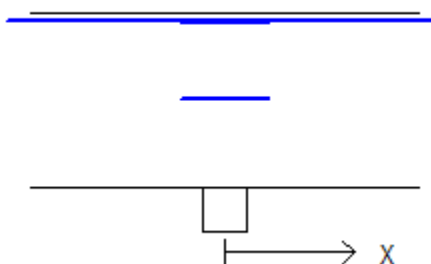
Støttearmering over opplegg nr: 1			Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)			
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-250	750	115	1
2	22	5	-250	250	986	1



Støttearmering over opplegg nr: 2			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
Antall	Ø (mm)	Lag				
2	22	2	-3650	3500	7150	83
2	22	3	-3650	3500	7150	115
1	22	4	-3650	2300	5950	147



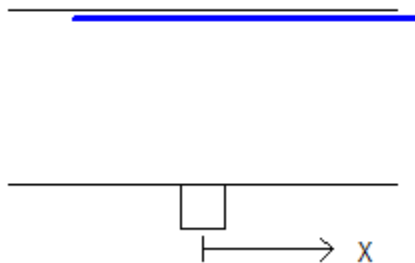
Støttearmering over opplegg nr: 3			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
Antall	Ø (mm)	Lag				
2	22	3	-500	500	1000	115
2	22	5	-500	500	1000	986
2	22	2	-2500	2500	5000	83



Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

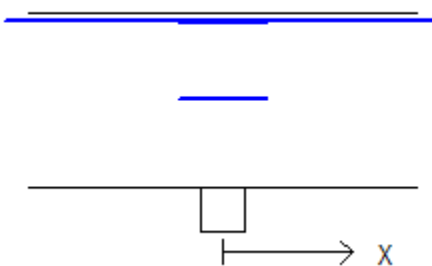
Støttearmering over opplegg nr: 4

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-1500	2500	4000	83
2	22	3	-1500	2500	4000	115



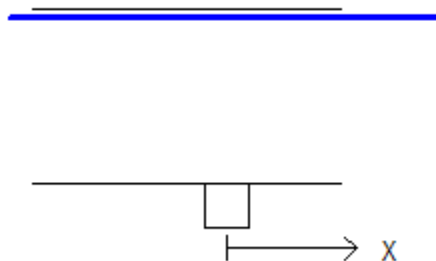
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	83
2	22	3	-500	500	1000	115
2	22	5	-500	500	1000	986



Støttearmering over opplegg nr: 6

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	83
2	22	3	-2500	2500	5000	115

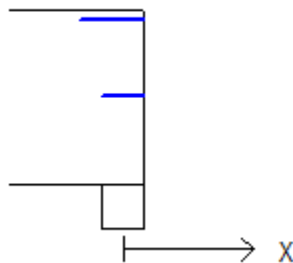


Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-500	250	115	0
2	22	5	-250	250	986	0



3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $38 \times D$ Forankringslengde i overkant: $54 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyer) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

1bøyer d 13, L=1070 avstand til kant: 70 mm

Opplegg nr 7

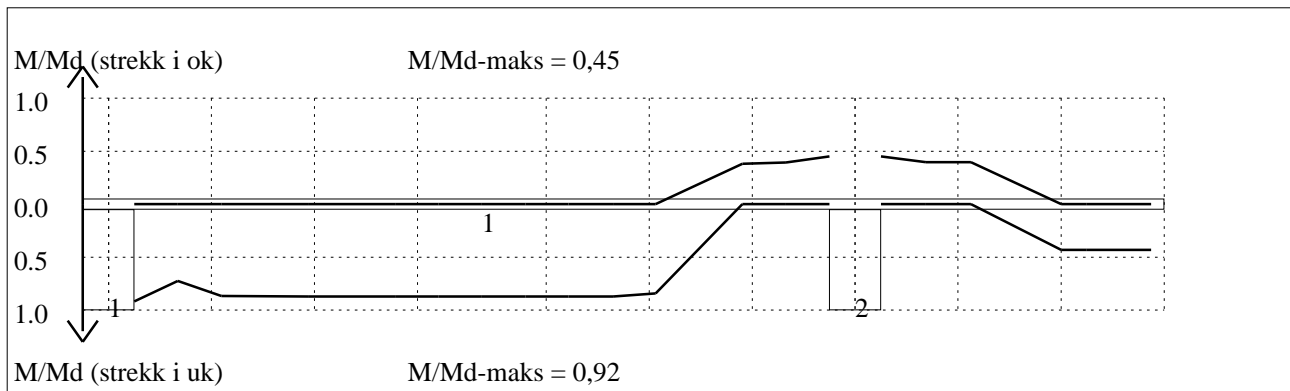
Det trengs ikke forankringsbøyer.

3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

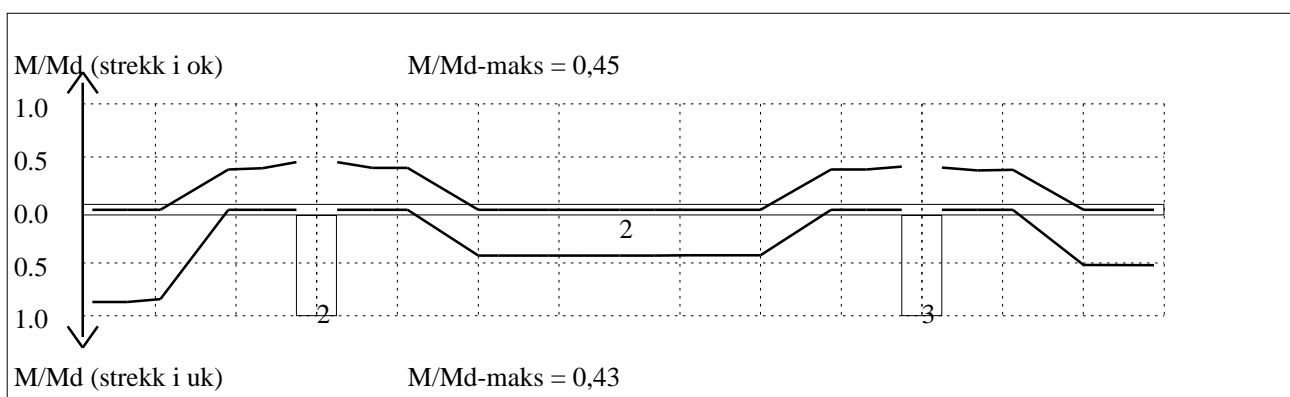
Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	760	760	503	503
2	760	760	503	503
3	760	760	503	503
4	760	760	503	503
5	760	760	503	503
6	760	760	503	503

Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

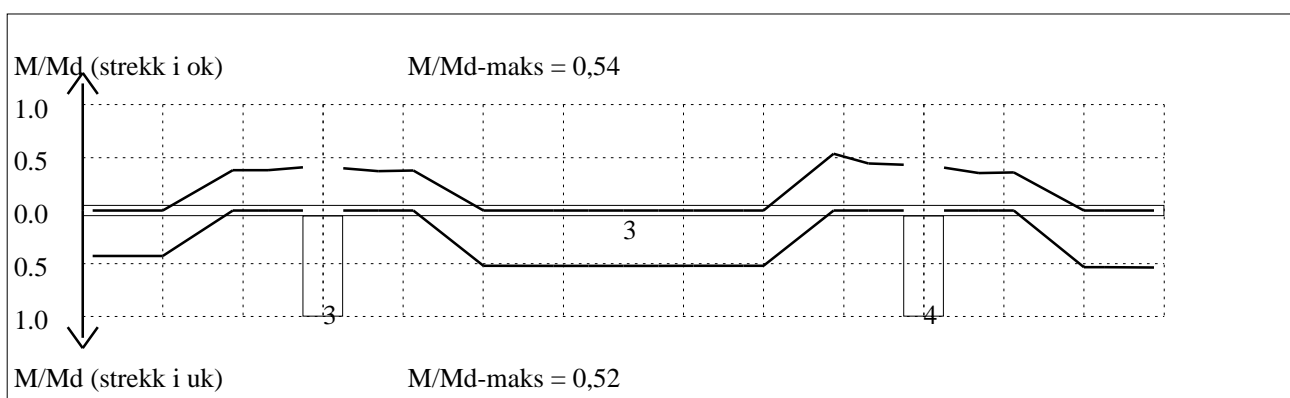
4.1 MOMENTKONTROLL



Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

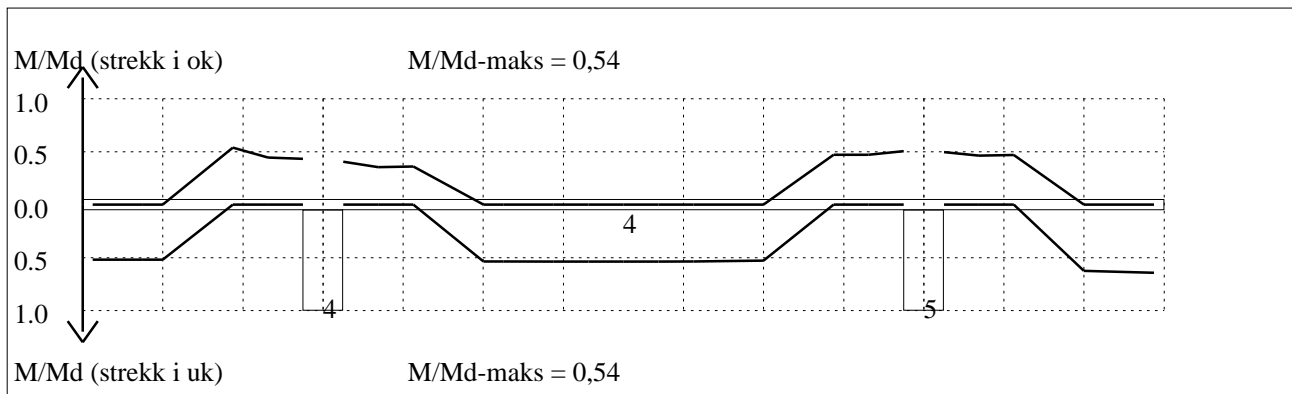


Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

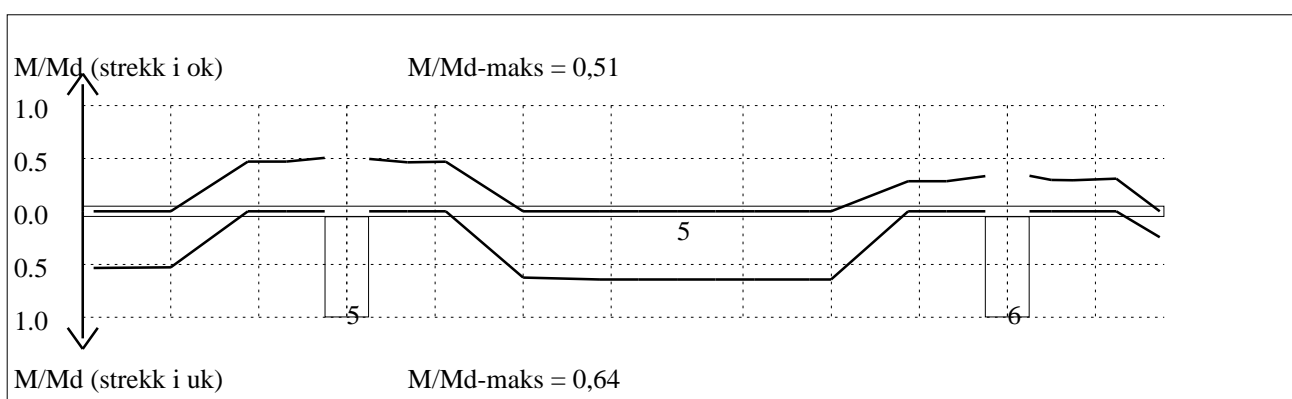


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

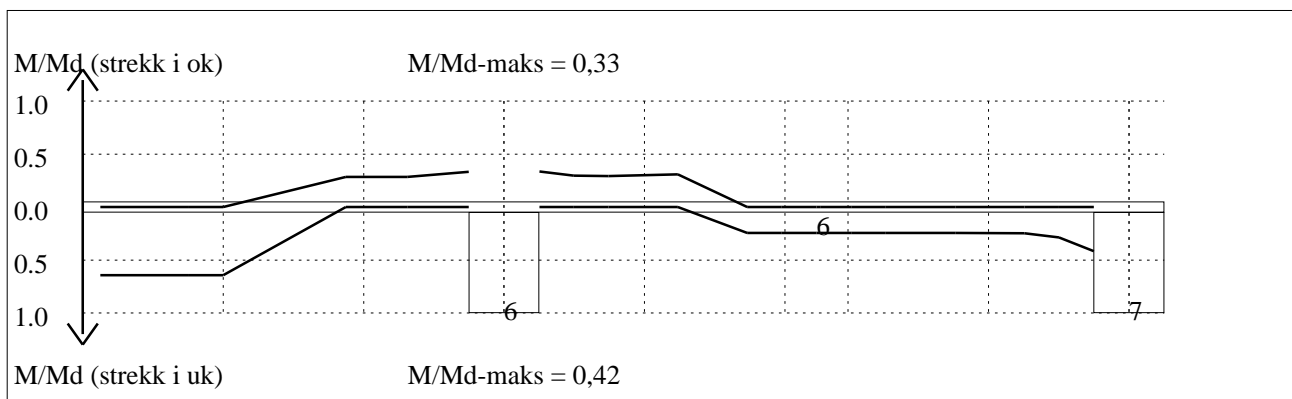
Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

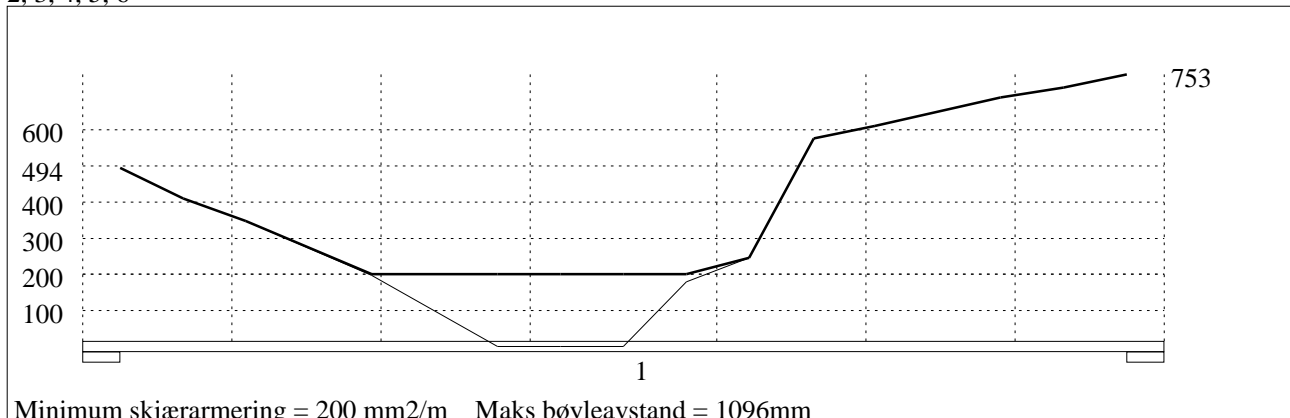


Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

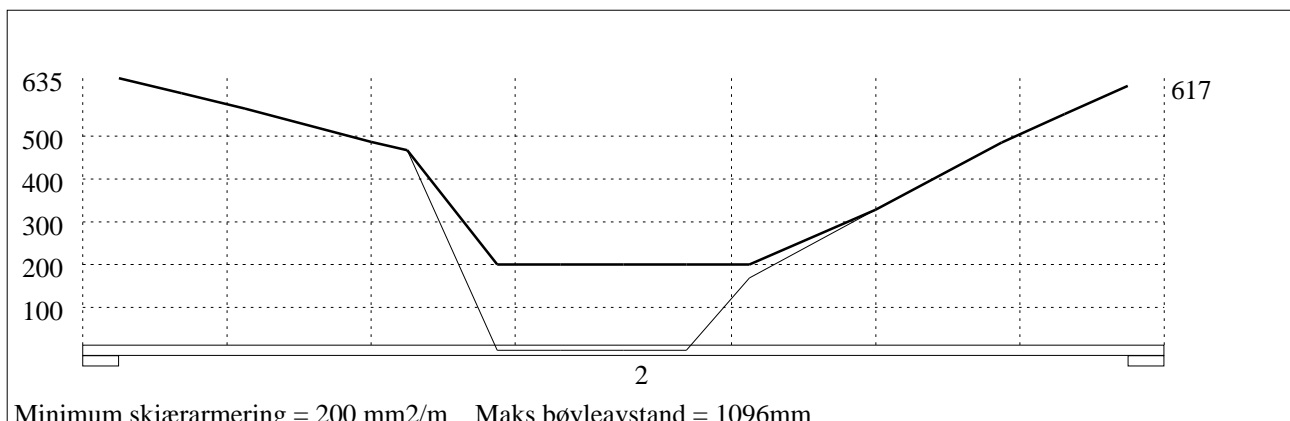
Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

4.2 SKJÆRARMERING

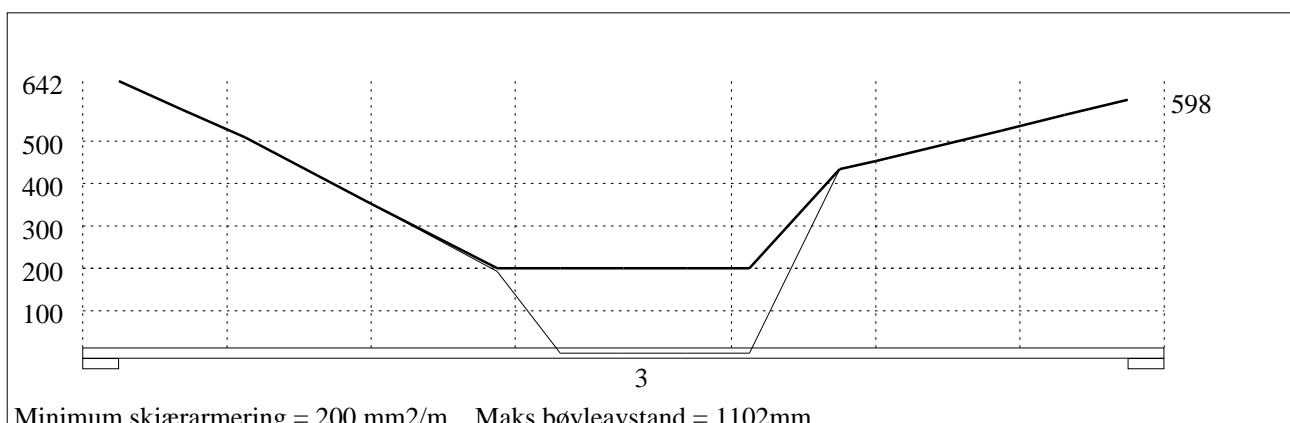
Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3, 4, 5, 6



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

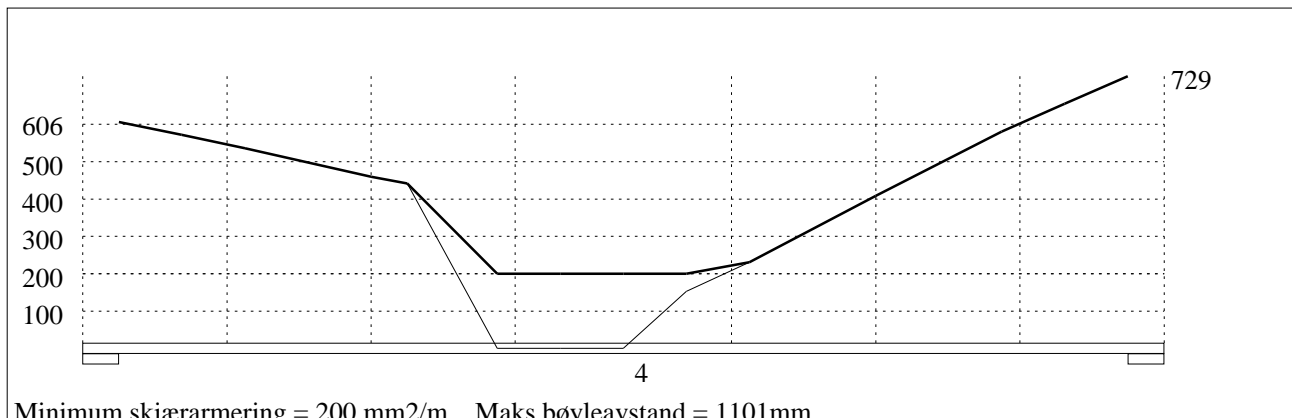


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



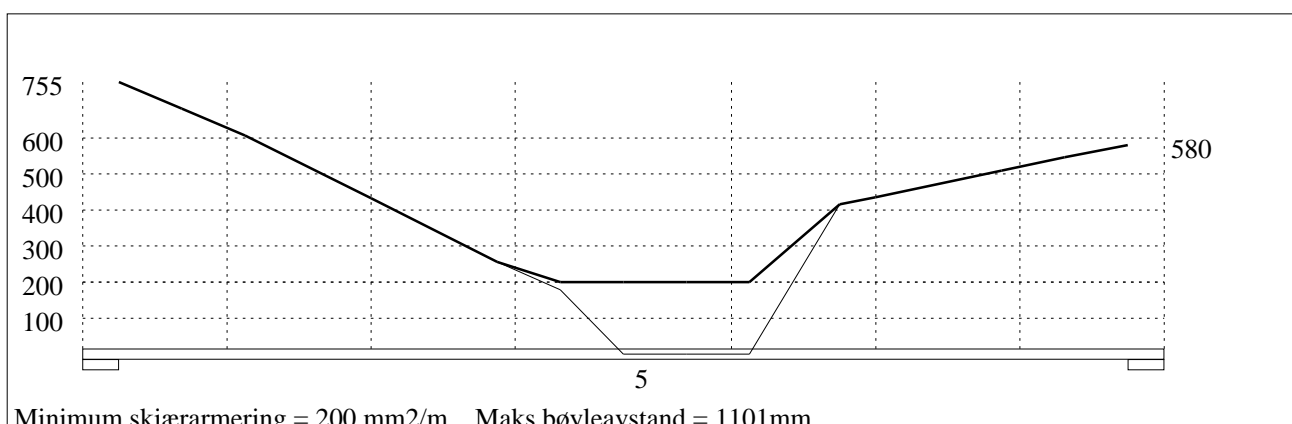
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022



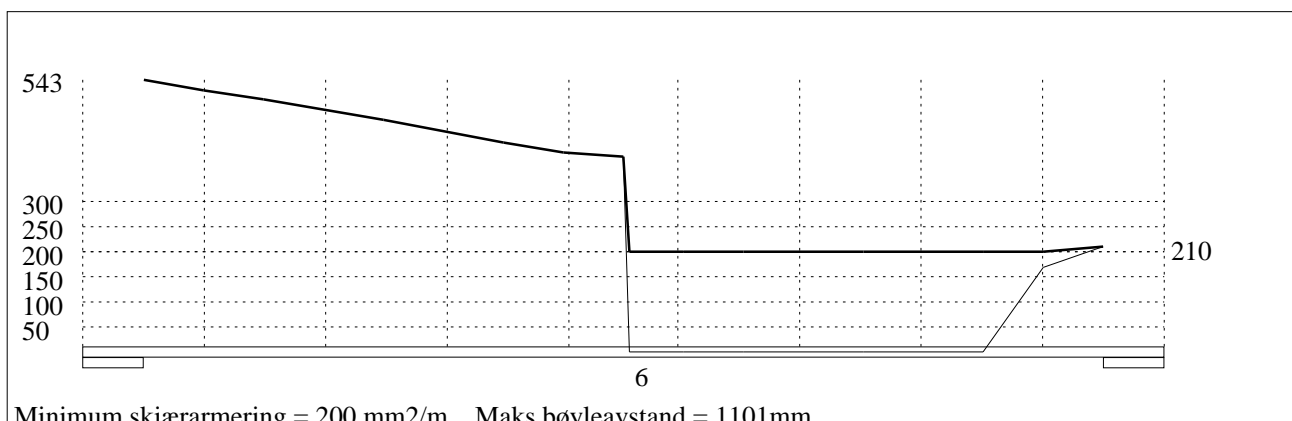
Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1101mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1101mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

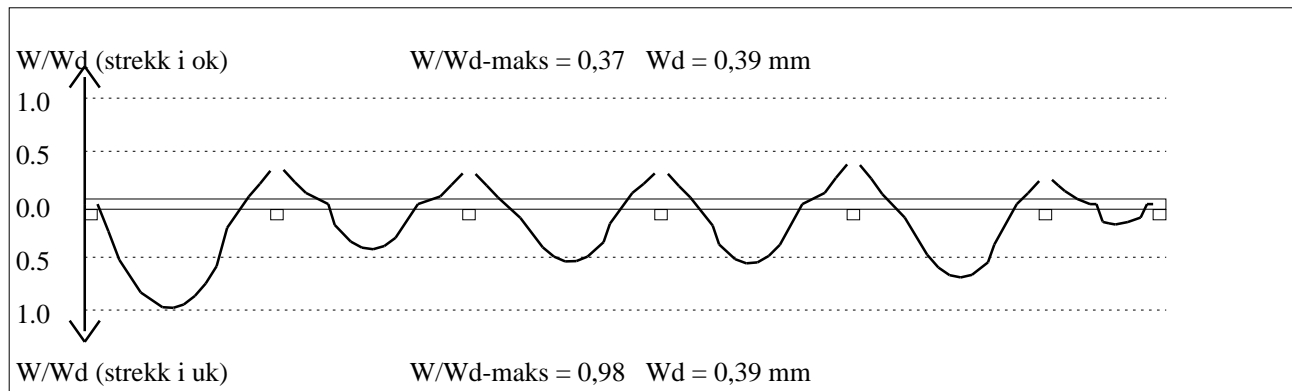


Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1101mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 0.5 m

Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	4	5	5	5
2	1	1	1	1
3	2	2	2	2
4	2	2	2	2
5	2	3	3	3
6	0	0	0	0

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-390	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1143	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-962	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1024	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1123	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-902	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-196	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A27 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 19-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
					Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-390	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1143	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-962	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1024	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1123	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-902	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-196	0,00	0	0,00	0	0,00		

Vedlegg A28- Skjærkontroll bjelker

Bjelke Bj.C.306

Bj.C.306 er armert med $\varnothing 10$ bøyer c 250. I tillegg tar noe av armeringen som blir bøyd opp i bjelken skjærkrefter. Dette er 2 stk $\varnothing 19$.
Se vedlegg B1. Tegning 261-A139

$\varnothing 10$ bøyer c 250:

$$\varnothing := 10 \text{ mm}$$

$$c := 250 \text{ mm}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 8$$

$$A_{s,1} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2} \right)^2 \right) = (6.283 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

2 stk. $\varnothing 19$:

$$\varnothing := 19 \text{ mm} \quad n := 2$$

$$A_{s,2} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2} \right)^2 \right) = (5.671 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$A_s := A_{s,1} + A_{s,2} = 0.001 \text{ m}^2$$

$$A_{s,n\varnothing dv} := 2447 \text{ mm}^2$$

Se vedlegg A14

$$A_s = 0.001 \text{ m}^2$$

<

$$A_{s,n\varnothing dv} = 0.002 \text{ m}^2$$

Armeringen som tar skjærkreftene i bjelke Bj.C.306 er ikke tilstrekkelig i forhold til den nødvendige armeringen som er beregnet i K-bjelke.

Bjelke Bj.C.307 nr.1:

Bj.C.307 nr. 1 er armert med bøyler $\varnothing 13$ og $\varnothing 16$. [Se vedlegg B1. Tegning 255-A133](#)

$\varnothing 13$ c 200:

$$\varnothing := 13 \text{ mm} \quad c := 200 \text{ mm} \quad b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 10$$

$$A_{s,1} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2} \right)^2 \right) = 0.001 \text{ m}^2$$

$\varnothing 16$ c 200:

$$\varnothing := 16 \text{ mm} \quad c := 200 \text{ mm} \quad b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 10$$

$$A_{s,2} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2} \right)^2 \right) = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_s := A_{s,1} + A_{s,2} = 0.003 \text{ m}^2$$

$$A_{s,n\ddot{o}dv} := 3883 \text{ mm}^2$$

[Se vedlegg A18](#)

$$A_s = 0.003 \text{ m}^2 \quad < \quad A_{s,n\ddot{o}dv} = 0.004 \text{ m}^2$$

Armeringen som tar skjærkreftene i bjelke Bj.C.307 nr.1 er ikke tilstrekkelig i forhold til den nødvendige armeringen som er beregnet i K-bjelke.

Bjelke Bj.C.307 nr. 2:

Bj.C.307 nr. 2 er armert med bøyler $\varnothing 13$ og $\varnothing 16$.

[Se vedlegg B1. Tegning 255-A133](#)

$\varnothing 13$ c 200:

$$\varnothing := 13 \text{ mm} \quad c := 200 \text{ mm} \quad b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 10$$

$$A_{s,1} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2} \right)^2 \right) = 0.001 \text{ m}^2$$

Ø16 c 200:

$$\emptyset := 16 \text{ mm}$$

$$c := 200 \text{ mm}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 10$$

$$A_{s,2} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2} \right)^2 \right) = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_s := A_{s,1} + A_{s,2} = 0.003 \text{ m}^2$$

$$A_{s,n\ddot{o}dv} := 4446 \text{ mm}^2$$

Se vedlegg A21

$$A_s = 0.003 \text{ m}^2$$

<

$$A_{s,n\ddot{o}dv} = 0.004 \text{ m}^2$$

Armeringen som tar skjærkreftene i bjelke Bj.C.307 nr.2 er ikke tilstrekkelig i forhold til den nødvendige armeringen som er beregnet i K-bjelke.

Bjelke Bj.C.308 :

Bj.C.308 er armert med bøyler Ø13 c250. Se vedlegg B1. Tegning 257-A134

Ø13 c 250:

$$\emptyset := 13 \text{ mm}$$

$$c := 250 \text{ mm}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 8$$

$$A_s := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2} \right)^2 \right) = 0.001 \text{ m}^2$$

$$A_{s,n\ddot{o}dv} := 756 \text{ mm}^2$$

Se vedlegg A25

$$A_s \geq A_{s,n\ddot{o}dv} = 1 \quad \text{Ok!}$$

Vedlegg A29 - Forslag til forbedring PI.C.305

1. Plate -ytterst:

$$G_{Ed} := 25 \frac{kN}{m^3} \cdot 0.2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1.2 = (6 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \begin{array}{l} \text{Egenlast fra nytt dekke i bruddgrense} \\ \text{Fra Byggforsk Blad 471.031} \end{array}$$

$$P_{Ed} := 4 \frac{kN}{m} \cdot 1.5 = (6 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \begin{array}{l} \text{Nyttelast fra takterrassen i bruddgrense} \\ \text{-dominerende last Se Vedlegg A1} \end{array}$$

$$S_{Ed} := 3.26 \frac{kN}{m} \cdot 1.05 = (3.423 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \begin{array}{l} \text{Snølast i bruddgrense} \\ \text{Se vedlegg A2} \end{array}$$

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{kN}{m} \cdot 0.95 \cdot 1.05 = (1.636 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \begin{array}{l} \text{Vindlast i bruddgrense} \\ \text{Se vedlegg A4 og A5} \end{array}$$

$$q_{Ed} := P_{Ed} + G_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed} = (17.059 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Jevnt fordelt last på platen}$$

$$L := 10.25 \text{ m}$$

Platen er fritt opplagt på tre opplegg

$$M_{Ed, \text{felt}} := \frac{9}{128} \cdot \left((q_{Ed} - P_{Ed}) \cdot \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right) + \left(0.0957 \cdot P_{Ed} \cdot \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right) = (35.505 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Feltmoment -nyttelast plassert over et felt

$$M_{Ed, \text{støtte}} := \frac{\left(q_{Ed} \cdot \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right)}{8} = (56.008 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Støttemoment}$$

$$V_{Ed,1} := 0.375 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (32.785 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \begin{array}{l} \text{Skjær i første og tredje} \\ \text{opplegg} \end{array}$$

$$V_{Ed,2} := 1.25 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (109.284 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Skjær i andre opplegg}$$

Armering felt:

$$\varnothing := 12 \text{ mm} \quad f_{cd} := 19.8 \frac{N}{mm^2} \quad f_{yd} := 434.8 \frac{N}{mm^2} \quad b := 1000 \text{ mm}$$

$$d := 200 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - \frac{\varnothing}{2} = (159 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = (137.655 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$A_s := \frac{M_{Ed.felt}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.felt}}{M_{Rd}}\right) \cdot d} = (537.131 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$n := \frac{A_s}{\pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2} = 4.749 \quad c := \frac{1000 \text{ mm}}{n} = (210.558 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

Armering uk: Ø12 c 200

Armering støtte:

$$\emptyset := 16 \text{ mm}$$

$$d := 200 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - \frac{\emptyset}{2} = (157 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = (134.214 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$A_s := \frac{M_{Ed.støtte}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.støtte}}{M_{Rd}}\right) \cdot d} = (883.114 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$n := \frac{A_s}{\pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2} = 4.392 \quad c := \frac{1000 \text{ mm}}{n} = (227.674 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

Armering ok: Ø16 c 200

2. Plate -midterst:

$$G_{Ed} = (6 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast fra nytt dekke i bruddgrense

$$P_{Ed} = (6 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Nyttelast fra takterrassen i bruddgrense
-dominerende last

$$S_{Ed.1} := S_{Ed} = (3.423 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense}$$

$$S_{Ed.2} := 0.75 \frac{kN}{m} \quad \text{Snølast grunnet bygg C: trekantlast med lengde på 1.34 m}$$

$$V_{Ed} = (1.636 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (17.809 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Jevntfordelt last}$$

$$L := 10.25 \text{ m}$$

Platen er fritt opplagt på tre opplegg

$$M_{Ed.felt} := \frac{9}{128} \cdot \left((q_{Ed} - P_{Ed}) \cdot \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right) + \left(0.0957 \cdot P_{Ed} \cdot \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right) = (36.89 \cdot 10^3) \text{ J}$$

Feltmoment -nyttelast plassert over et felt

$$M_{Ed.støtte} := \frac{\left(q_{Ed} \cdot \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right)}{8} = (58.47 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Støttemoment}$$

$$V_{Ed.1} := 0.375 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (34.226 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Skjær i første og tredje opplegg}$$

$$V_{Ed.2} := 1.25 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (114.088 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Skjær i andre opplegg}$$

Armering felt:

$$\varnothing := 12 \text{ mm} \quad f_{cd} := 19.8 \frac{N}{mm^2} \quad f_{yd} := 434.8 \frac{N}{mm^2} \quad b := 1000 \text{ mm}$$

$$d := 200 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - \frac{\varnothing}{2} = (159 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = (137.655 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$A_s := \frac{M_{Ed.felt}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.felt}}{M_{Rd}} \right) \cdot d} = (559.085 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$n := \frac{A_s}{\pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2} = 4.943 \quad c := \frac{1000 \text{ mm}}{n} = (202.29 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

Armering uk: ø12 c 200

Armering støtte:

$$\emptyset := 16 \text{ mm}$$

$$d := 200 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - \frac{\emptyset}{2} = (157 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = (134.214 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$A_s := \frac{M_{Ed.støtte}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.støtte}}{M_{Rd}}\right) \cdot d} = (925.045 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$n := \frac{A_s}{\pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2} = 4.601 \quad c := \frac{1000 \text{ mm}}{n} = (217.354 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

Armering ok: ø16 c 200

3.Plate -innerst:

$$G_{Ed} = (6 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast fra nytt dekke i bruddgrense}$$

$$P_{Ed} := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.05 = (4.2 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Nyttelast fra takterrassen i bruddgrense -dominerende last}$$

$$S_{Ed} := 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5 = (12 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast i bruddgrense -trekantlast grunnet bygg C}$$

$$V_{Ed} = (1.636 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense}$$

Regner konservativt med den største verdien av snølasten

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed} = (23.836 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

$$L := 10.25 \text{ m}$$

Platen er fritt opplagt på tre opplegg

$$M_{Ed.felt} := \frac{9}{128} \cdot \left((q_{Ed} - P_{Ed}) \cdot \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right) + \left(0.0957 \cdot P_{Ed} \cdot \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right) = (46.821 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$M_{Ed.støtte} := \frac{\left(q_{Ed} \cdot \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right)}{8} = (78.258 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$V_{Ed.1} := 0.375 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (45.81 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$V_{Ed.2} := 1.25 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (152.699 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Armering felt:

$$\varnothing := 12 \text{ mm}$$

$$d := 200 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - \frac{\varnothing}{2} = (159 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = (137.655 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$A_s := \frac{M_{Ed.felt}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.felt}}{M_{Rd}} \right) \cdot d} = (718.819 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$n := \frac{A_s}{\pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2} \right)^2} = 6.356 \quad c := \frac{1000 \text{ mm}}{n} = (157.338 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

Armering uk: Ø12 c 150

Armering støtte:

$$\varnothing := 16 \text{ mm} \quad M_{Rd} = (137.655 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$A_s := \frac{M_{Ed.støtte}}{f_{yd} \cdot \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.støtte}}{M_{Rd}}\right) \cdot d} = (1.253 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

$$n := \frac{A_s}{\pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2}\right)^2} = 6.232 \quad c := \frac{1000 \text{ mm}}{n} = (160.452 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

Armering ok: Ø16 c 150

1.Bjelke -ytterst mot bygg B:

$$\text{HEA500} \quad L := 7.5 \text{ m}$$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = (1.86 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$P_{Ed} := 32.789 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Last fra 1.plate}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} = (34.649 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$M_{Ed.felt} := \frac{(q_{Ed} \cdot L^2)}{8} = (243.626 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (129.934 \cdot 10^3) \text{ N}$$

2.Bjelke -yttesrt i midten:

$$\text{HEA500} \quad L := 7.5 \text{ m}$$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = (1.86 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$P_{Ed} := 109.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Last fra 1.plate}$$

Tabell 1.2
Stålkonstruksjoner
profiler og formler
3.utgave

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} = (111.16 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

$$M_{Ed, felt} := \frac{(q_{Ed} \cdot L^2)}{8} = (781.594 \cdot 10^3) J$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (416.85 \cdot 10^3) N$$

3.Bjelke -ytterst mot kant tak:

Se beregning 1. bjelke

4.Bjelke -midterst mot bygg B

HEA500 $L := 7.5 m$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{kN}{m} \cdot 1.2 = (1.86 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$P_{Ed} := 34.231 \frac{kN}{m} \quad \text{Last fra 2.plate}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} = (36.091 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

$$M_{Ed, felt} := \frac{(q_{Ed} \cdot L^2)}{8} = (253.765 \cdot 10^3) J$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (135.341 \cdot 10^3) N$$

5.Bjelke -midterst i midten:

HEA500 $L := 7.5 m$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{kN}{m} \cdot 1.2 = (1.86 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$P_{Ed} := 114.102 \frac{kN}{m} \quad \text{Last fra 2.plate}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} = (115.962 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

$$M_{Ed, felt} := \frac{(q_{Ed} \cdot L^2)}{8} = (815.358 \cdot 10^3) J$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (434.858 \cdot 10^3) \text{ N}$$

6.Bjelke -midterst mot kant tak:

Se beregning 4. bjelke

7.Bjelke -innerst mot bygg B

$$\text{HEA500} \quad L := 7.5 \text{ m}$$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = (1.86 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$P_{Ed} := 45.814 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Last fra 3.plate}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} = (47.674 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$M_{Ed.felt} := \frac{(q_{Ed} \cdot L^2)}{8} = (335.208 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (178.778 \cdot 10^3) \text{ N}$$

8.Bjelke -innerst i midten

$$\text{HEA500} \quad L := 7.5 \text{ m}$$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = (1.86 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$P_{Ed} := 152.712 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Last fra 3.plate}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} = (154.572 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$M_{Ed.felt} := \frac{(q_{Ed} \cdot L^2)}{8} = (1.087 \cdot 10^6) \text{ J}$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (579.645 \cdot 10^3) \text{ N}$$

9.Bjelke -innerst mot kant tak:

Se beregning 7. bjelke

Vedlegg A30 - Eksisterende plate Pl.C.305 etter forbedring

Beregning moment og skjær:

Platene på taket til tappehallen er toveisplater og den tyske standarden Beton-Kalender benyttes for utregning av moment og skjær. [Se vedlegg B5](#)

1. Plate - ytterst:

$$L_y := 10.25 \text{ m} \quad L_x := 7.5 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1.367 \quad \rightarrow \quad f := 1.4 \quad \text{Runder verdien konservativt oppover}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.2 = (7.32 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

[Vedlegg B5 s.318-319](#) Fast innspent i begge ender for y-retning og fritt opplagt i begge ender for x-retning

$$M_{xerm} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x^2)}{12.3} = (33.476 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg}$$

$$M_{xm} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x^2)}{26.6} = (15.479 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fast innspente opplegg}$$

$$M_{ymax} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x^2)}{74.6} = (5.519 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fritt opplagte opplegg}$$

$$q_{xerm} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x)}{1.9} = (28.895 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg}$$

$$q_{ym} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x)}{2.95} = (18.61 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt opplegg}$$

2. Plate - midterst:

Se beregning for 1. plate

3. Plate - innerst:

$$L_x = 7.5 \text{ m} \quad L_y = 10.25 \text{ m} \quad f = 1.4$$

Laster:

$$G_{Ed} = (7.32 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

Vedlegg B5 s.314-315 Fast innspent i en ende for y-retning og fritt opplagt i begge ender for x-retning

$$M_{xerm} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x^2)}{9.3} = (44.274 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk ok} \quad \text{Maksimalt moment over fast innspent opplegg}$$

$$M_{xm} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x^2)}{21} = (19.607 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fast innsente opplegg}$$

$$M_{ymax} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x^2)}{54.3} = (7.583 \cdot 10^3) \text{ J} \quad \text{Strekk uk} \quad \text{Maksimalt moment i felt mellom fritt opplagte opplegg}$$

$$q_{xerm} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x)}{1.58} = (34.747 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innsent opplegg}$$

$$q_{xm} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x)}{2.41} = (22.78 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i x-retning}$$

$$q_{ym} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x)}{2.48} = (22.137 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fritt opplagt i y-retning}$$

4. Plate - ytterst:

Se beregning for 1. plate

5. Plate - midterst:

Se beregning for 1. plate

6. Plate - innerst:

Se beregning for 3. plate

Vedlegg A31 - Bruksgrensekontroll for ny plate PI.C.305

Fra NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Tabell NA.A1.1:

$$\psi_{1.1} := 1.0 \quad \psi_{1.2} := 0.3 \quad \psi_{2.1} := 0.3 \quad \psi_{2.2} := 0.2$$

$$G_{Ed} := 5 \frac{kN}{m} \psi_{1.1} = (5 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Egenlast til plate PI.C.305 i bruksgrense - langtidslast} \quad \text{Se vedlegg A29}$$

$$P_{Ed} := 4 \frac{kN}{m} \cdot \psi_{1.2} = (1.2 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Nyttelast til plate PI.C.305 i bruksgrense - langtidslast} \quad \text{Se vedlegg A1}$$

$$S_{Ed} := 8 \frac{kN}{m} \cdot \psi_{2.1} = (2.4 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Snølast til plate PI.C.305 i bruksgrense - korttidslast} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{kN}{m} \cdot 0.95 \cdot \psi_{2.2} = 311.6 \frac{kg}{s^2} \quad \text{Vindlast til plate PI.C.305 i bruksgrense - korttidslast} \quad \text{Se vedlegg A4}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed}$$

$$L := 5.125 \text{ m}$$

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008

Kryptall: [3.1.4]

$$h := 200 \text{ mm} \quad b := 1000 \text{ mm} \quad A_c := h \cdot b \quad \text{Tverrsnittsareal}$$

$$u := 2 \cdot h + 2 \cdot b \quad \text{Omkrets utsatt for uttørkning}$$

$$h_0 := \frac{(2 \cdot A_c)}{u} = (166.667 \cdot 10^{-3}) \text{ m} \quad \text{Effektiv tverrsnittsutnyttelse} \quad [3.1.4(5)]$$

Betongklasse S velges

$$t_0 := 14 \text{ d\o{g}n} \quad \varphi := 2.1 \quad \text{Figur 3.1b)}$$

Midlere E-modul: $E_{cm} := 34 \text{ GPa}$ Tabell 3.1

$$E_{cm.1} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi} = (10.968 \cdot 10^9) \text{ Pa}$$

$$E_{mid} := \frac{q_{Ed}}{\frac{(G_{Ed} + P_{Ed})}{E_{cm.1}} + \frac{(S_{Ed} + V_{Ed})}{E_{cm}}} = (13.815 \cdot 10^9) \text{ Pa}$$

Risset stivhet:

$$E_{sk} := 200000 \text{ MPa} \quad \text{For S355}$$

ø12c150

Armering i underkant Se vedlegg B1 258-A.136

$$n := \frac{(1000 \text{ mm})}{150 \text{ mm}} \quad \varnothing := 12 \text{ mm} \quad d := 159 \text{ mm}$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2}\right)^2 = (753.982 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^2$$

$$r_1 := \frac{(A_s \cdot E_{sk})}{b \cdot d \cdot E_{mid}} = 68.648 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + (2 \cdot r_1)} - r_1 = 308.193 \cdot 10^{-3}$$

$$I_c := 0.5 \cdot \alpha^2 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot b \cdot d^3 = (171.289 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

Nedbøying:

$$M_0 := \frac{(q_{Ed} \cdot L^2)}{8} = (29.259 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$M_B := (0.125 \cdot ((G_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed}) \cdot L^2)) + (0.0625 \cdot P_{Ed} \cdot L^2) = (27.289 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$k := \frac{M_B}{M_0} = 0.933 \quad \rightarrow \quad \eta_f := 20.3 + \frac{(0.033 \cdot 2.8)}{0.1} = 21.224$$

Interpolerer

$$\delta := \frac{(M_0 \cdot L^2)}{E_{mid} \cdot I_c \cdot \eta_f} = 0.015 \text{ m} \quad < \quad \delta_{krav} := \frac{L}{250} = 0.021 \text{ m} \quad \text{[7.4.1(4)]}$$

Deformasjon grunnet svinn:

$$RH := 80\%$$

$$RH_0 := 100\%$$

Tilleg B2

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_0}\right)^3\right) = 756.4 \cdot 10^{-3} \quad \text{(B.12)}$$

$$\alpha_{ds1} := 3 \quad \alpha_{ds2} := 0.13 \quad f_{cm} := 43 \text{ MPa} \quad f_{cmo} := 10 \text{ MPa} \quad \text{Tilleg B2}$$

$$\varepsilon_{cd,0} := 0.85 \cdot \left((220 + (110 \cdot \alpha_{ds1})) \cdot e^{\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cmo}} \right)} \right) \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = 202.191 \cdot 10^{-6} \quad (\text{B.11})$$

$$k_h := 1.0 - \frac{(66.67 \cdot 0.15)}{100} = 0.9 \quad \text{-Interpolering} \quad \text{Tabbel 3.3}$$

$$\varepsilon_{cd} := k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} = 181.971 \cdot 10^{-6} \quad (3.9)$$

$$f_{ck} := 35 \quad \text{Tabell 3.1}$$

$$\varepsilon_{ca} := 2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \quad (3.12)$$

$$\varepsilon_{cs} := \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 244.471 \cdot 10^{-6} \quad (3.8)$$

$$\delta_{svinn} := \frac{(\varepsilon_{cs} \cdot L^2)}{d \cdot 8} = 0.005 \text{ m}$$

Toltal nedbøying:

$$\delta_{tot} := \delta + \delta_{svinn} = 0.02 \text{ m} \quad < \quad \delta_{krav} = 0.021 \text{ m} \quad \text{OK!}$$

Rissvidde:

$$c_{nom} := 35 \text{ mm} \quad (4.1) \quad c_{min,dur} := 25 \text{ mm} \quad \text{Tabell 4.2}$$

$$k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min,dur}} = 1.4 \quad < \quad 1.3 \quad \rightarrow \quad k_c := 1.3 \quad (\text{NA.901})$$

Tabell NA.7.1N \quad XC2 \quad \rightarrow \quad Tilnærmet permanent

$$\text{Grenseverdi:} \quad w_{max} := 0.3 \cdot k_c = 0.39$$

$$E_{cm,1} = (10.968 \cdot 10^9) \text{ Pa}$$

$$M_{Ed} := 0.125 \cdot (G_{Ed} + P_{Ed}) \cdot L^2 = (20.356 \cdot 10^3) \text{ J}$$

ø16c150 Armering i overkant **Se vedlegg B1 258-A.136**

$$\varnothing := 16 \text{ mm} \quad n := \frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \quad d := 200 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - \frac{\varnothing}{2}$$

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2}\right)^2 = (1.34 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

$$r_1 := \frac{(A_s \cdot E_{sk})}{b \cdot d \cdot E_{cm.1}} = 155.687 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + (2 \cdot r_1)} - r_1 = 423.633 \cdot 10^{-3}$$

$$\sigma_s := \frac{M_{Ed}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d \cdot A_s} = (112.633 \cdot 10^6) \text{ Pa}$$

Tabell 7.2N

$$w_k := 0.3 \quad \varnothing := 16 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \sigma_{tillat} := 240 \text{ MPa} > \sigma_s = (112.633 \cdot 10^6) \text{ Pa}$$

OK!

Tabell 7.3N

$$w_k := 0.3 \quad S := 150 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \sigma_{tillat} := 280 \text{ MPa} > \sigma_s = (112.633 \cdot 10^6) \text{ Pa}$$

OK!

Vedlegg A32 - Dimensjonering av stålbjelke (takterrasse)

Regner på bjelke nr. 8. Denne bjelken ligger i innerste felt i midten på plate Pl.C.305.

$$G_{Ed.1} := 152.7 \frac{kN}{m}$$

Se vedlegg A29 3.plate

$$G_{Ed.2} := 1.55 \frac{kN}{m} \cdot 1.2 = (1.86 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Egenlast HEA500.
Tabell 1.2
Stålkonstruksjoner. Profiler og formler. 3. utg.

$$q_{Ed} := G_{Ed.1} + G_{Ed.2} = (1.546 \cdot 10^5) \frac{kg}{s^2}$$

Total jevnt fordelt last

$$L := 7.5 \text{ m}$$

$$M_{Ed} := \frac{(q_{Ed} \cdot L^2)}{8} = (1.087 \cdot 10^6) \text{ J}$$

$$V_{Ed} := \frac{(q_{Ed} \cdot L)}{2} = (5.796 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Tverrsnittsklasse:

NS-EN 1993-1-1:2005+A1:2014+NA:2015. Tabell 5.2

Steg: $c := 490 \text{ mm} - 2 \cdot 23 \text{ mm} = 0.444 \text{ m}$

$$t := 12 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 37 < 72 \cdot 0.81 = 58.32$$

Tv.sn.kl. 1

Flens: $c := \frac{(300 \text{ mm} - 12 \text{ mm})}{2} = 0.144 \text{ m}$

$$t := 23 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 6.261 < 9 \cdot 0.81 = 7.29$$

Tv.sn.kl. 1

HEA500 er i tv.snitt klasse 1. Men regner til sikker side elastisk

$$f_y := 355 \frac{N}{mm^2}$$

$$\gamma_{m0} := 1.05$$

Tabell 1.2. Stålkonstruksjoner.
Profiler og formler. 3.utg.

$$W_{El} := 3550 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$M_{El.Rd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot W_{El} = (1.2 \cdot 10^6) \text{ J}$$

$$M_{Ed} \leq M_{El.Rd} = 1$$

$$h := 490 \text{ mm} \quad t := 12 \text{ mm}$$

$$A_v := h \cdot t = 0.006 \text{ m}^2$$

$$V_{El.Rd} := \frac{\left(A_v \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right) \right)}{\gamma_{m0}} = (1.148 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$V_{Ed} \leq V_{El.Rd} = 1$$

Vipping: 6.

$$b := 300 \text{ mm} \quad h := 490 \text{ mm}$$

$$i := \frac{b}{2 \cdot \sqrt{3}} = 0.087 \text{ m}$$

$$L_{cr} := 7500 \text{ mm} \cdot 1.0 = 7.5 \text{ m}$$

$$\lambda := \frac{L_{cr}}{i} = 86.603$$

$$f_y := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 1.133$$

Figur 6.4 Knekkurver

$$\lambda_{rel} = 1.133 \quad \text{Kurve C}$$

$$\chi := 0.47$$

$$M_{b.Rd} := \chi \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot W_{El} = (5.641 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b.Rd}} = 1.926 \quad \text{Ikke ok!} \quad \text{Bjelke 8}$$

De andre bjelkene sjekkes også:

Se vedlegg A29 for laster

$$M_{Ed.1} := 243.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.1}}{M_{b.Rd}} = 0.432 \quad \text{Ok!} \quad \text{Bjelke 1}$$

$$M_{Ed.2} := 781.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.2}}{M_{b.Rd}} = 1.386 \quad \text{Ikke ok!} \quad \text{Bjelke 2}$$

$$M_{Ed.3} := M_{Ed.1} = (2.436 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$\frac{M_{Ed.3}}{M_{b.Rd}} = 0.432 \quad \text{Ok!} \quad \text{Bjelke 3}$$

$$M_{Ed.4} := 253.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.4}}{M_{b.Rd}} = 0.45 \quad \text{Ok!}$$

$$M_{Ed.5} := 815.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.5}}{M_{b.Rd}} = 1.445 \quad \text{Ikke ok!}$$

$$M_{Ed.6} := M_{Ed.4} = (2.538 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$\frac{M_{Ed.6}}{M_{b.Rd}} = 0.45$$

$$M_{Ed.7} := 335.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.7}}{M_{b.Rd}} = 0.594$$

$$M_{b,Rd}$$

$$M_{Ed.8} := M_{Ed} = (1.087 \cdot 10^6) \text{ J}$$

$$\frac{M_{Ed.8}}{M_{b,Rd}} = 1.926$$

Ikke ok!

$$M_{Ed.9} := M_{Ed.7} = (3.353 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$\frac{M_{Ed.9}}{M_{b,Rd}} = 0.594$$

Ser at det er en overskridelse i der de midterste bjelkene er lokalisert. Disse bjelkene må fastholdes mot vipping ved å sette inn stivere mellom flensen.

Vedlegg A33 - Dimensjonering i bruksgrense for stålbjelker

Dimensjonere for den med størst belastning -8.bjelke

Fra NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Tabell NA.A1.1:

$$\psi_1 := 1.0 \quad \psi_2 := 0.3 \quad \psi_3 := 0.5 \quad \psi_4 := 0$$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{kN}{m} \cdot \psi_1 = (1.55 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Egenlast til bjelken} \quad \text{Tabell 1.2}$$

Stålkonstruksjoner 3.utgave

$$G_{Ed,plate} := 5 \frac{kN}{m^2} \cdot \psi_1 = (5 \cdot 10^3) Pa \quad \text{Egenlast til plate Pl.C.305 i ulykkesgrense} \quad \text{Se vedlegg A29}$$

$$P_{Ed} := 4 \frac{kN}{m^2} \cdot \psi_2 = (1.2 \cdot 10^3) Pa \quad \text{Nyttelast til plate Pl.C.305 i ulykkesgrense} \quad \text{Se vedlegg A1}$$

$$S_{Ed} := 8 \frac{kN}{m^2} \cdot \psi_3 = (4 \cdot 10^3) Pa \quad \text{Snølast til plate Pl.C.305 i ulykkesgrense -dominerende} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$V_{Ed} := 1.56 \frac{kN}{m^2} \cdot \psi_4 = 0 Pa \quad \text{Vindlast til plate Pl.C.305 i ulykkesgrense} \quad \text{Se vedlegg A4}$$

$$q_{Ed,1} := G_{Ed,plate} + P_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed} = (10.2 \cdot 10^3) Pa \quad L := 10.25 m$$

$$V_{Ed,2} := 1.25 \cdot q_{Ed,1} \cdot \frac{L}{2} = (65.344 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Last fra plate Pl.C.305 som virker på bjelken}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + V_{Ed,2} = (66.894 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Total last på bjelke}$$

Nedbøying:

$$I := 869.7 \cdot 10^6 mm^4 \quad E := 210000 \frac{N}{mm^2} \quad L := 7.5 m$$

$$f := \frac{5}{384} \cdot \frac{(q_{Ed} \cdot L^4)}{E \cdot I} = (15.09 \cdot 10^{-3}) m < \frac{L}{200} = (37.5 \cdot 10^{-3}) m \quad \text{Ok!}$$

Tverrsnittsklasse: Tv.sn.kl. 1 Se vedlegg A32

Brann: NS-EN 1993-1-2:2005+NA:2009

$$M_{y.fi.Ed} := \frac{(q_{Ed} \cdot L^2)}{8} = (470.347 \cdot 10^3) \text{ J} \quad V_{Ed} := \frac{(q_{Ed} \cdot L)}{2} = (250.852 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$\gamma_{M.fi} := 1.0 \quad \text{NA.2.3(1)} \quad \gamma_{M.0} := 1.05$$

$$f_y := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad w := 3550 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A := 12 \text{ mm} \cdot 490 \text{ mm} = (5.88 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

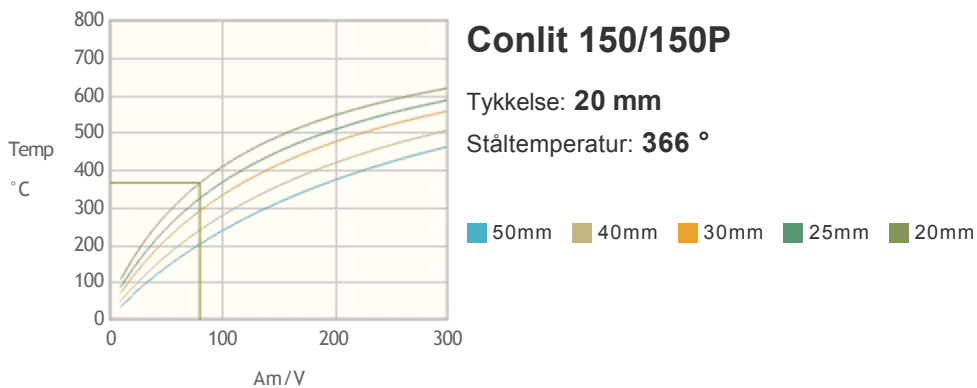
$$M_{y.fi.Rd} := \frac{(f_y \cdot w)}{\gamma_{M.fi}} = (1.26 \cdot 10^6) \text{ J} \quad V_{fi.Rd} := \frac{(A \cdot f_y)}{\sqrt[2]{3} \cdot \gamma_{M.fi}} = (1.205 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$\mu_m := \frac{M_{y.fi.Ed}}{M_{y.fi.Rd}} = 0.373 \quad \mu_v := \frac{V_{Ed}}{V_{fi.Rd}} = 0.208 < 0.5 \quad \text{Ok!}$$

$$\mu_m = 0.373 \quad \text{gir en temperatur p\aa} \quad \theta_{cr} := 616^\circ \text{ C} \quad \text{Tabell 4.1}$$

Se **vedlegg A34** for videre beregninger av brannsikring

Prosjektnavn	Vedlegg A34 - Conlit brannsikring for stålbejelke
Utarbeidet av	Kaya Dirksen og Andrea Fjågesund



Conlit 300

Tykkelse: **10 mm**
Ståltemperatur: **433 °**

■ 40mm ■ 30mm ■ 25mm ■ 20mm ■ 15mm ■ 10mm

Festemetode	Sveisemetode (Conlit 150 og 300)
Brannklasse	R60
Maks. ståltemperatur	500
Am/V	80
Profil	HE-A
Dimensjon	500 : 490 x 300
Antall sider	4 sider

Vedlegg A35 - Laster bjelke Bj.C.306 etter forbedring

Laster hentet fra vedlegg A10 1.plate og A8 1. plate

$$q_{yerm.304} := 64.893 \cdot 10^3 \frac{N}{m} \quad q_{yerm.302.1} := 79.299 \cdot 10^3 \frac{N}{m} \quad q_{yerm.302.2} := 10.73 \cdot 10^3 \frac{N}{m}$$
$$q_{Ed.306.1} := q_{yerm.304} + q_{yerm.302.1} - q_{yerm.302.2} = (133.462 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 1.plate

$$P_{306.1} := 182.431 \cdot 10^3 N \quad \text{Punktlast}$$
$$P_{306.2} := 173.02 \cdot 10^3 N \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A29 1.plate

$$P_{305.1} := 129.934 \text{ kN} \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A9 1.plate og A30 1.plate

$$q_{xerm.303} := 6.041 \cdot 10^4 \frac{N}{m} \quad q_{xerm.305} := 28.895 \cdot 10^3 \frac{N}{m}$$
$$q_{Ed.306.2} := q_{xerm.303} + q_{xerm.305} = (89.305 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A9 2.plate og A30 1.plate

$$q_{xerm.303} := 4.947 \cdot 10^4 \frac{N}{m} \quad q_{xerm.305} := 28.895 \cdot 10^3 \frac{N}{m}$$
$$q_{Ed.306.3} := q_{xerm.303} + q_{xerm.305} = (78.365 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A29 1.plate

$$P_{305.2} := 416.85 \text{ kN} \quad \text{Punktlast}$$
$$P_{305.3} := P_{305.1} = (129.934 \cdot 10^3) N \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 4.plate

$$P_{306.3} := 163.609 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

$$P_{306.4} := 163.609 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A9 3.plate og A30 4.plate

$$q_{xerm.303} := 4.947 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad q_{xerm.305} = (28.895 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$q_{306.4} := q_{xerm.303} + q_{xerm.305} = (78.365 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A9 4.plate og A30 4.plate

$$q_{xerm.303} := 4.947 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad q_{xerm.305} = (28.895 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$q_{306.5} := q_{xerm.303} + q_{xerm.305} = (78.365 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A29

$$P_{305.4} := P_{305.1} = (129.934 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

$$P_{305.5} := P_{305.2} = (416.85 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

$$P_{305.6} := P_{305.1} = (129.934 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 7.plate

$$P_{306.5} := 163.609 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

$$P_{306.6} := 163.609 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \text{Punktlast}$$

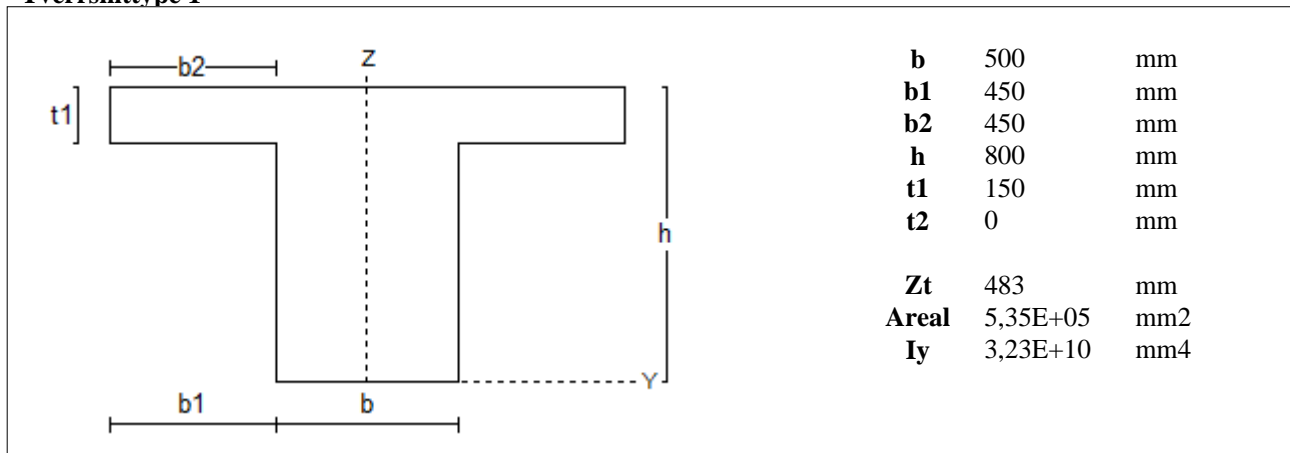
Laster hentet fra vedlegg A8 2.plate og A10 4.plate

$$q_{yerm.302} := 52.999 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad q_{yerm.304} := 4.776 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$q_{306.6} := q_{yerm.302} + q_{yerm.304} = (100.759 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

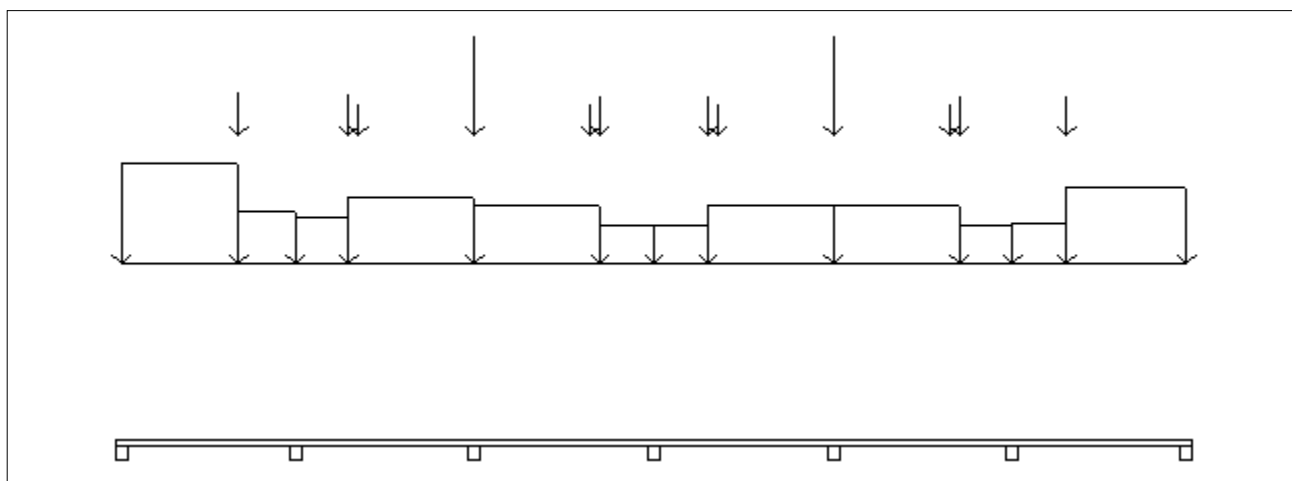
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	13,38	0,00	0,00
2	13,38	0,00	0,00
3	13,38	0,00	0,00
4	13,38	0,00	0,00
5	13,38	0,00	0,00
6	13,38	0,00	0,00

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
182,43	0,00	4900	1
173,02	0,00	2250	2
129,90	0,00	2650	2
416,90	0,00	0	3
129,90	0,00	4850	3
163,61	0,00	5250	3
163,61	0,00	2250	4
129,90	0,00	2650	4
416,90	0,00	0	5
129,90	0,00	4850	5
163,61	0,00	5250	5
163,61	0,00	2250	6

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
133,50	133,50	0,00	0,00	0	4900	1
68,57	68,57	0,00	0,00	4900	7250	1
60,41	60,41	0,00	0,00	0	2250	2
89,30	89,30	0,00	0,00	2250	7500	2
78,36	78,36	0,00	0,00	0	5250	3
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	3
49,47	49,47	0,00	0,00	0	2250	4
78,36	78,36	0,00	0,00	2250	7500	4
78,36	78,36	0,00	0,00	0	5250	5
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	5
53,00	53,00	0,00	0,00	0	2250	6
100,76	100,76	0,00	0,00	2250	7250	6

Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

1.4 MATERIALDATA

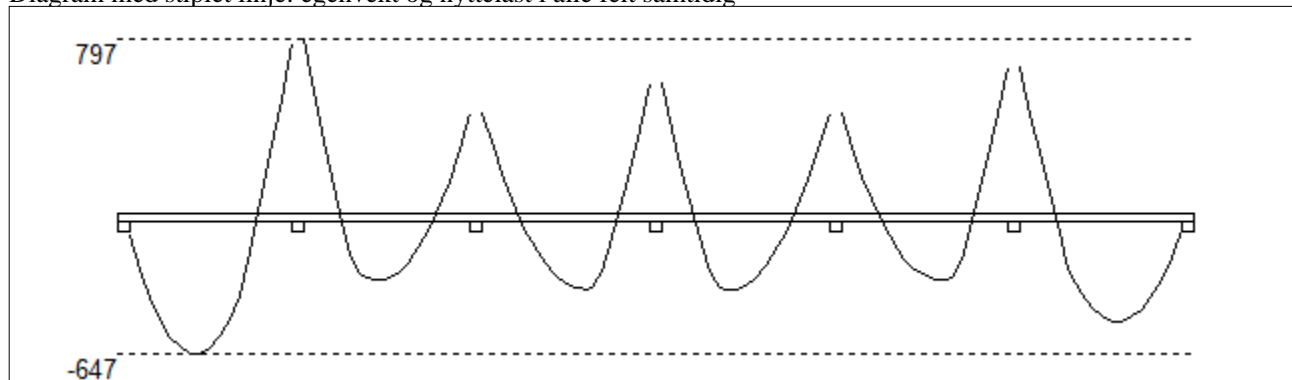
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	244			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,17
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00008
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplede linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	-647	-647	-647	-647
2	-308	-308	-308	-308
3	-348	-348	-348	-348
4	-350	-350	-350	-350
5	-304	-304	-304	-304
6	-498	-498	-498	-498

M_g: permanent last M_p: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

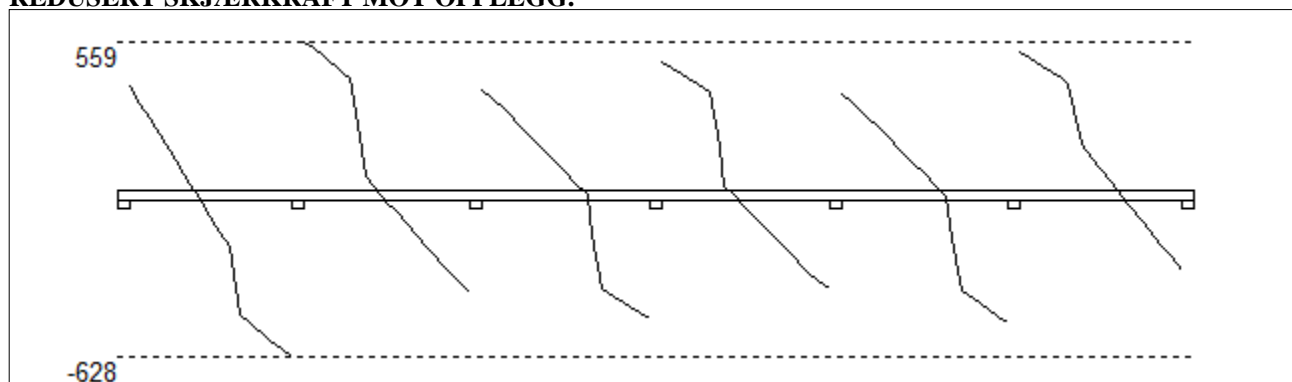
Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	0	0	0	0
2	797	797	797	797
3	458	458	458	458
4	592	592	592	592
5	454	454	454	454
6	669	669	669	669
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			401	391
2	-638	-628	569	559
3	-395	-385	384	374
4	-494	-484	495	485
5	-383	-373	372	362
6	-506	-496	531	521
7	-309	-299		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

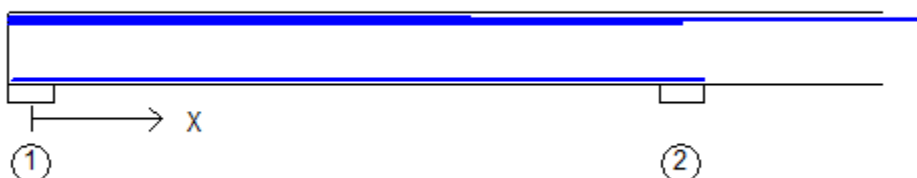
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	-250	10000	10250	68	80
2	16	2	1000	6500	5500	70	80
2	10	1	-250	4900	5150	53	59
2	10	3	-250	7250	7500	122	128
2	10	3	1000	6000	5000	122	128
4	10	3	-250	4900	5150	122	128



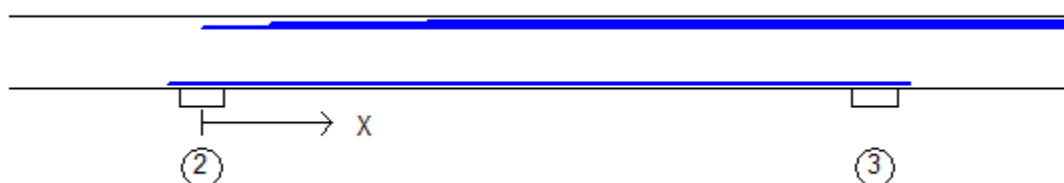
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-215	7500	7715	47	59
3	19	1	-215	7250	7465	47	59

Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	1	2500	12500	10000	53	59
3	10	3	2500	12500	10000	122	128

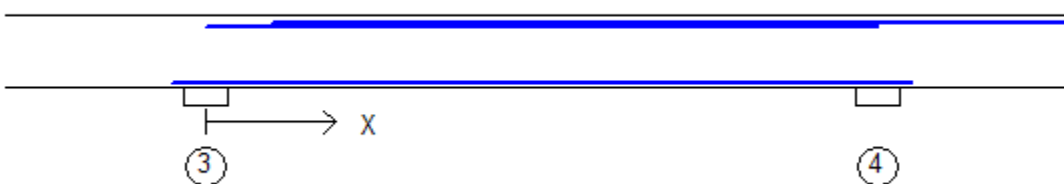


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1710	6020	4310	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128



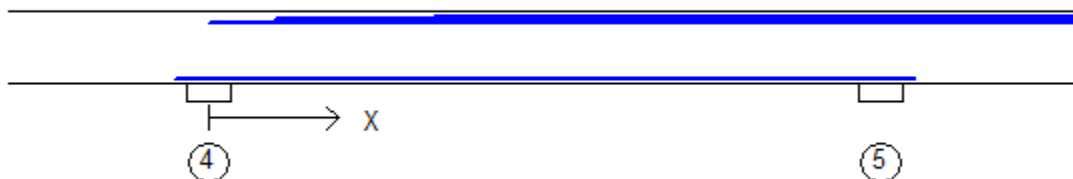
Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1480	6050	4570	47	59

Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
3	10	3	2500	12500	10000	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	1	2500	12500	10000	53	59

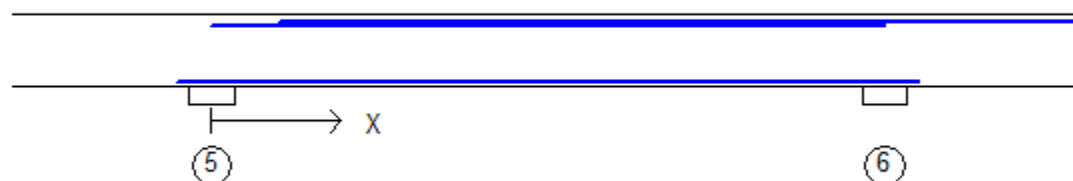


Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1450	6030	4580	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128



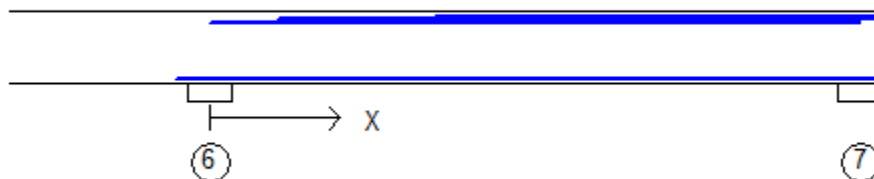
Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1560	5850	4290	47	59

Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	3000	7500	4500	68	80
2	16	2	750	6500	5750	70	80
2	10	3	0	7250	7250	122	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	10	1	2500	7500	5000	53	59
4	10	3	2500	7250	4750	122	128



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-380	7465	7845	47	59
3	19	1	1520	7465	5945	47	59

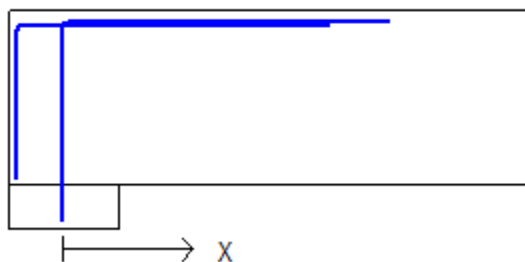
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

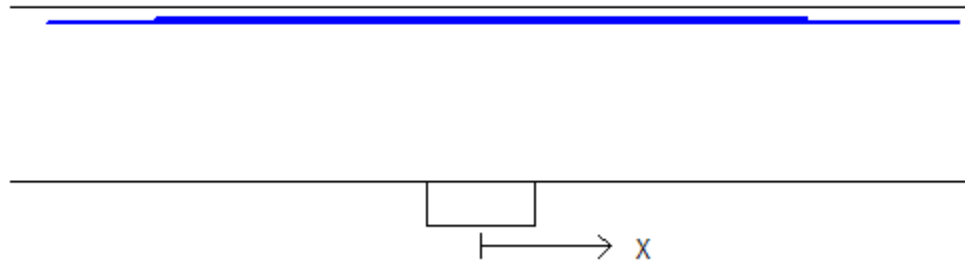
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-215	1220	68	1
3	19	2	-215	1220	68	0
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1000	53	1



Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

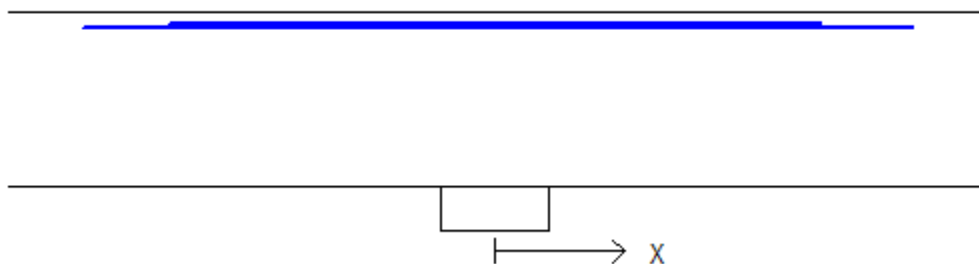
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2000	2200	4200	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1000	1500	2500	53
2	8	1	-1500	1000	2500	54



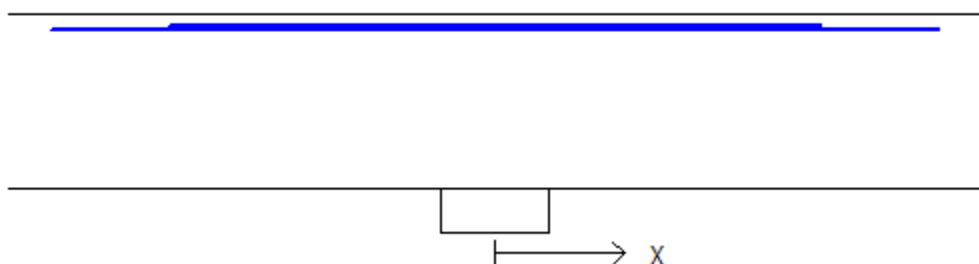
Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1900	1920	3820	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 4

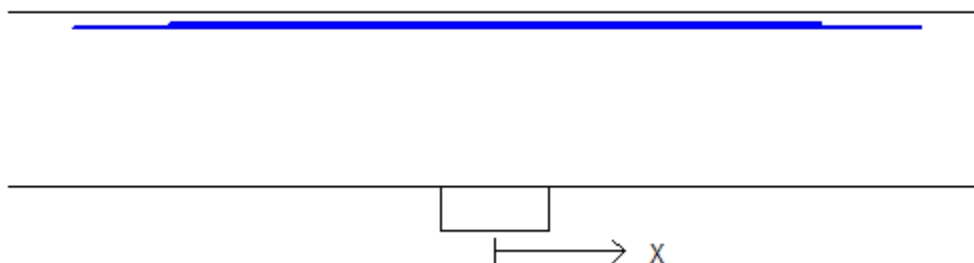
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2040	2040	4080	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

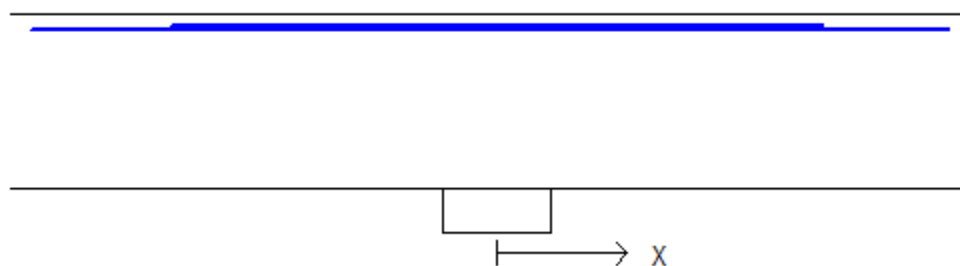
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1940	1960	3900	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 6

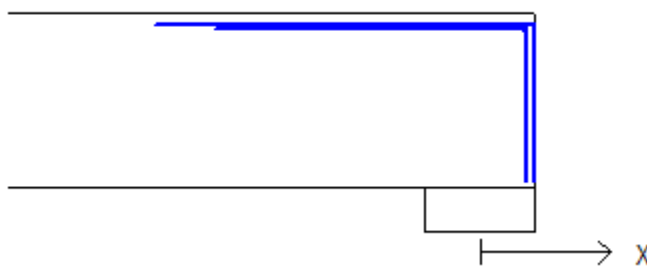
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2150	2080	4230	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-1220	215	68	1
3	19	2	-1220	215	68	0
2	10	1	-1000	250	53	0
2	10	1	-1500	250	53	1
2	10	1	-1500	250	53	1



Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $37 \times D$ Forankringslengde i overkant: $52 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm

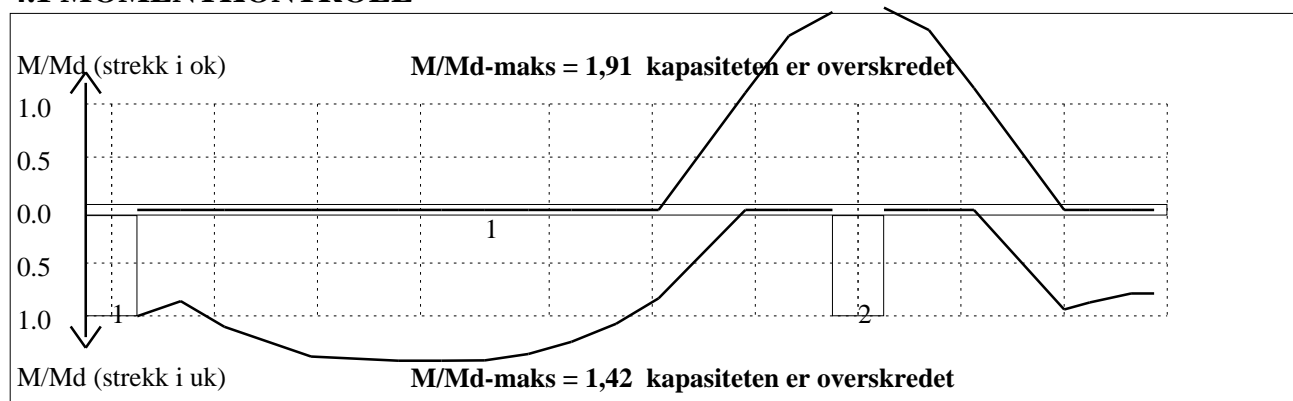
Opplegg nr 7

2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm

3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

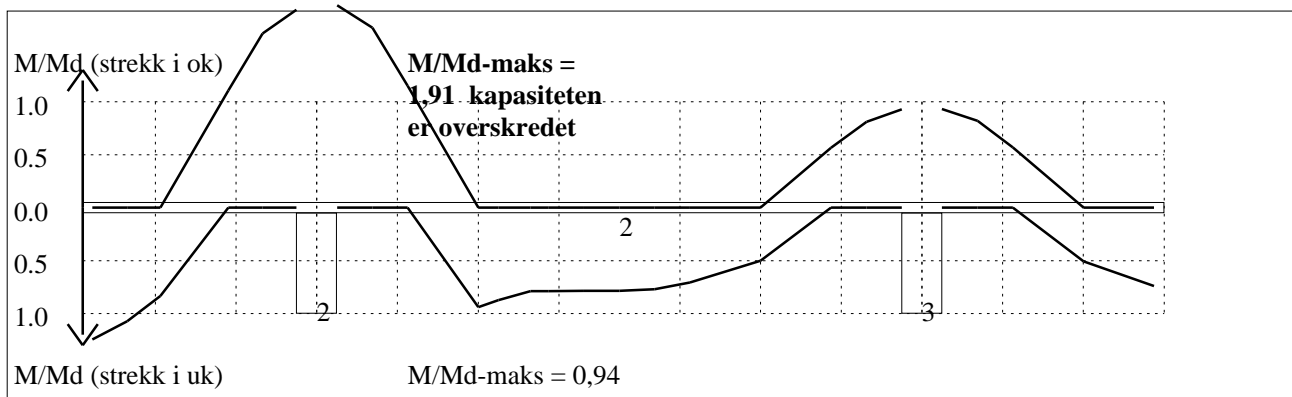
Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	567	567	482	482
2	567	567	482	482
3	567	567	482	482
4	567	567	482	482
5	567	567	482	482
6	567	567	482	482

4.1 MOMENTKONTROLL

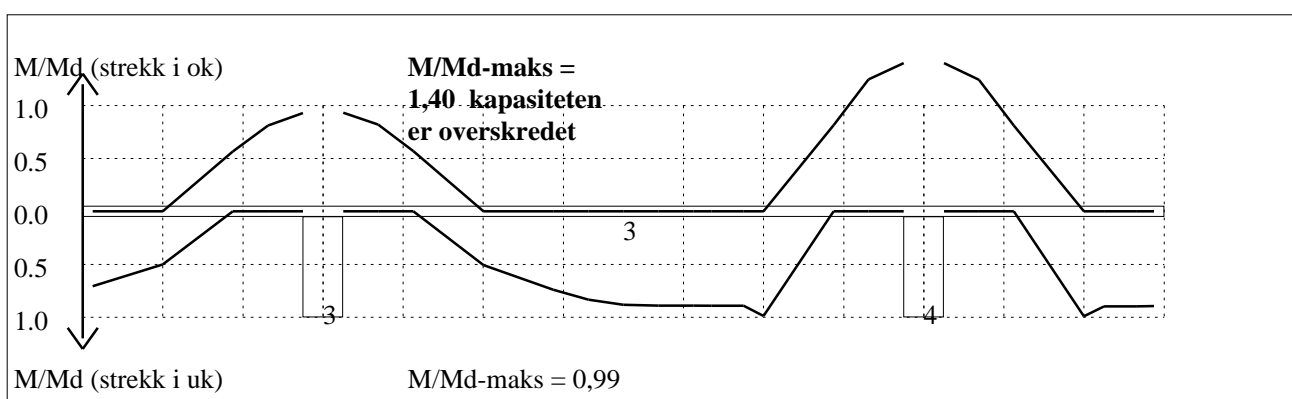


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

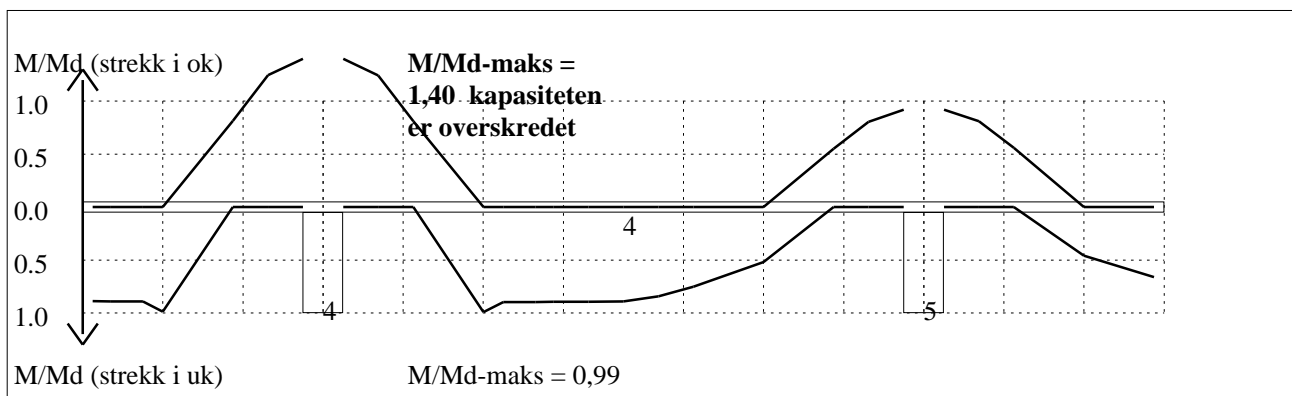
Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

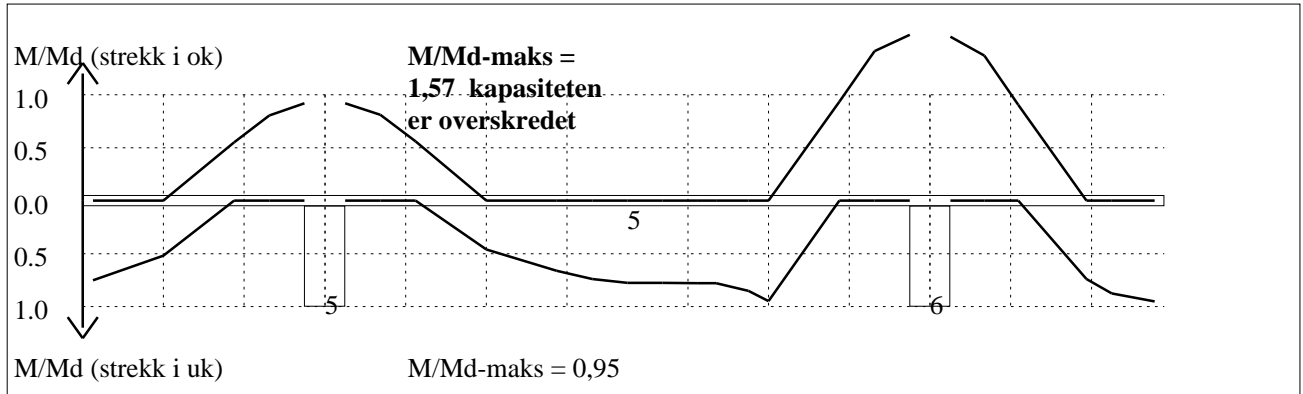


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

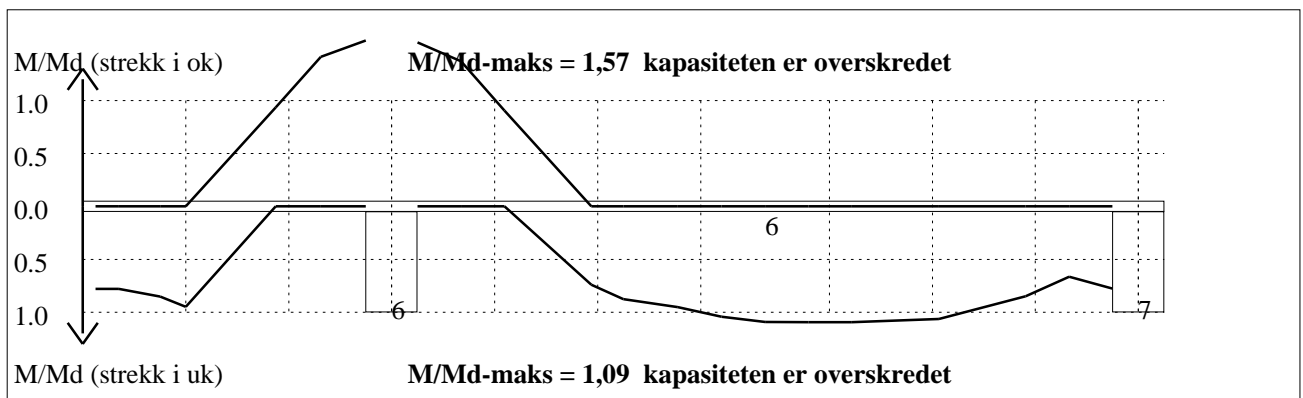


Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

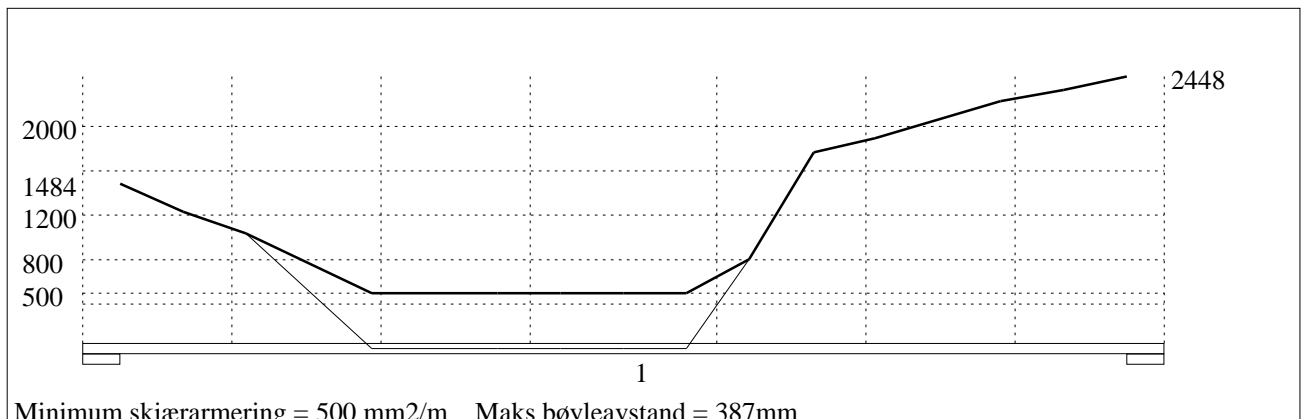


Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



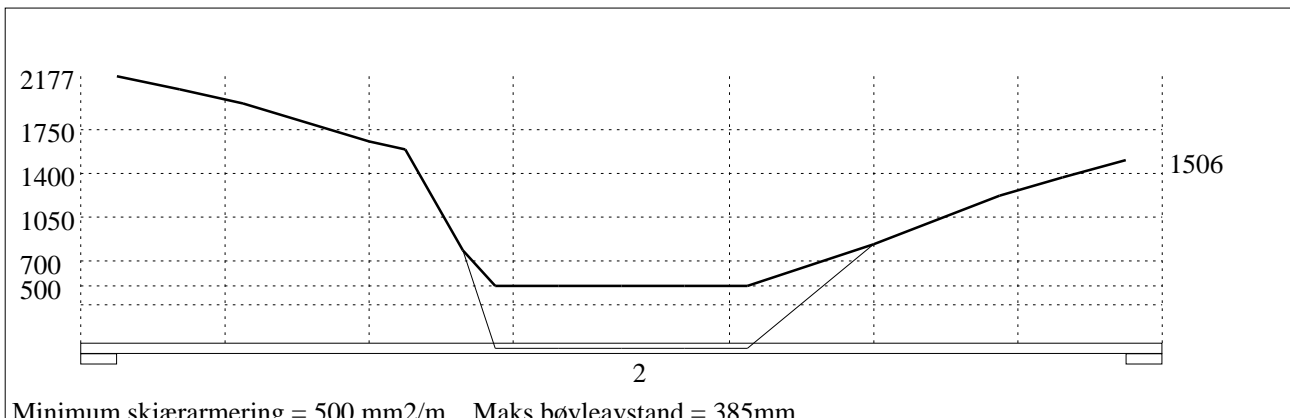
Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2 SKJÆRARMERING

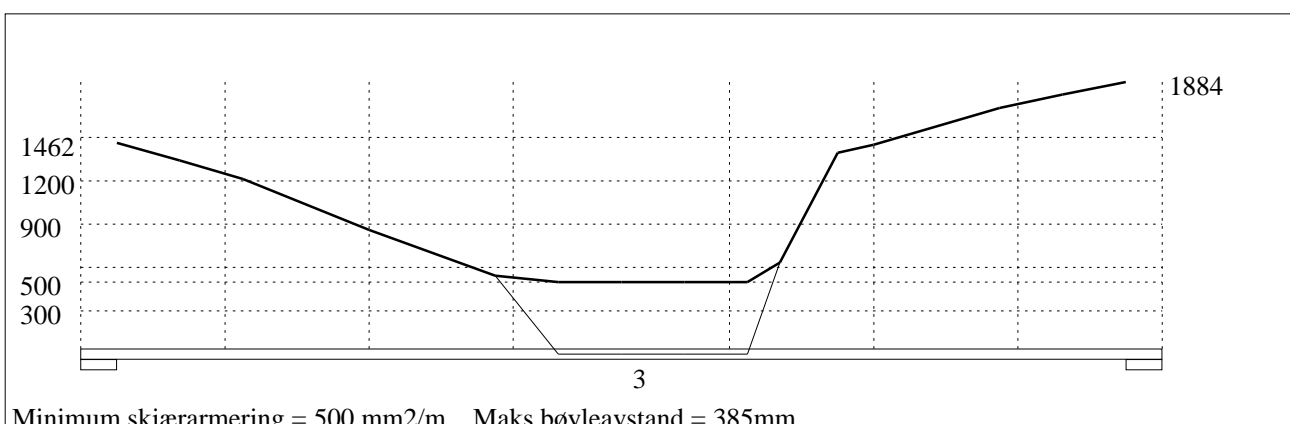


Skjærarmoring (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

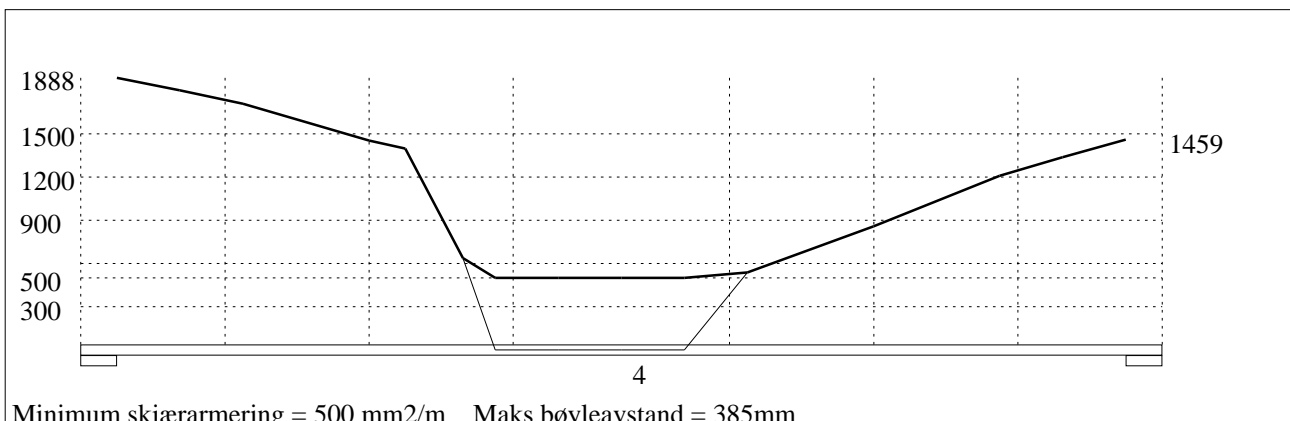
Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

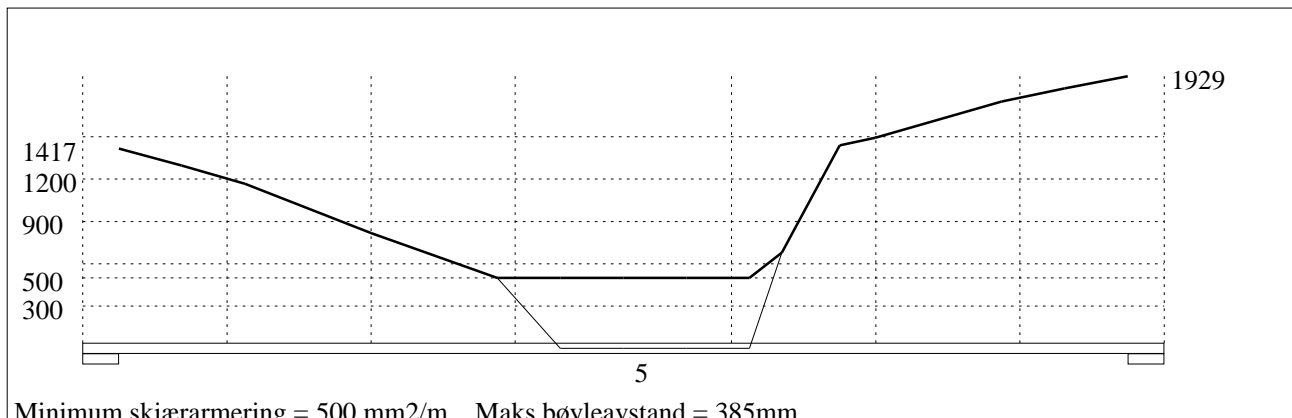


Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

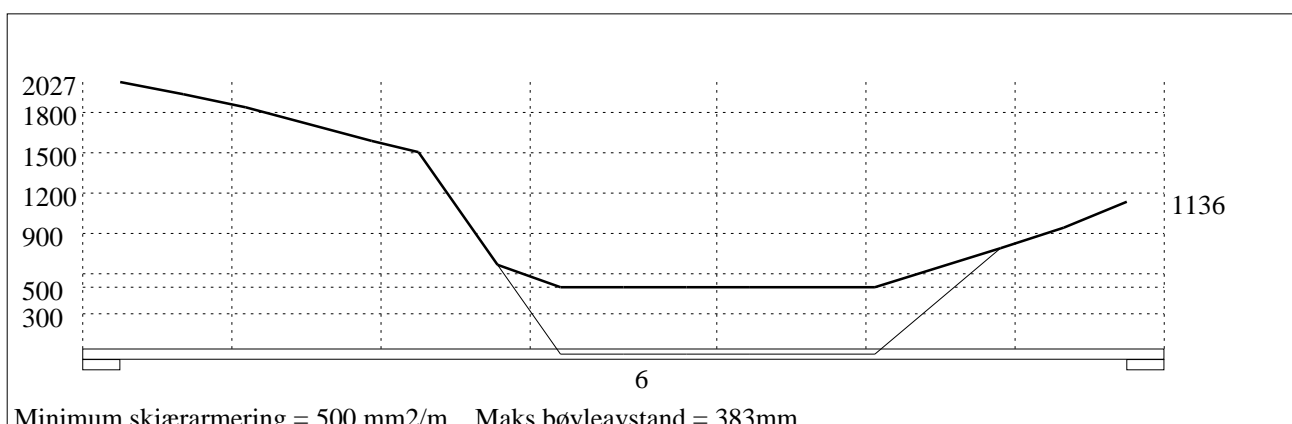


Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



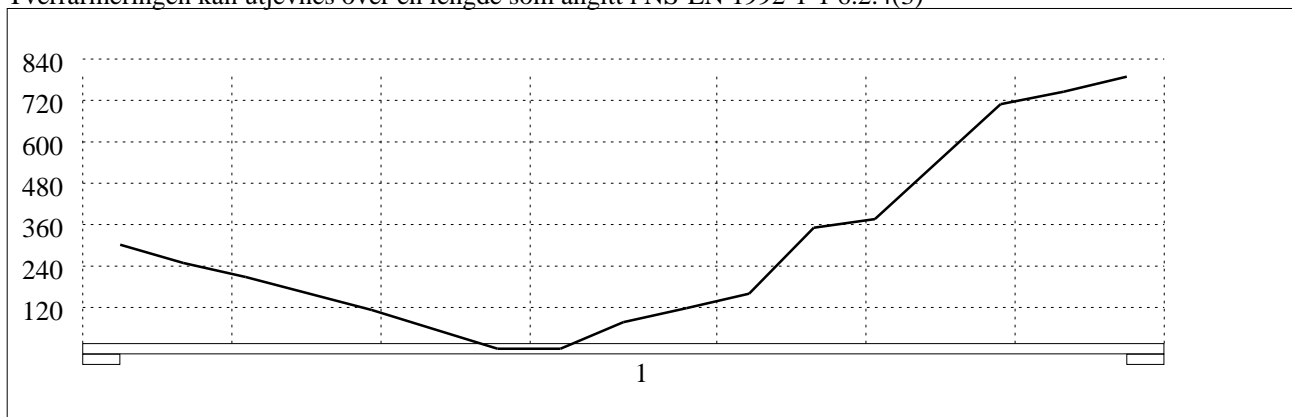
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

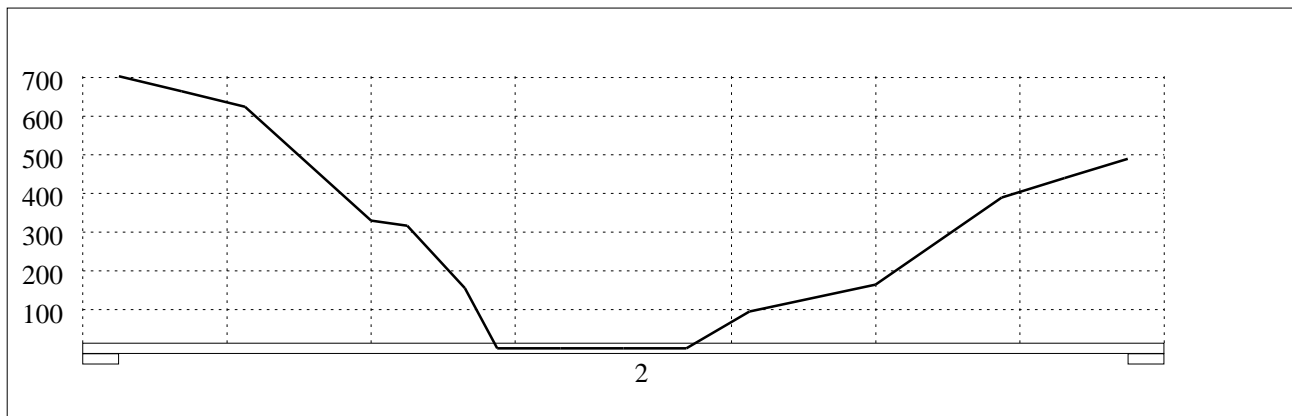
Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tværrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

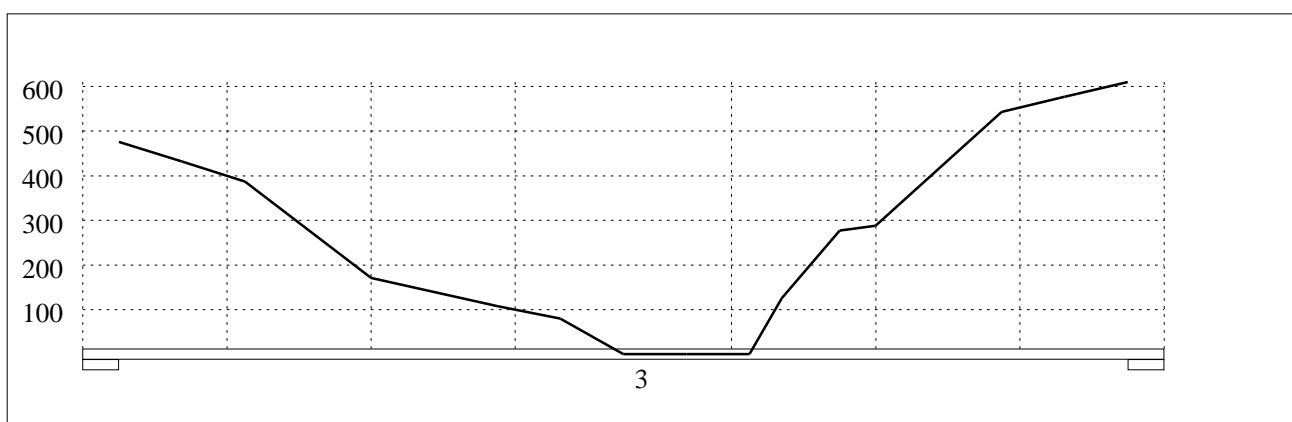


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

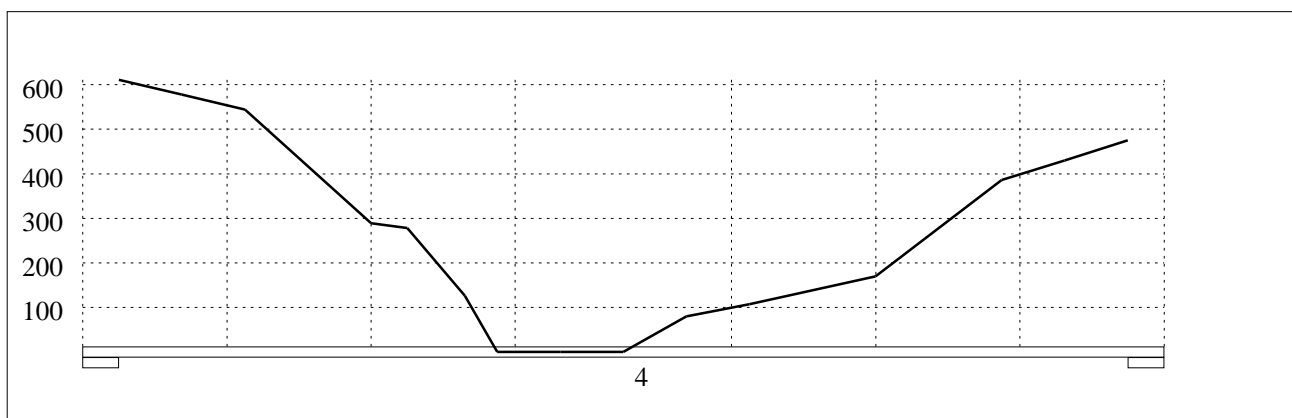
Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

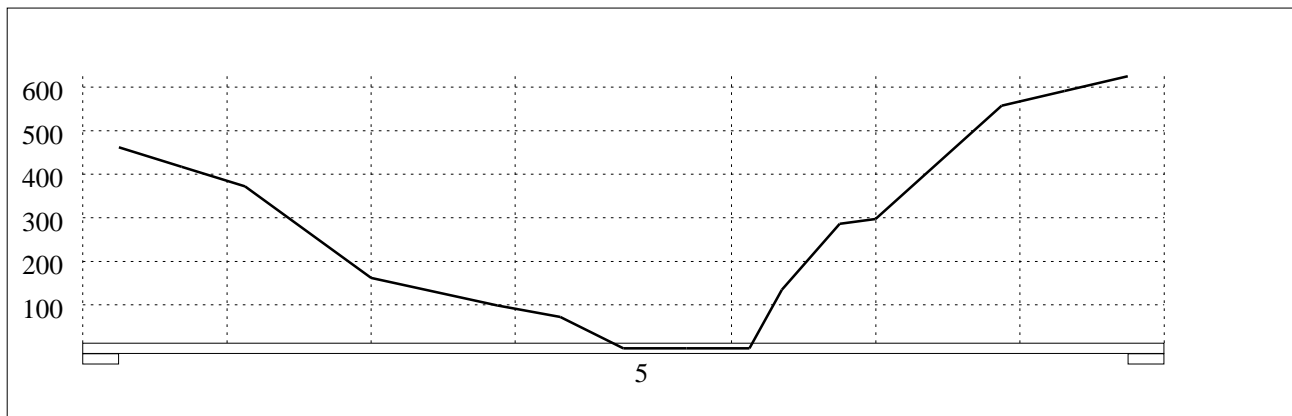


Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

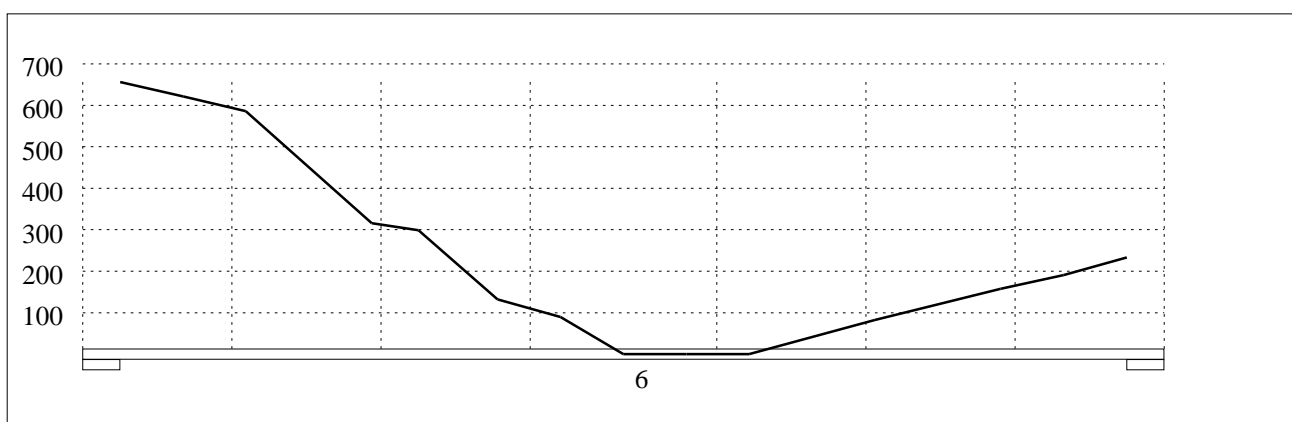


Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 17
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

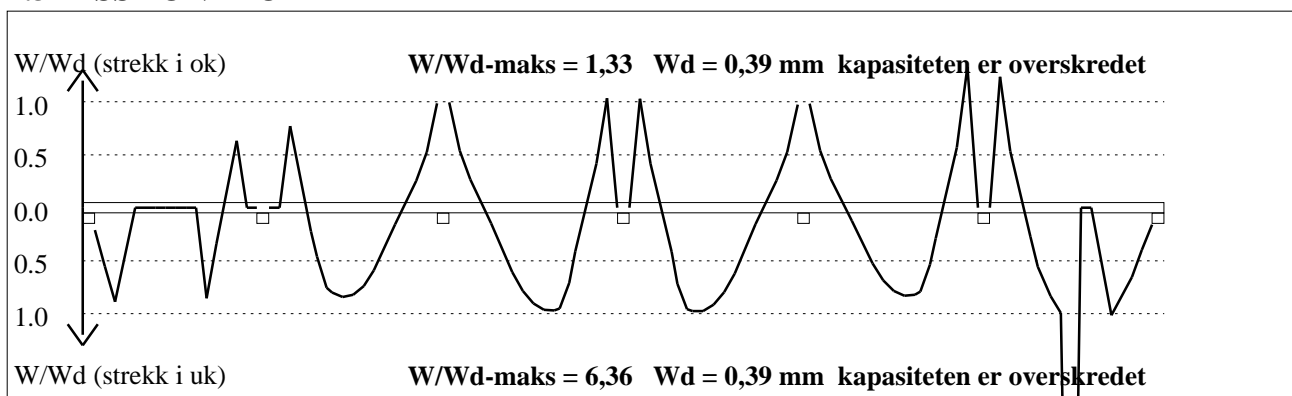


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	2	3	3	3
2	6	10	10	10
3	8	11	11	11
4	8	12	12	12
5	6	9	9	9

Tittel Vedlegg A36 - Bj.C.306. Nyttelast i begge felt			Side 18
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

6	15	13	13	13
---	----	----	----	----

5.1 OPPLGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-440	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1244	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1247	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1018	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1220	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1066	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-341	0,00	0	0,00	0	0,00		

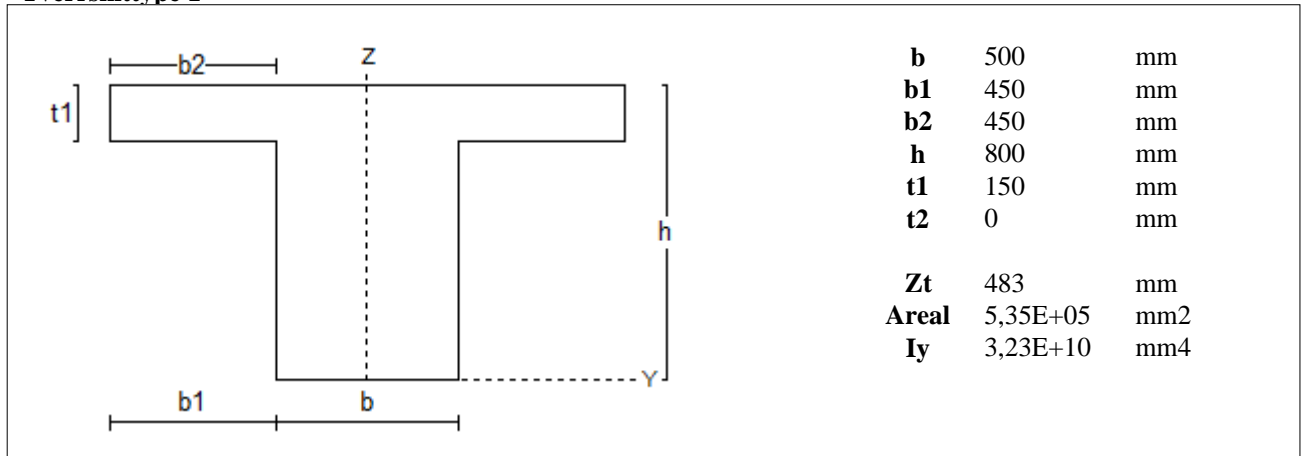
5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-440	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1244	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1247	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1018	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1220	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1066	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-341	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

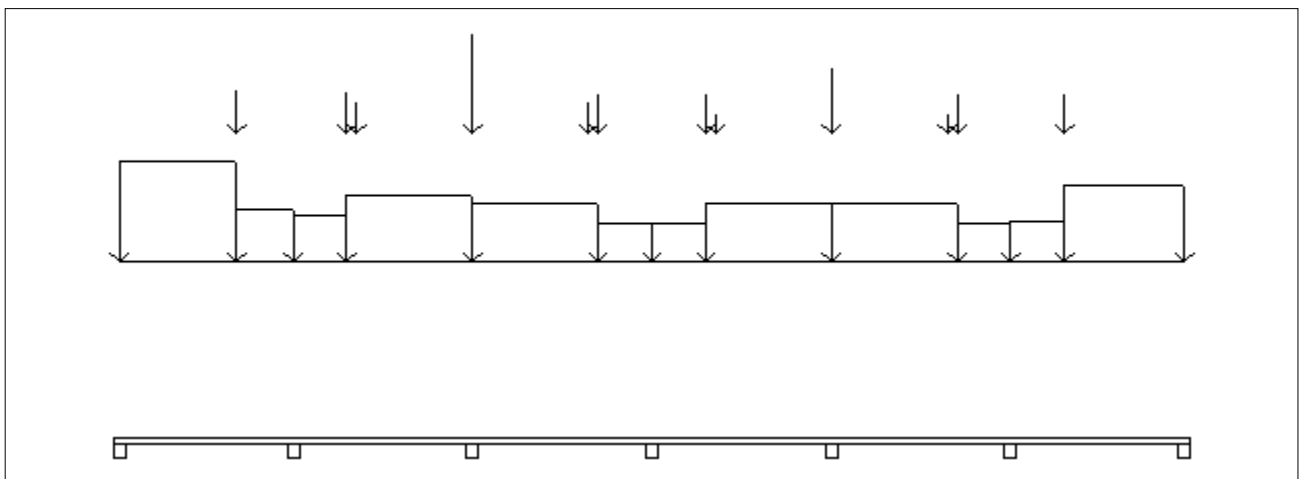
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÉGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	13,38	0,00	0,00
2	13,38	0,00	0,00
3	13,38	0,00	0,00
4	13,38	0,00	0,00
5	13,38	0,00	0,00
6	13,38	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
182,43	0,00	4900	1
173,02	0,00	2250	2
129,90	0,00	2650	2
416,90	0,00	0	3
129,90	0,00	4850	3
163,61	0,00	5250	3
163,61	0,00	2250	4
86,70	0,00	2650	4
272,70	0,00	0	5
86,70	0,00	4850	5
163,61	0,00	5250	5
163,61	0,00	2250	6

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
133,50	133,50	0,00	0,00	0	4900	1
68,57	68,57	0,00	0,00	4900	7250	1
60,41	60,41	0,00	0,00	0	2250	2
89,30	89,30	0,00	0,00	2250	7500	2
78,36	78,36	0,00	0,00	0	5250	3
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	3
49,47	49,47	0,00	0,00	0	2250	4
78,36	78,36	0,00	0,00	2250	7500	4
78,36	78,36	0,00	0,00	0	5250	5
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	5
53,00	53,00	0,00	0,00	0	2250	6
100,76	100,76	0,00	0,00	2250	7250	6

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

1.4 MATERIALDATA

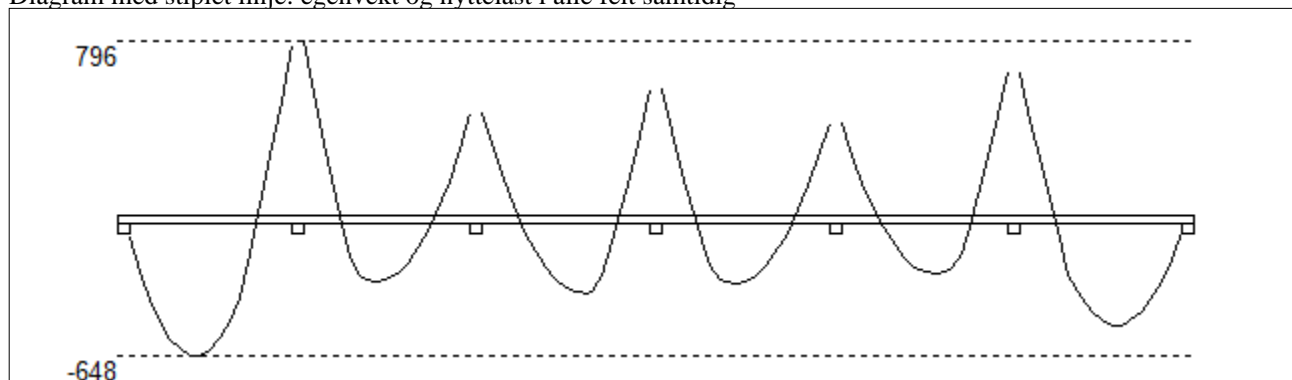
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	244			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,17
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00008
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm ($D = 22$ mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	-648	-648	-648	-648
2	-307	-307	-307	-307
3	-359	-359	-359	-359
4	-315	-315	-315	-315
5	-270	-270	-270	-270
6	-506	-506	-506	-506

M_g: permanent last M_p: variabel last

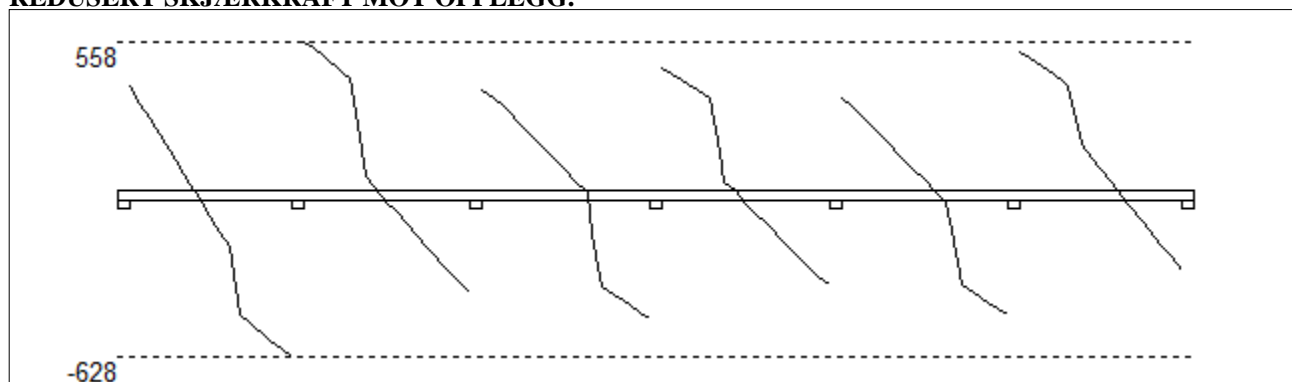
Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	0	0	0	0
2	796	796	796	796
3	463	463	463	463
4	577	577	577	577
5	419	419	419	419
6	655	655	655	655
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			401	391
2	-638	-628	568	558
3	-396	-386	388	378
4	-490	-481	470	460
5	-365	-355	355	345
6	-480	-470	528	518
7	-312	-302		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

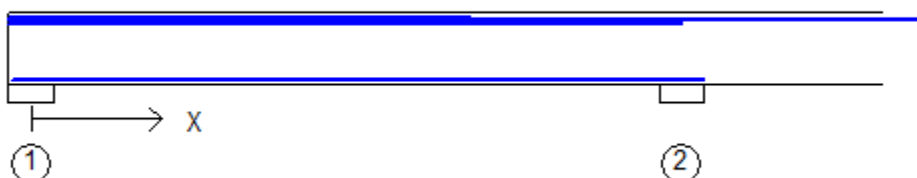
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	-250	10000	10250	68	80
2	16	2	1000	6500	5500	70	80
2	10	1	-250	4900	5150	53	59
2	10	3	-250	7250	7500	122	128
2	10	3	1000	6000	5000	122	128
4	10	3	-250	4900	5150	122	128



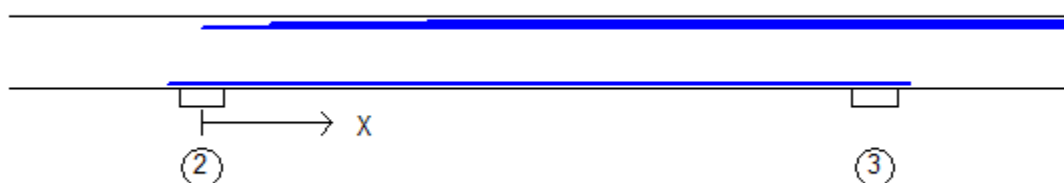
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-215	7500	7715	47	59
3	19	1	-215	7250	7465	47	59

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	1	2500	12500	10000	53	59
3	10	3	2500	12500	10000	122	128

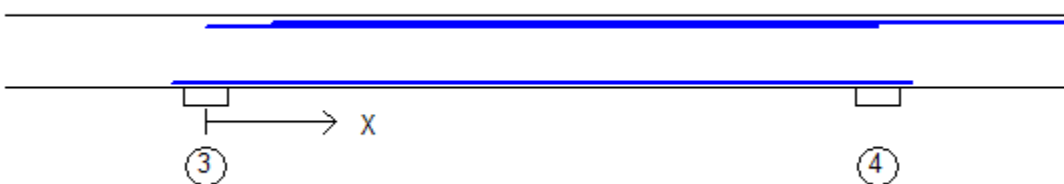


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1710	6020	4310	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128



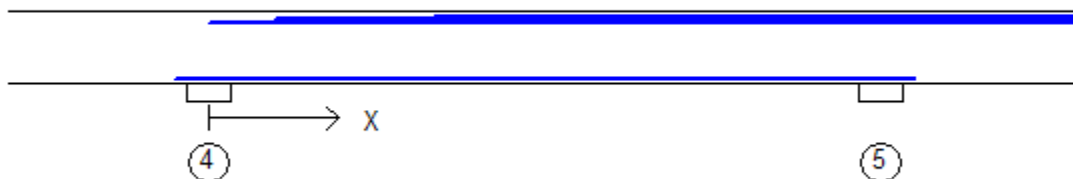
Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1480	6050	4570	47	59

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
3	10	3	2500	12500	10000	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	1	2500	12500	10000	53	59

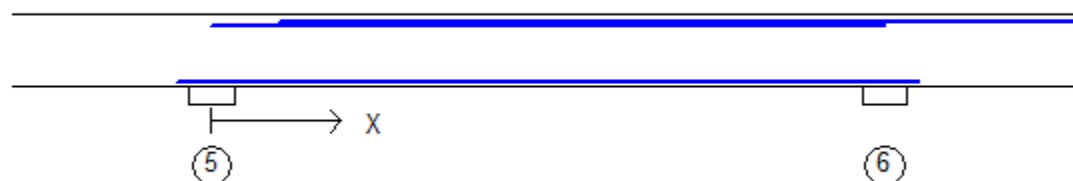


Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1450	6030	4580	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128



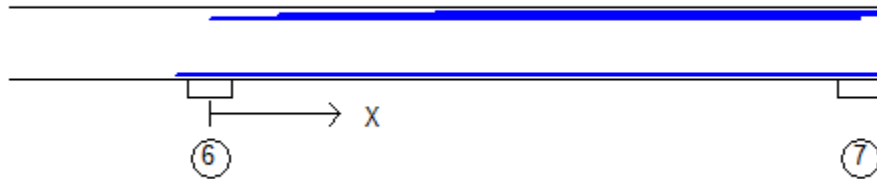
Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1560	5850	4290	47	59

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	3000	7500	4500	68	80
2	16	2	750	6500	5750	70	80
2	10	3	0	7250	7250	122	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	10	1	2500	7500	5000	53	59
4	10	3	2500	7250	4750	122	128



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-380	7465	7845	47	59
3	19	1	1520	7465	5945	47	59

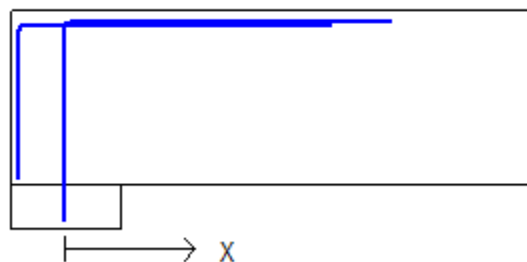
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

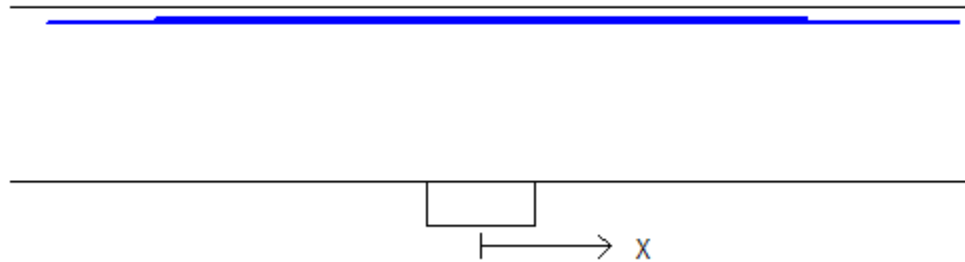
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-215	1220	68	1
3	19	2	-215	1220	68	0
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1000	53	1



Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

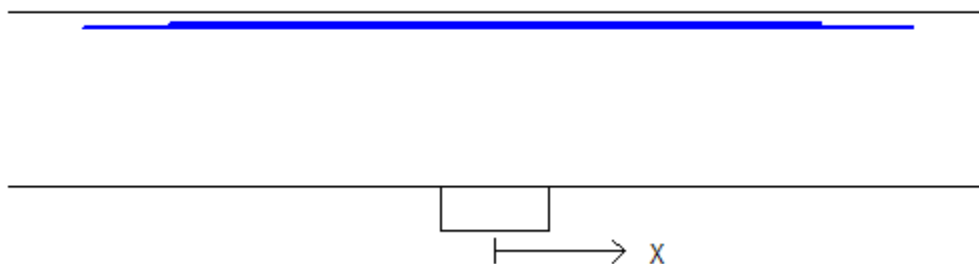
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2000	2200	4200	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1000	1500	2500	53
2	8	1	-1500	1000	2500	54



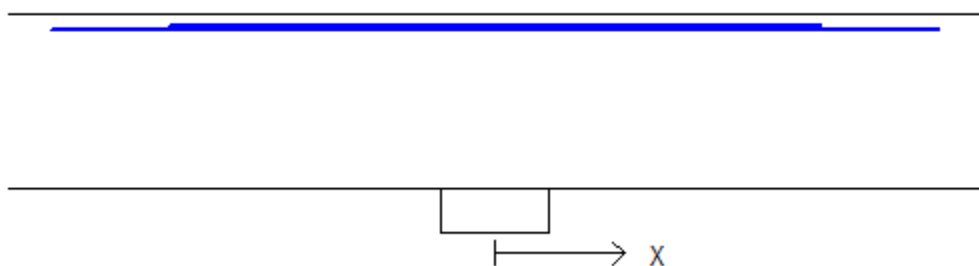
Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1900	1920	3820	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 4

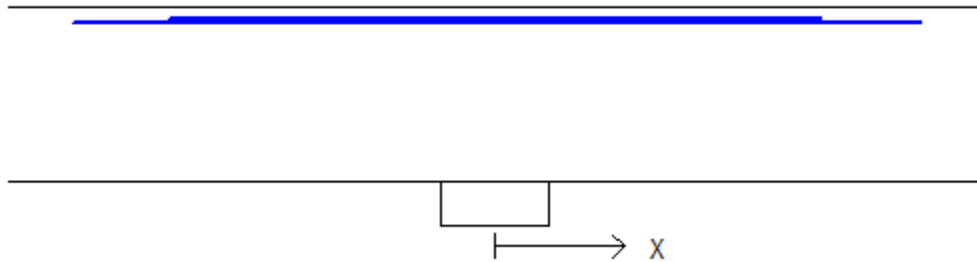
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2040	2040	4080	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

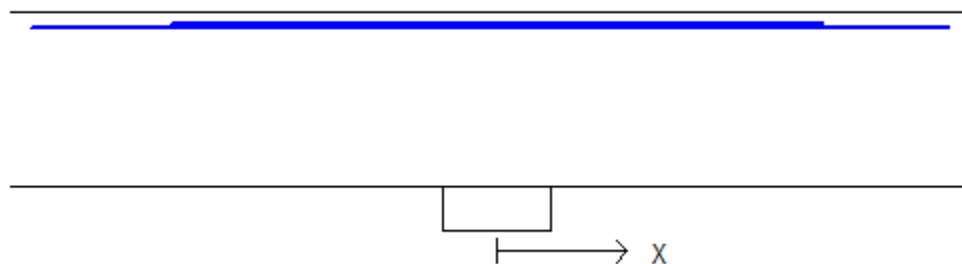
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1940	1960	3900	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 6

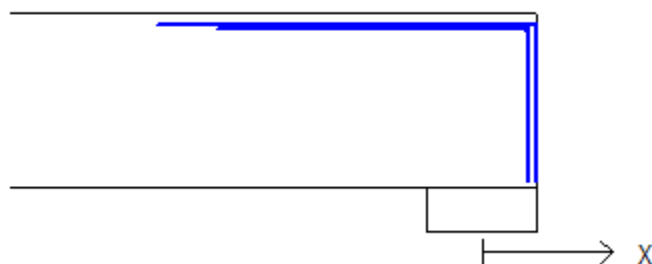
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2150	2080	4230	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-1220	215	68	1
3	19	2	-1220	215	68	0
2	10	1	-1000	250	53	0
2	10	1	-1500	250	53	1
2	10	1	-1500	250	53	1



Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $37 \times D$ Forankringslengde i overkant: $52 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm

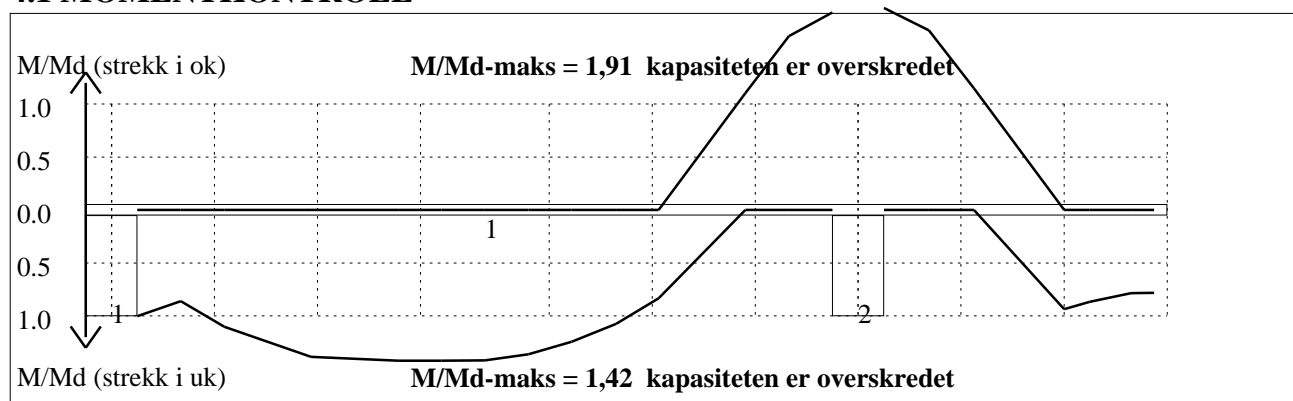
Opplegg nr 7

2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm

3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

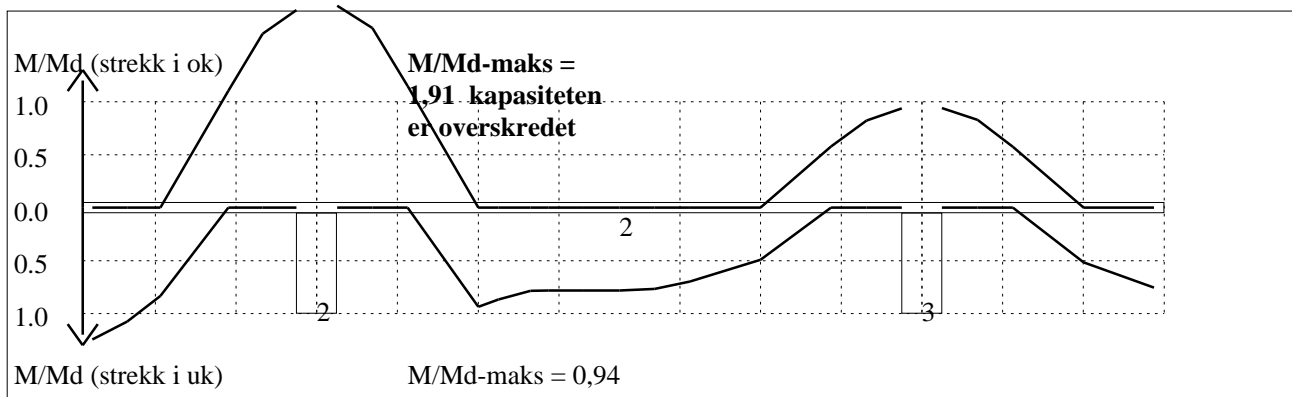
Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	567	567	482	482
2	567	567	482	482
3	567	567	482	482
4	567	567	482	482
5	567	567	482	482
6	567	567	482	482

4.1 MOMENTKONTROLL

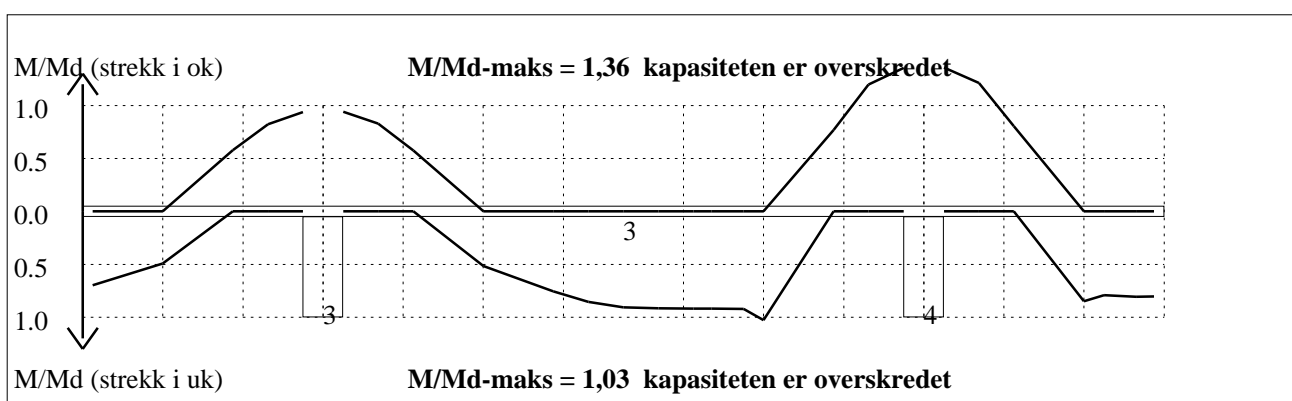


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

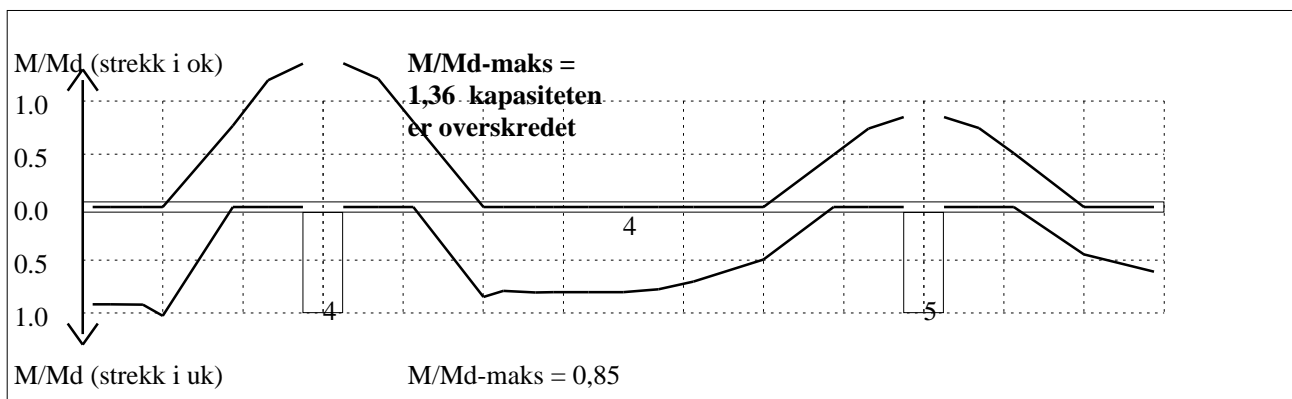
Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

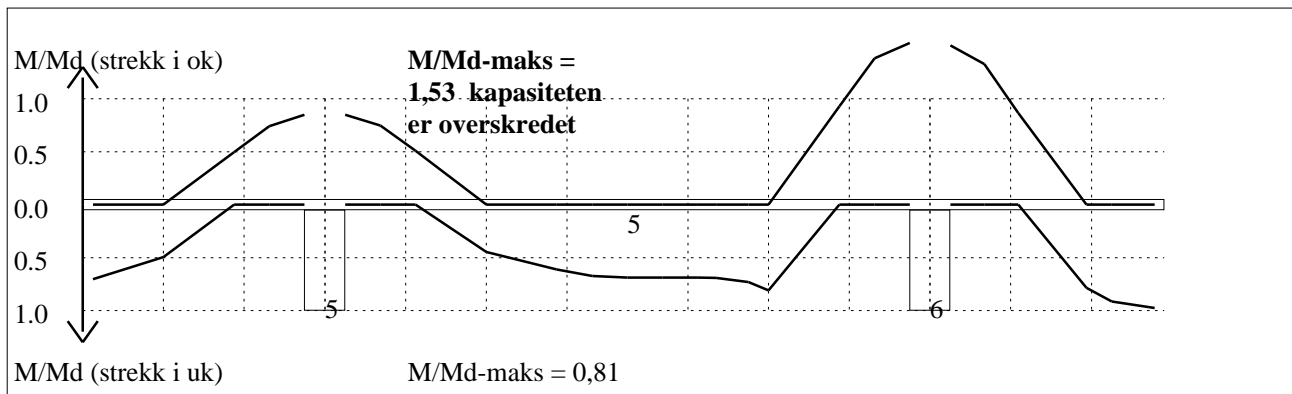


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

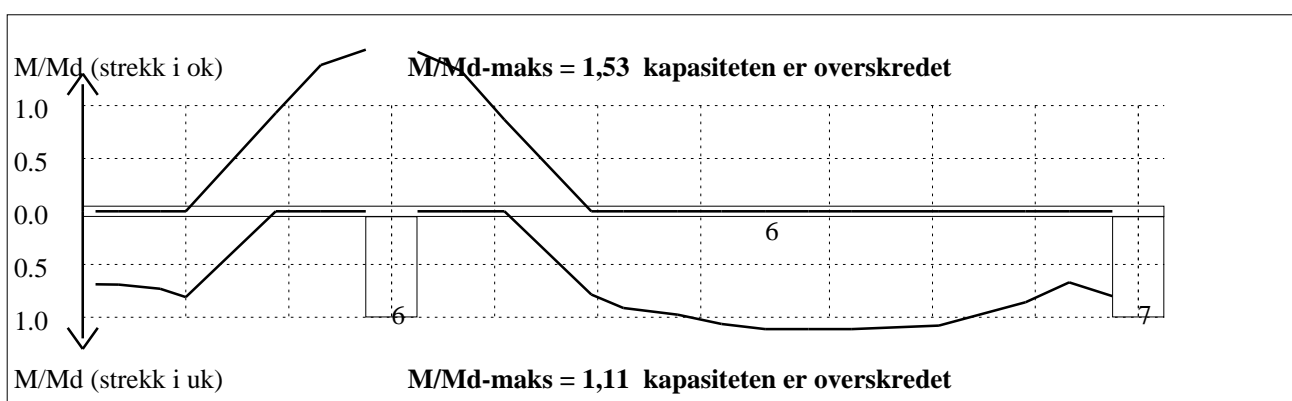


Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

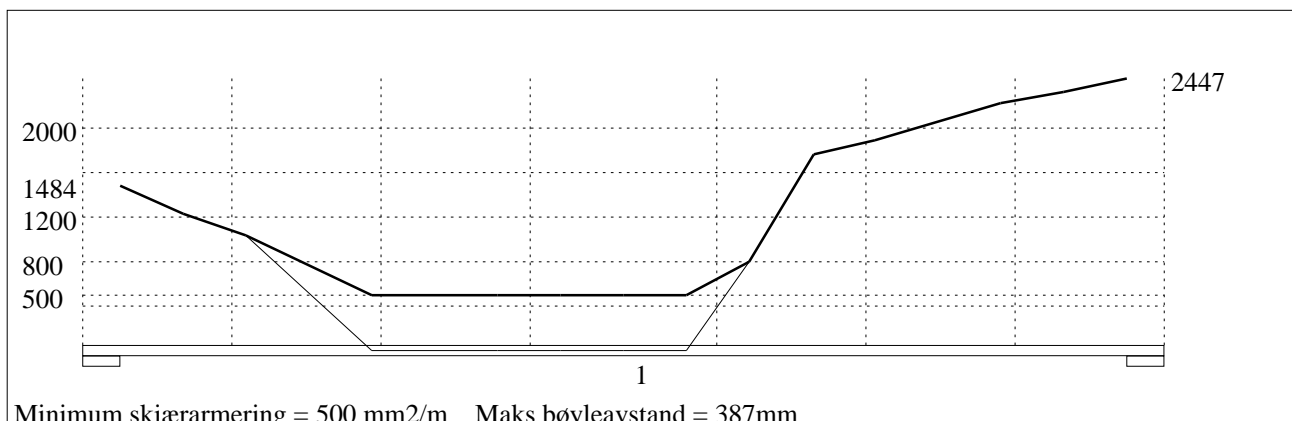


Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



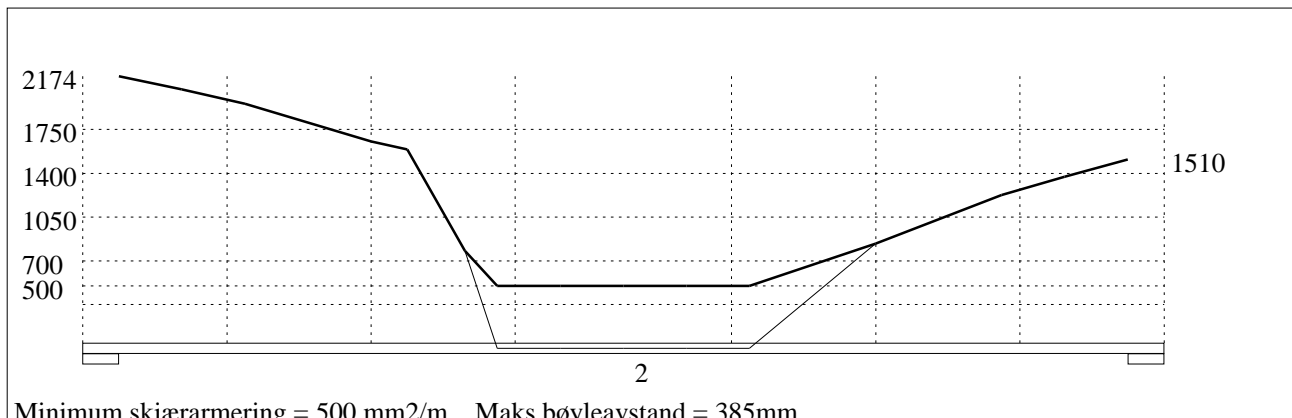
Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2 SKJÆRARMERING



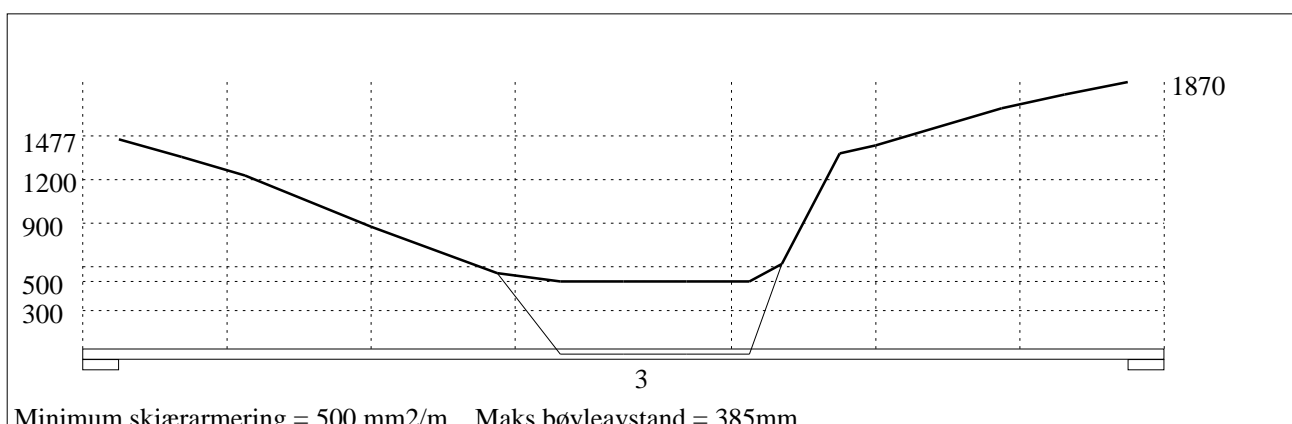
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



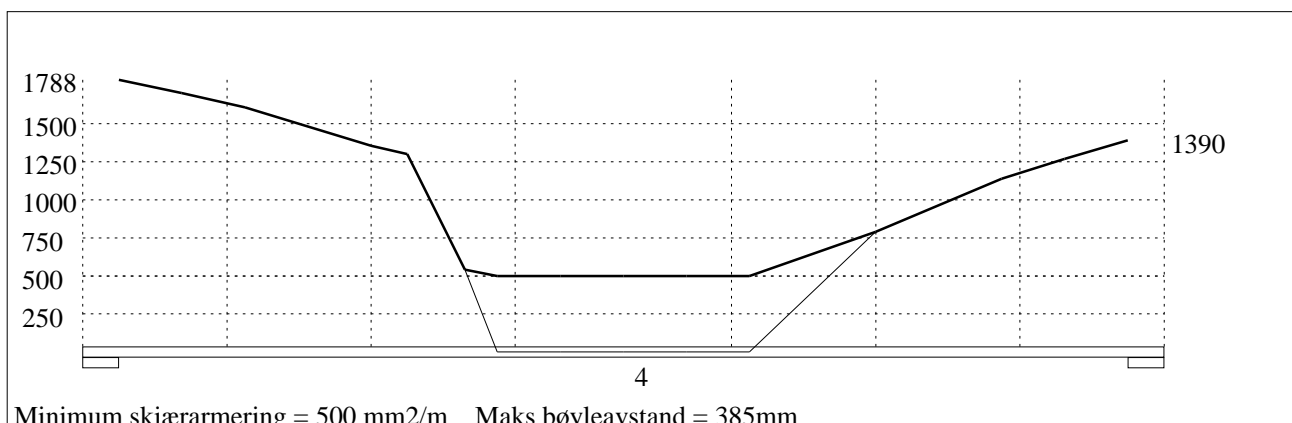
Minimum skjærarmoring = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

Skjærarmoring (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmoring = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

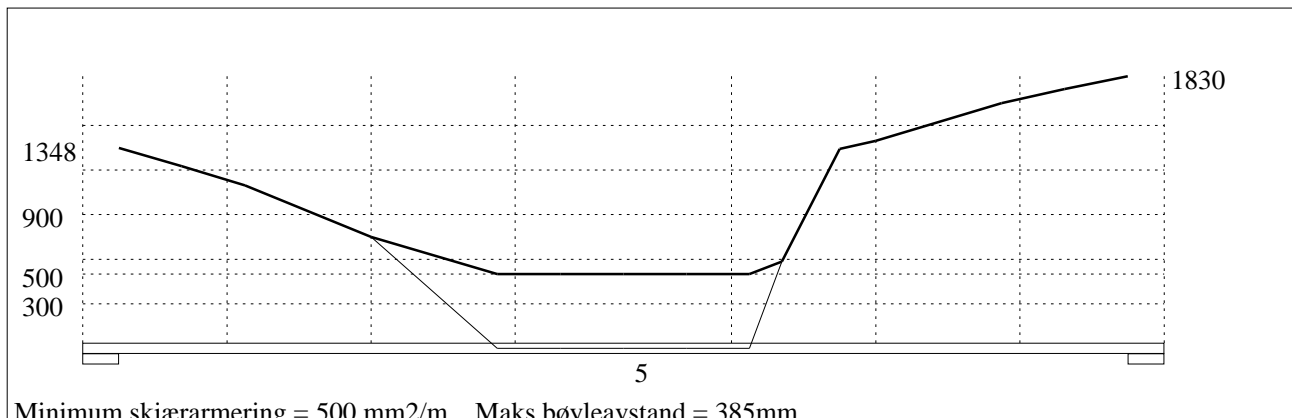
Skjærarmoring (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



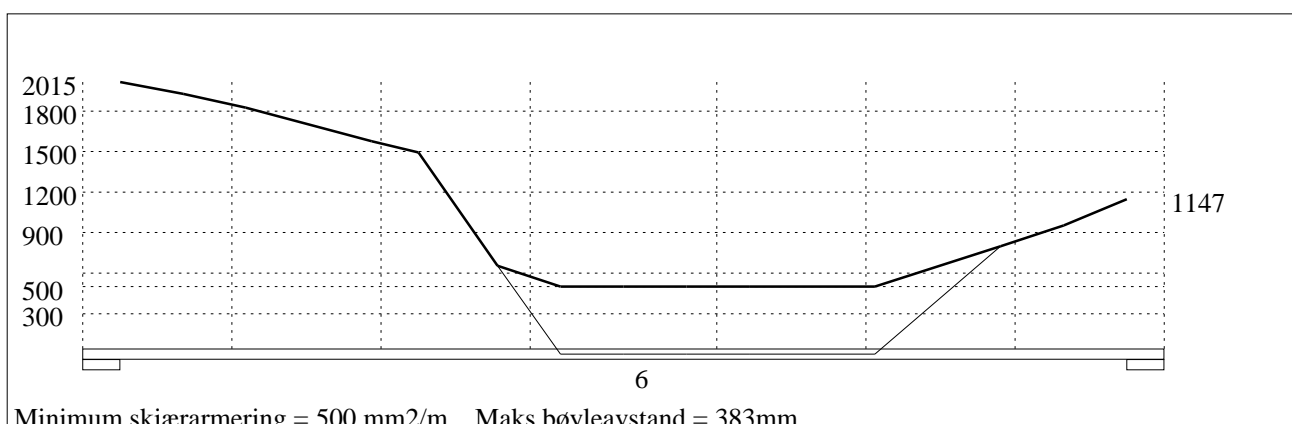
Minimum skjærarmoring = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm

Skjærarmoring (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



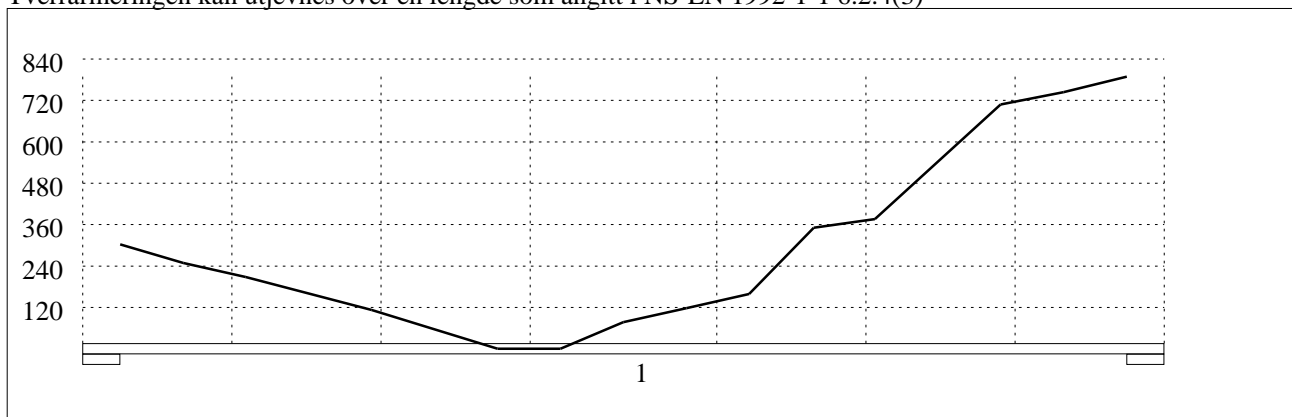
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

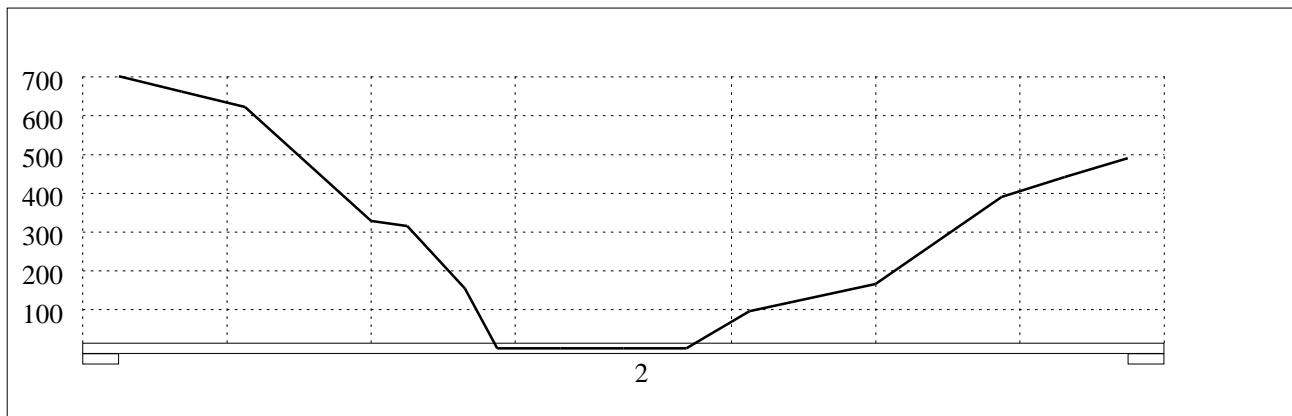
Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tværrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

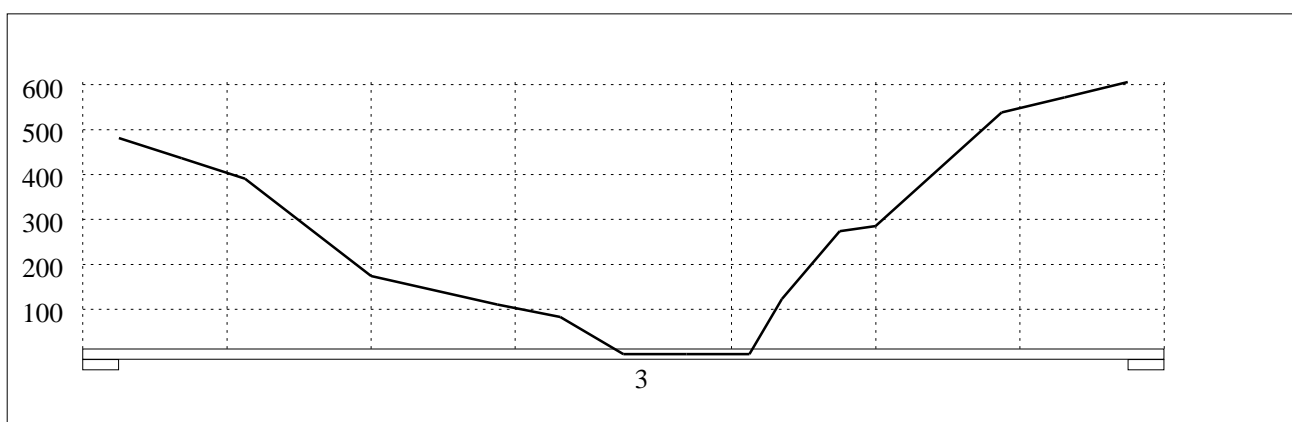


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

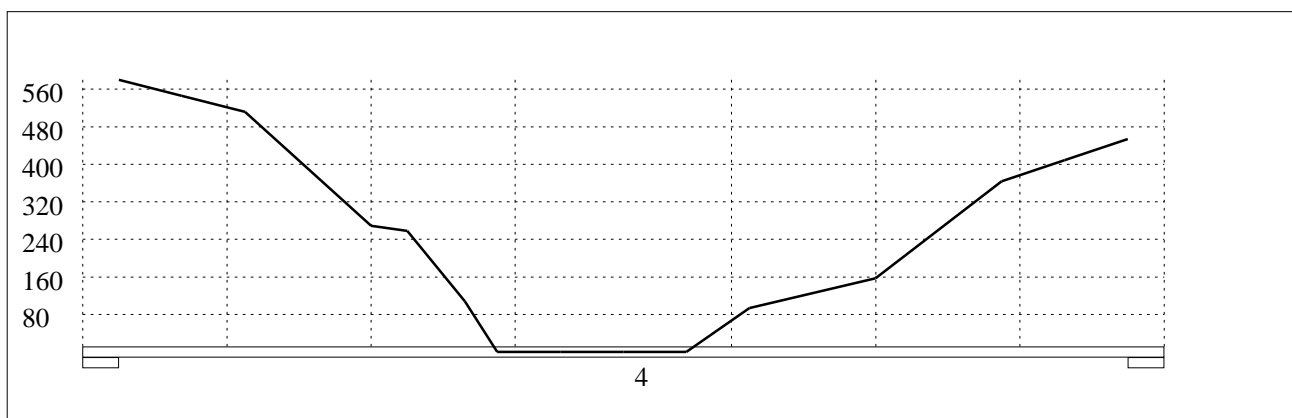
Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

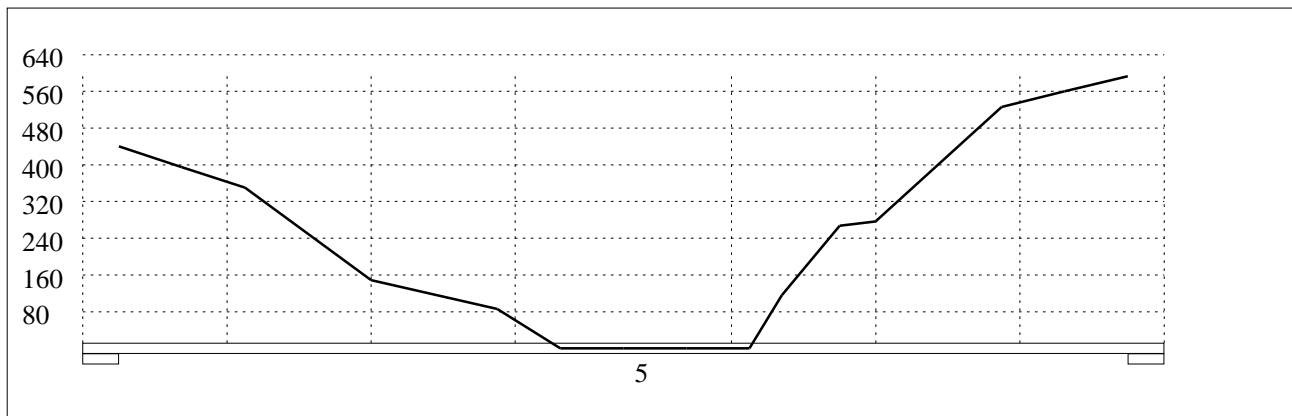


Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

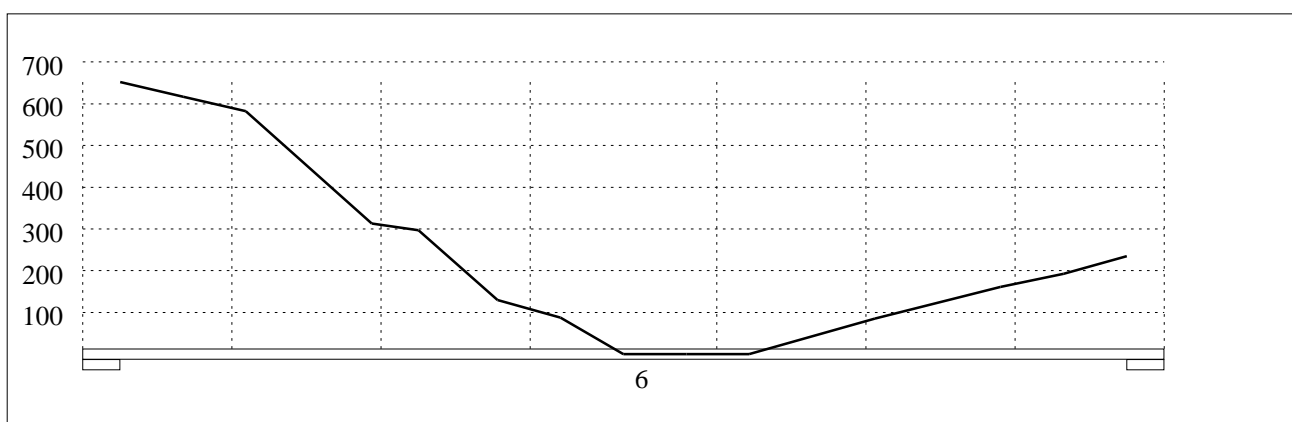


Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 17
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

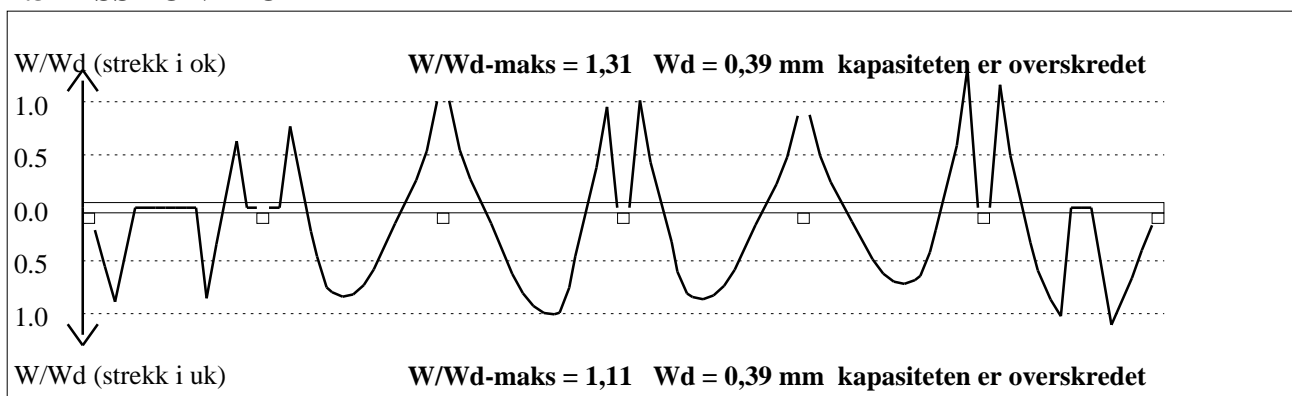


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	2	3	3	3
2	6	10	10	10
3	8	12	12	12
4	7	11	11	11
5	5	9	9	9

Tittel Vedlegg A37 -Bj.C.306. Nyttelast i venstre felt			Side 18
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

6	6	19	19	19
---	---	----	----	----

5.1 OPPLGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-440	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1243	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1251	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-989	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1041	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1038	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-344	0,00	0	0,00	0	0,00		

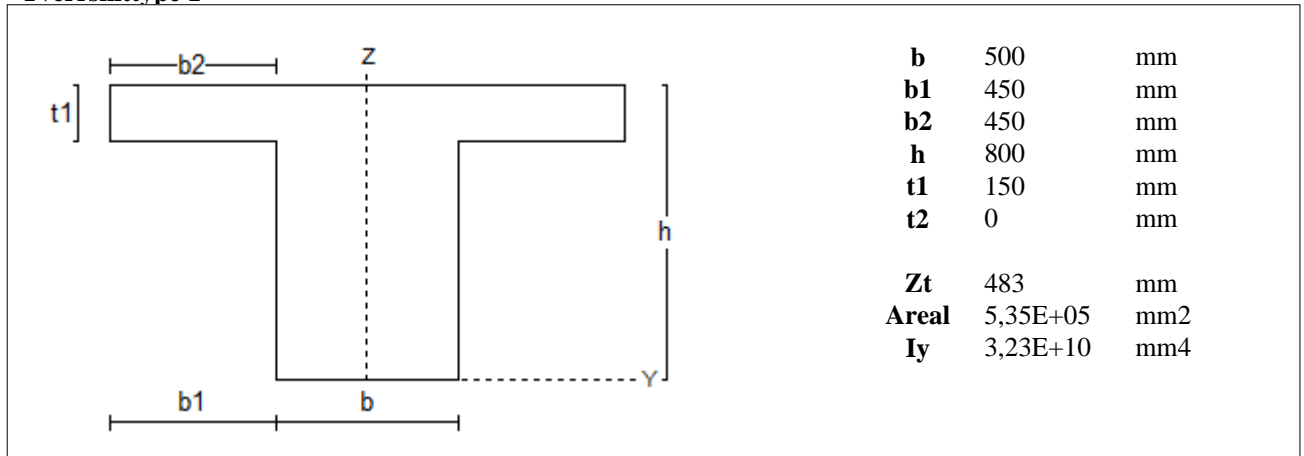
5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-440	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1243	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1251	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-989	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1041	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1038	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-344	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

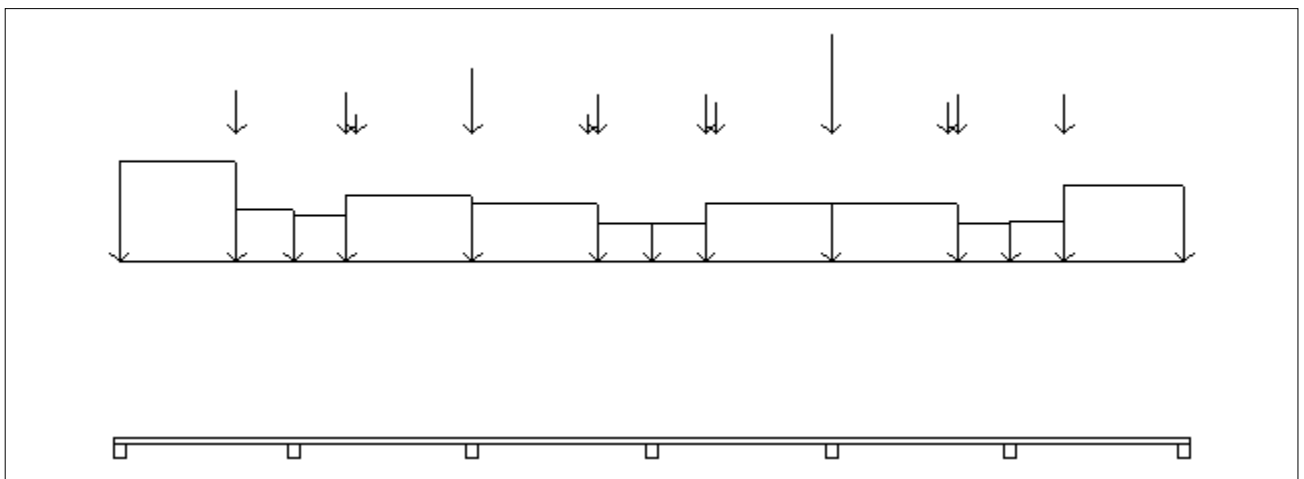
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	13,38	0,00	0,00
2	13,38	0,00	0,00
3	13,38	0,00	0,00
4	13,38	0,00	0,00
5	13,38	0,00	0,00
6	13,38	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
182,43	0,00	4900	1
173,02	0,00	2250	2
86,70	0,00	2650	2
272,70	0,00	0	3
86,70	0,00	4850	3
163,61	0,00	5250	3
163,61	0,00	2250	4
129,90	0,00	2650	4
416,90	0,00	0	5
129,90	0,00	4850	5
163,61	0,00	5250	5
163,61	0,00	2250	6

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
133,50	133,50	0,00	0,00	0	4900	1
68,57	68,57	0,00	0,00	4900	7250	1
60,41	60,41	0,00	0,00	0	2250	2
89,30	89,30	0,00	0,00	2250	7500	2
78,36	78,36	0,00	0,00	0	5250	3
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	3
49,47	49,47	0,00	0,00	0	2250	4
78,36	78,36	0,00	0,00	2250	7500	4
78,36	78,36	0,00	0,00	0	5250	5
49,47	49,47	0,00	0,00	5250	7500	5
53,00	53,00	0,00	0,00	0	2250	6
100,76	100,76	0,00	0,00	2250	7250	6

Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

1.4 MATERIALDATA

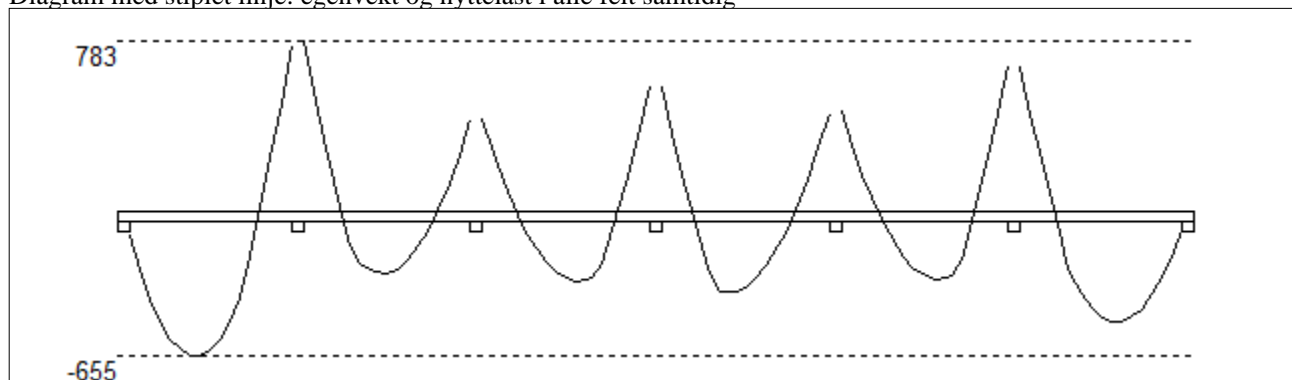
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	244			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,17
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00008
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	-655	-655	-655	-655
2	-275	-275	-275	-275
3	-312	-312	-312	-312
4	-362	-362	-362	-362
5	-303	-303	-303	-303
6	-498	-498	-498	-498

M_g: permanent last M_p: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

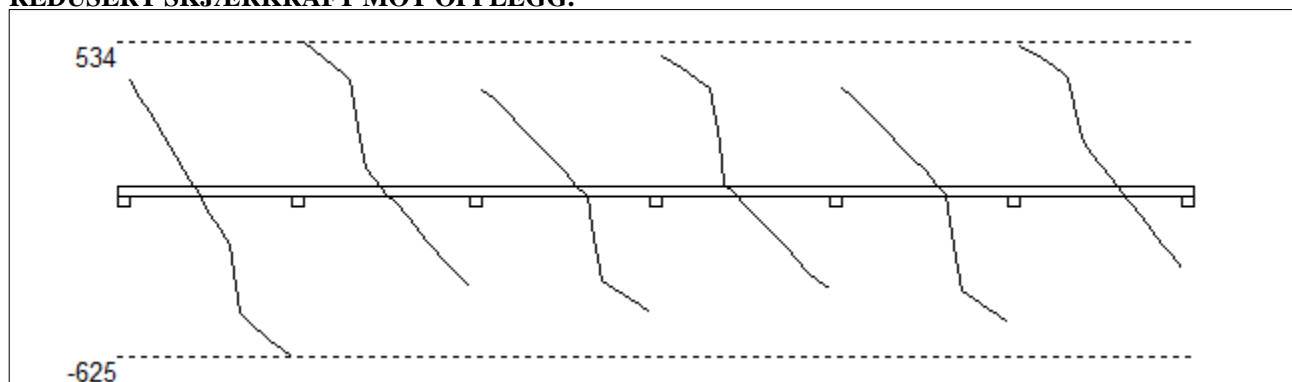
Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	0	0	0	0
2	783	783	783	783
3	423	423	423	423
4	577	577	577	577
5	459	459	459	459
6	668	668	668	668
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			404	394
2	-635	-625	544	534
3	-377	-367	366	356
4	-469	-459	491	482
5	-387	-377	373	363
6	-505	-495	530	520
7	-309	-300		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

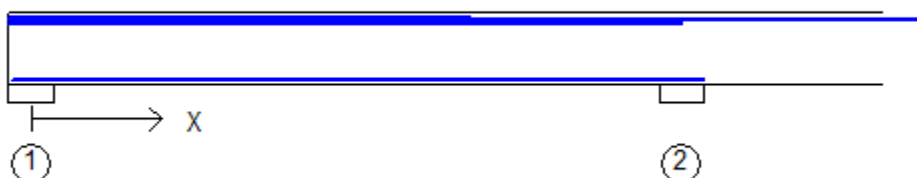
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	-250	10000	10250	68	80
2	16	2	1000	6500	5500	70	80
2	10	1	-250	4900	5150	53	59
2	10	3	-250	7250	7500	122	128
2	10	3	1000	6000	5000	122	128
4	10	3	-250	4900	5150	122	128



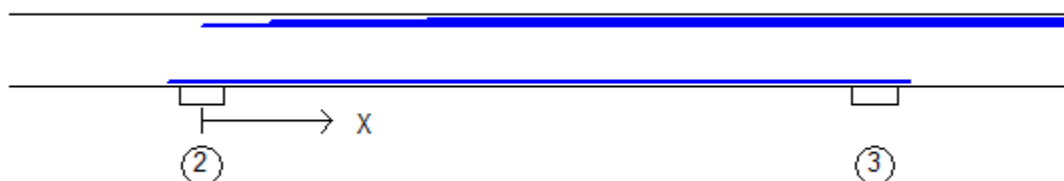
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-215	7500	7715	47	59
3	19	1	-215	7250	7465	47	59

Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	1	2500	12500	10000	53	59
3	10	3	2500	12500	10000	122	128

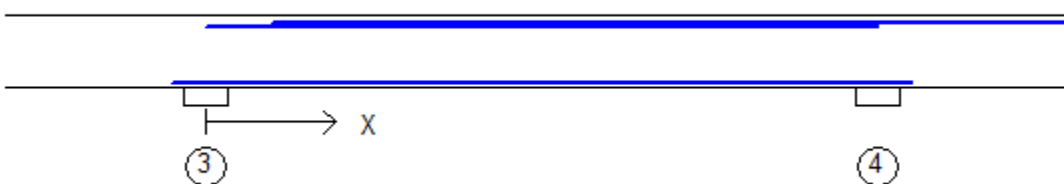


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1710	6020	4310	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128



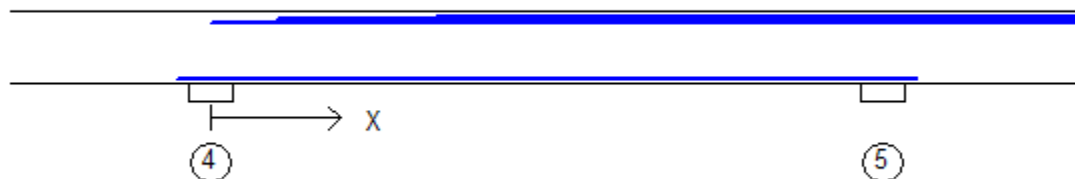
Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1480	6050	4570	47	59

Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
3	10	3	2500	12500	10000	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	1	2500	12500	10000	53	59

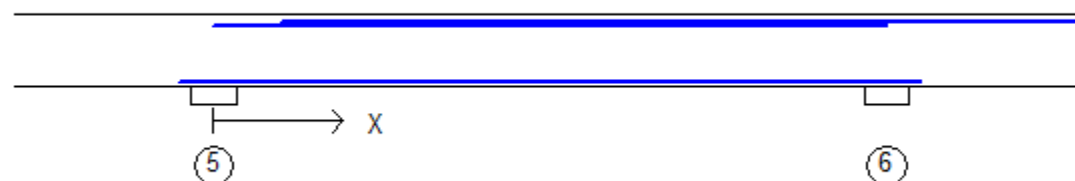


Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1450	6030	4580	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	8	3	0	7500	7500	123	128



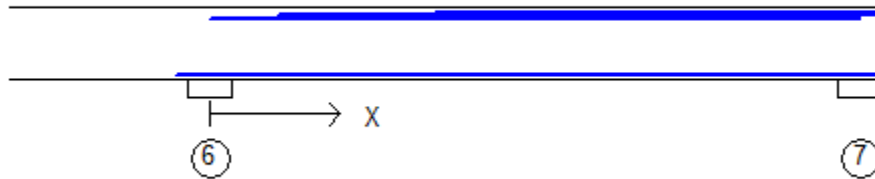
Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1560	5850	4290	47	59

Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	3000	7500	4500	68	80
2	16	2	750	6500	5750	70	80
2	10	3	0	7250	7250	122	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	10	1	2500	7500	5000	53	59
4	10	3	2500	7250	4750	122	128



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-380	7465	7845	47	59
3	19	1	1520	7465	5945	47	59

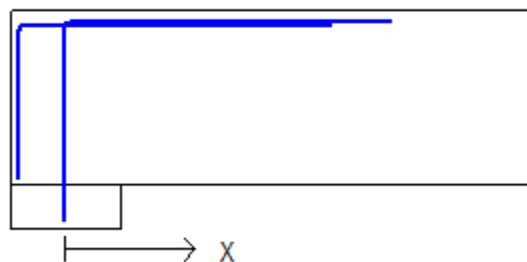
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

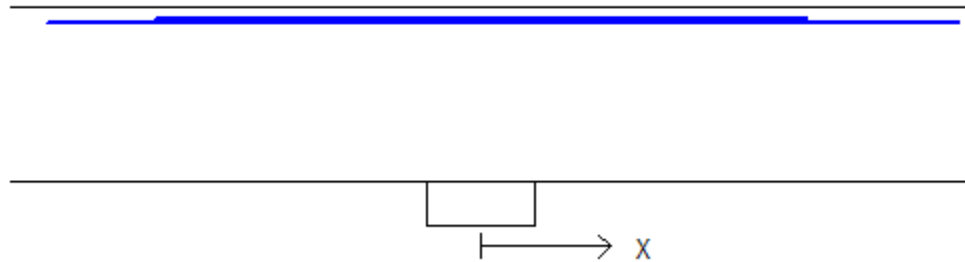
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-215	1220	68	1
3	19	2	-215	1220	68	0
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1000	53	1



Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

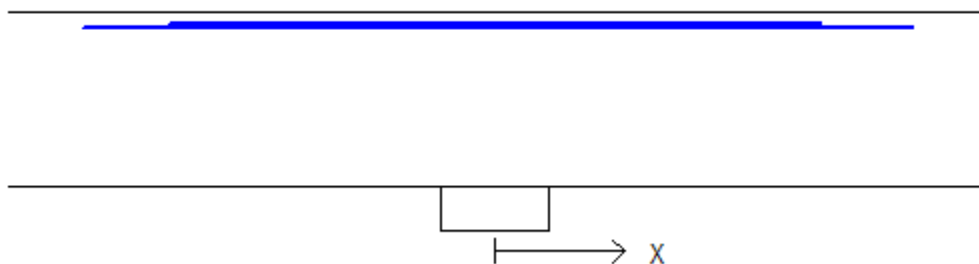
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2000	2200	4200	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1000	1500	2500	53
2	8	1	-1500	1000	2500	54



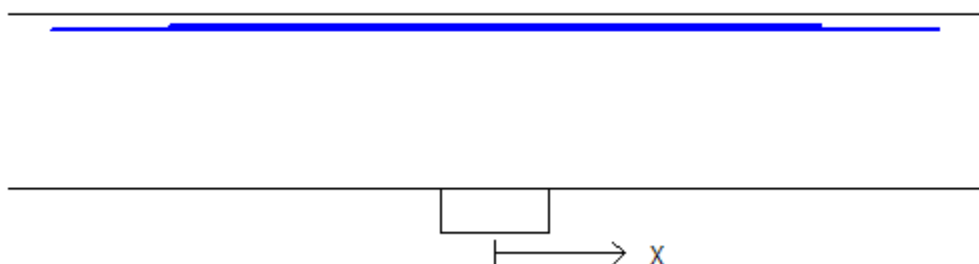
Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1900	1920	3820	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 4

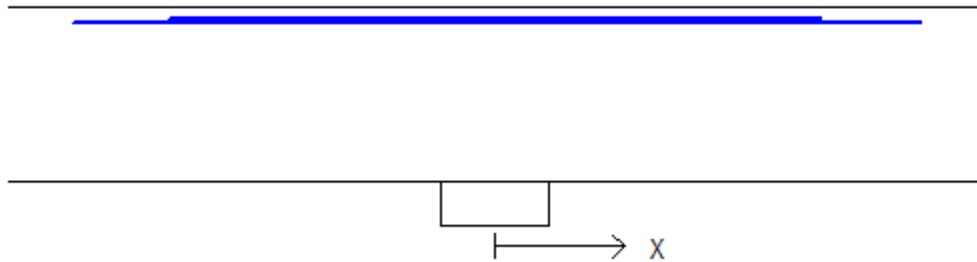
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2040	2040	4080	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

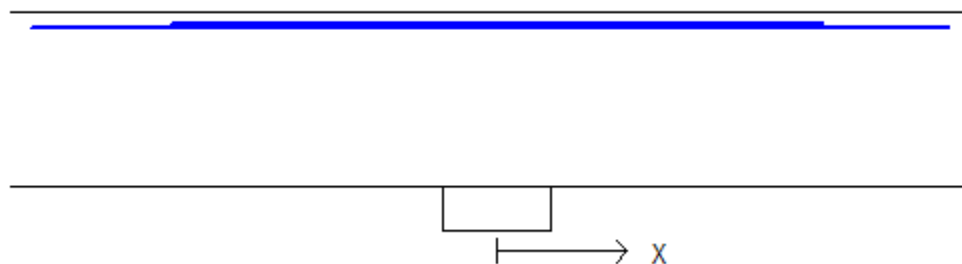
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1940	1960	3900	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 6

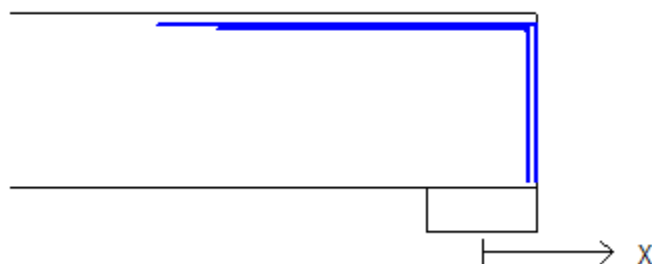
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2150	2080	4230	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-1220	215	68	1
3	19	2	-1220	215	68	0
2	10	1	-1000	250	53	0
2	10	1	-1500	250	53	1
2	10	1	-1500	250	53	1



Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $37 \times D$ Forankringslengde i overkant: $52 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm

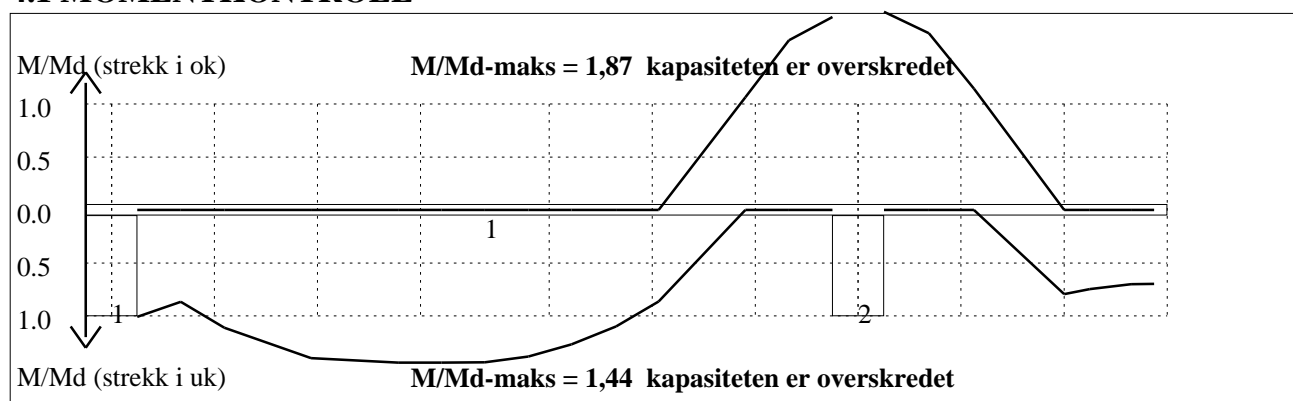
Opplegg nr 7

2bøyler d 25, L=0 avstand til kant: 90 mm

3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

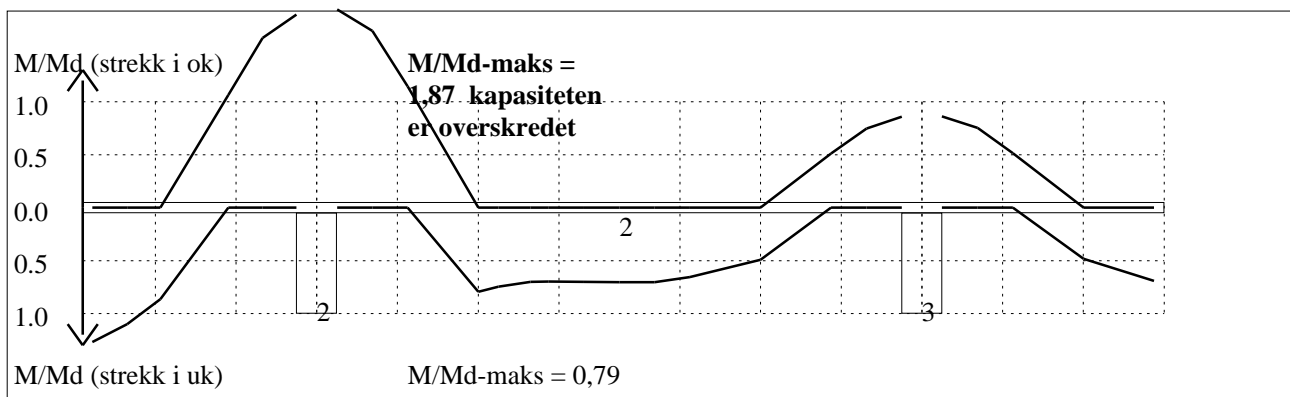
Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	567	567	482	482
2	567	567	482	482
3	567	567	482	482
4	567	567	482	482
5	567	567	482	482
6	567	567	482	482

4.1 MOMENTKONTROLL

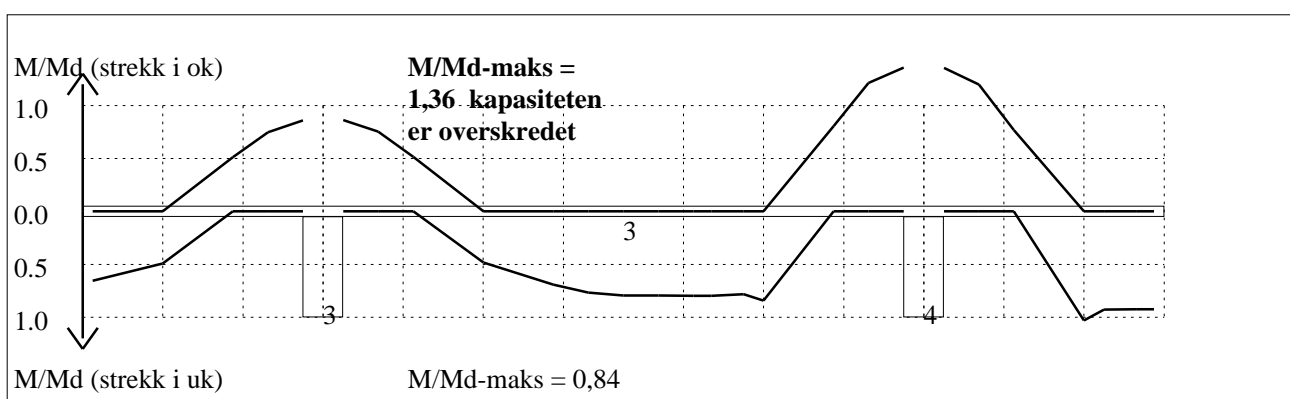


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

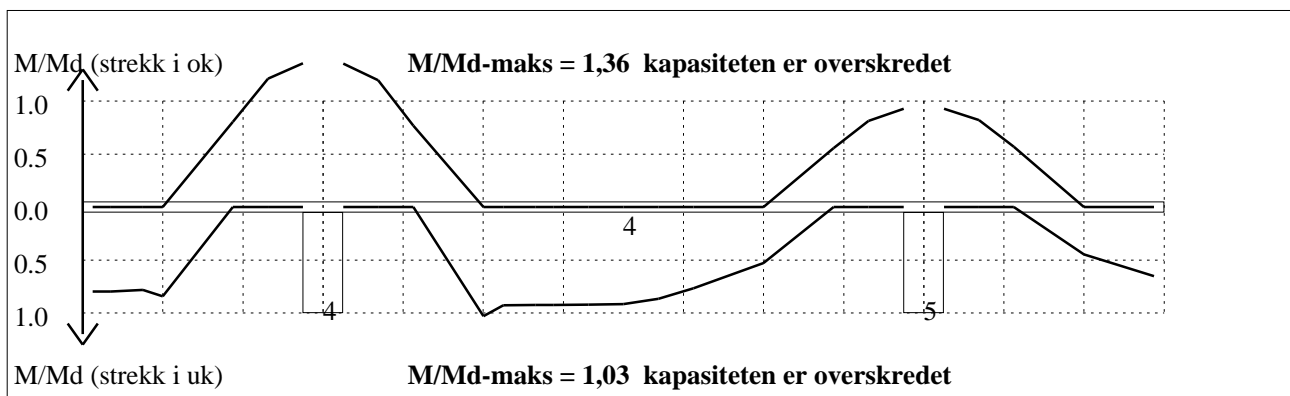
Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

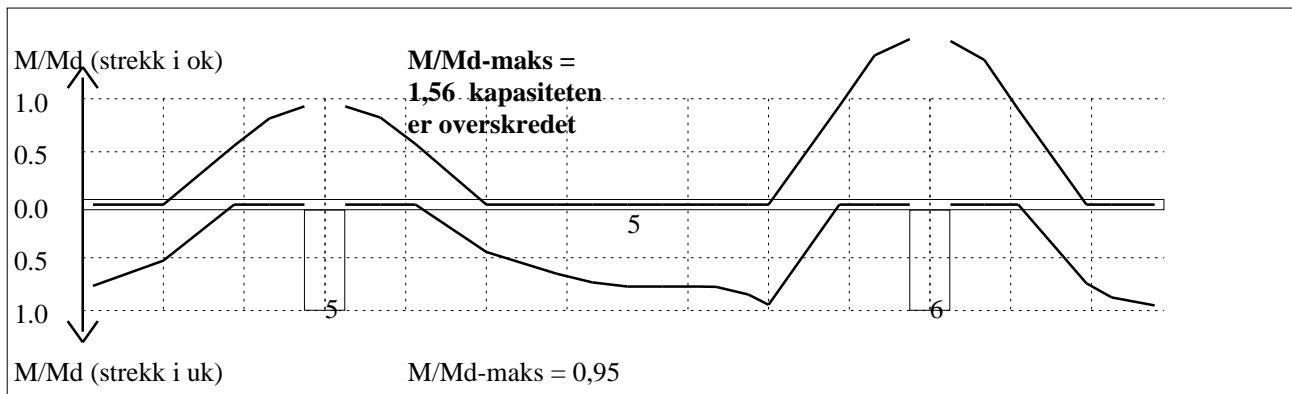


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

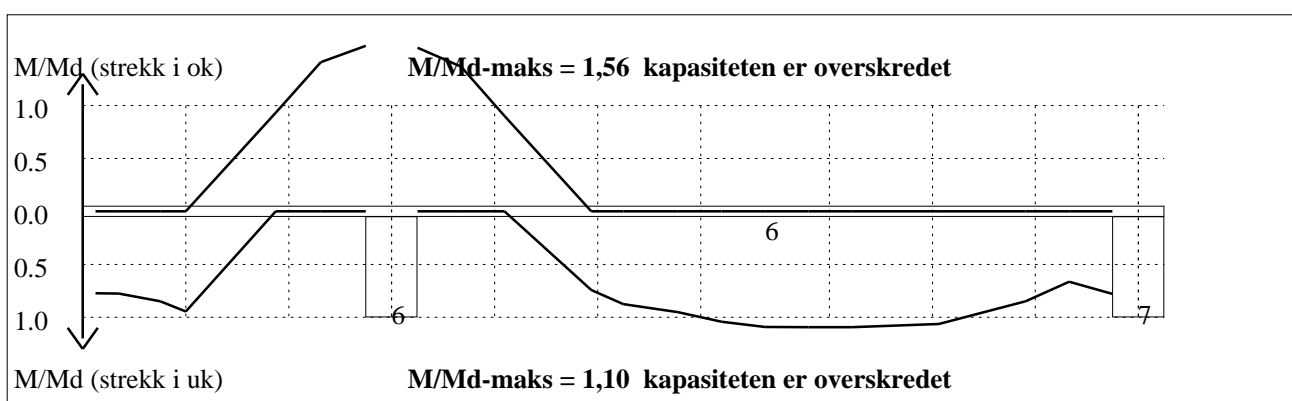


Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

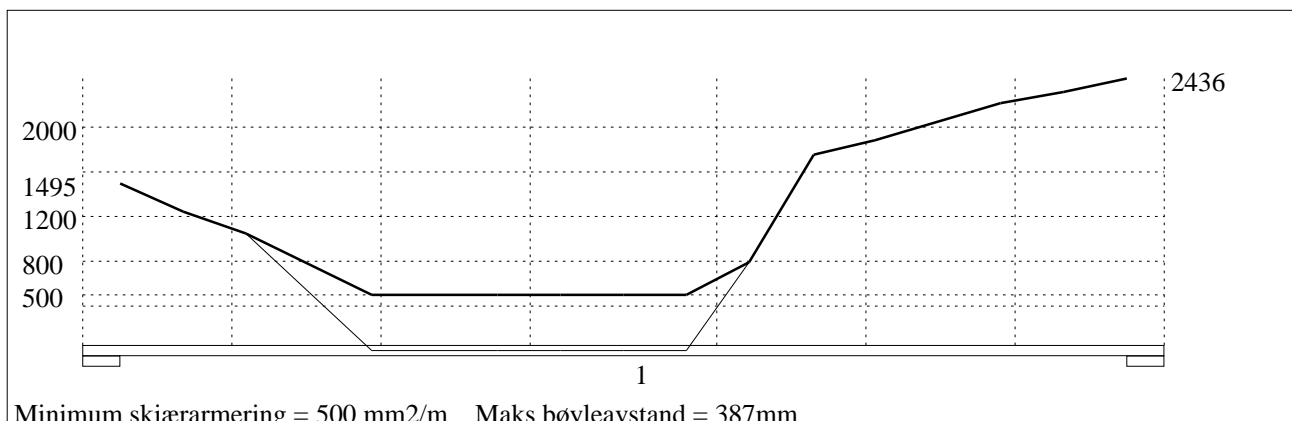


Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



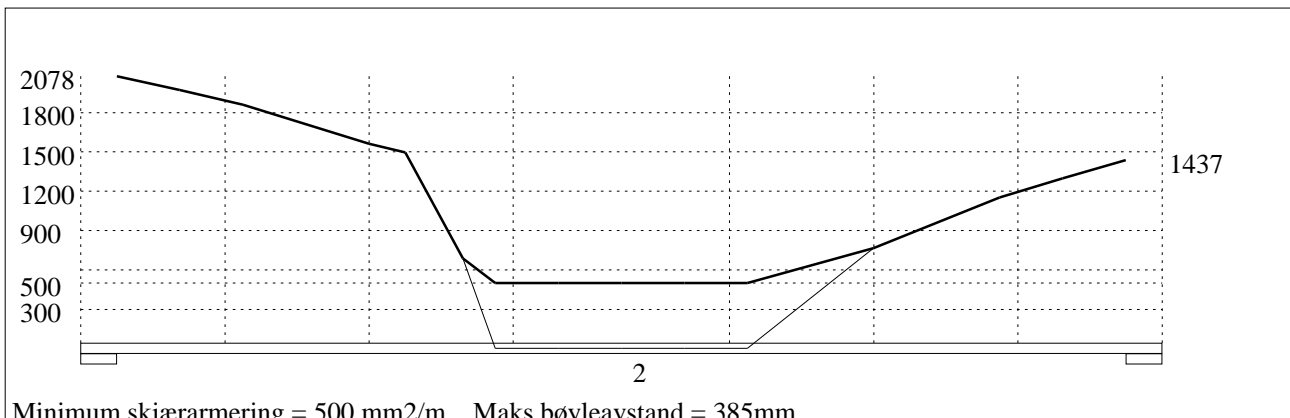
Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2 SKJÆRARMERING

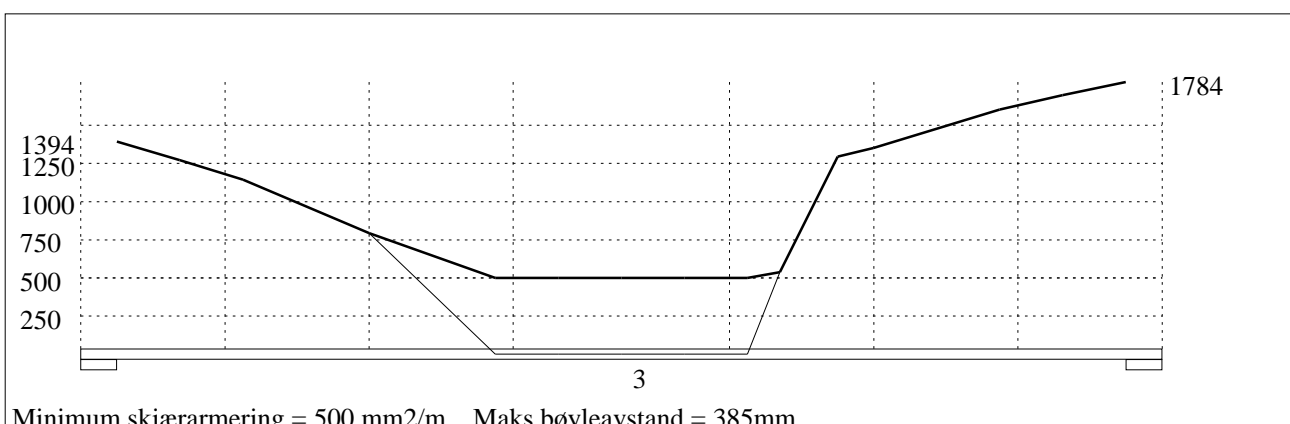


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

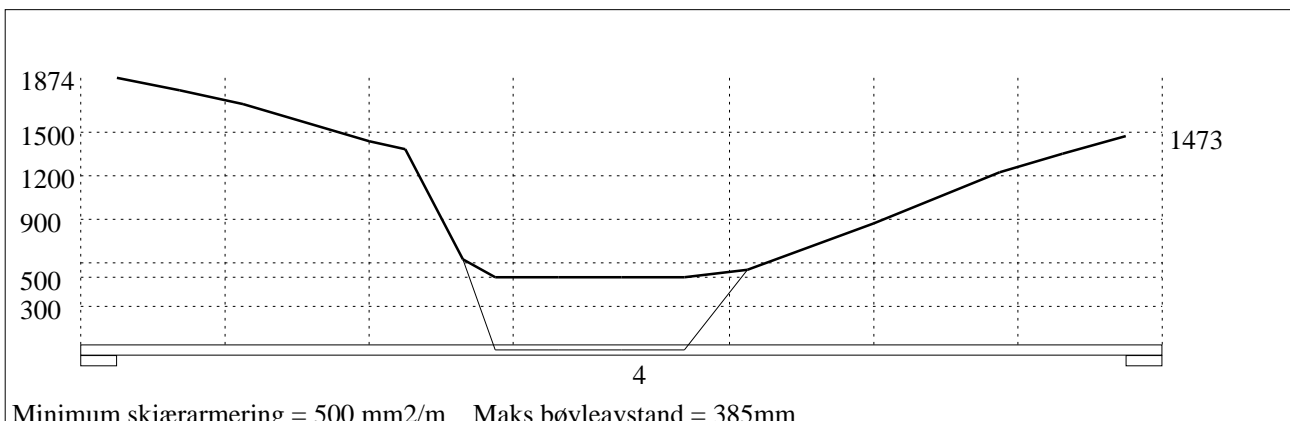
Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

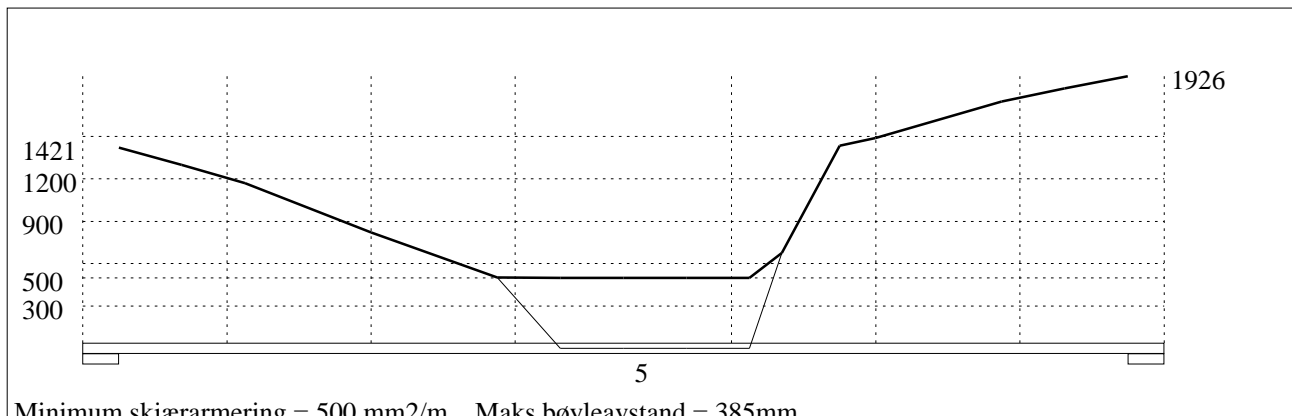


Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

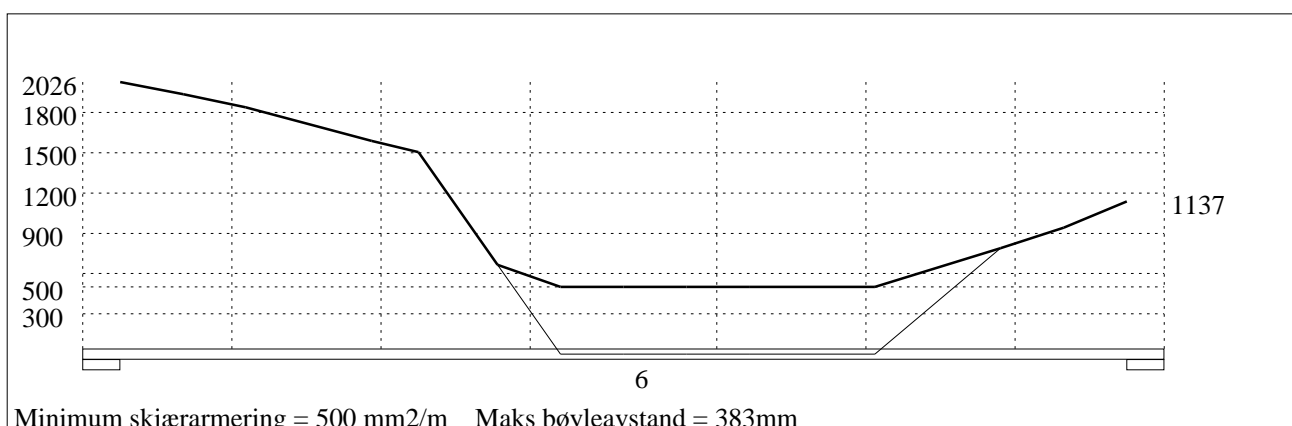


Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 385mm
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



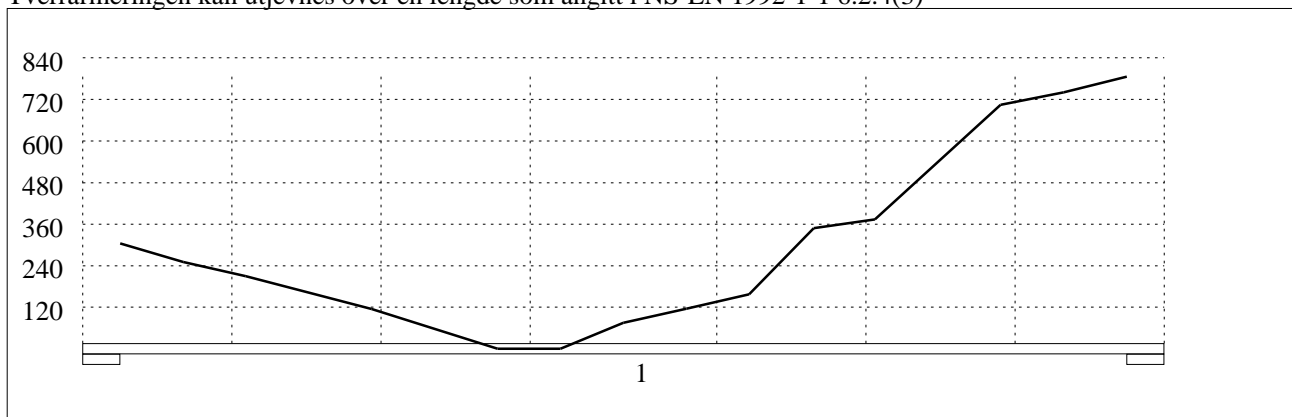
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

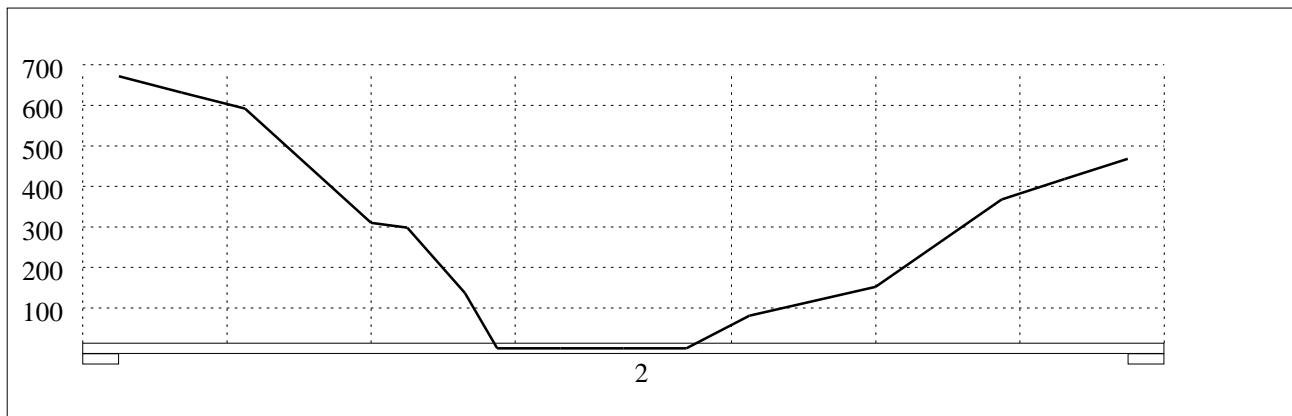
Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tværrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

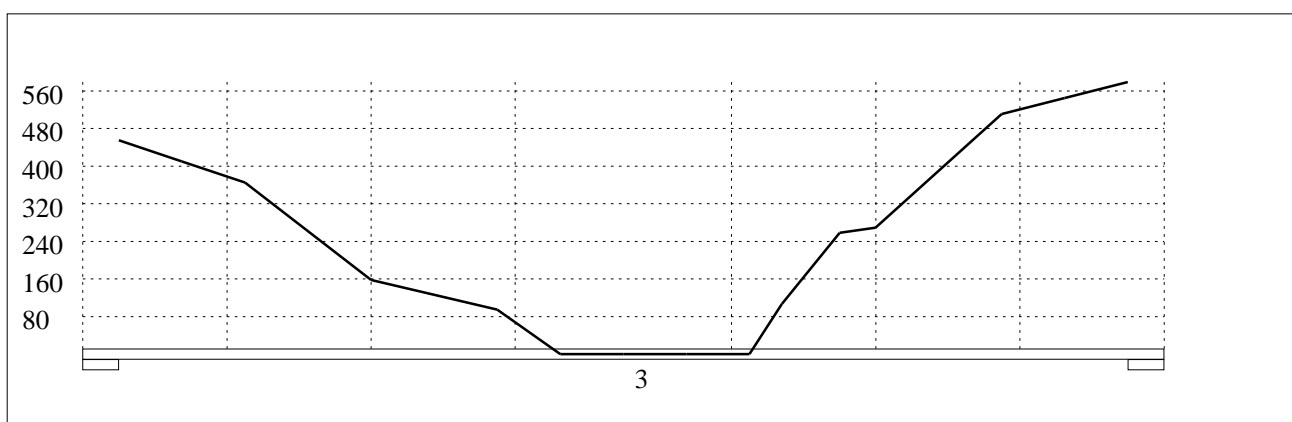


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

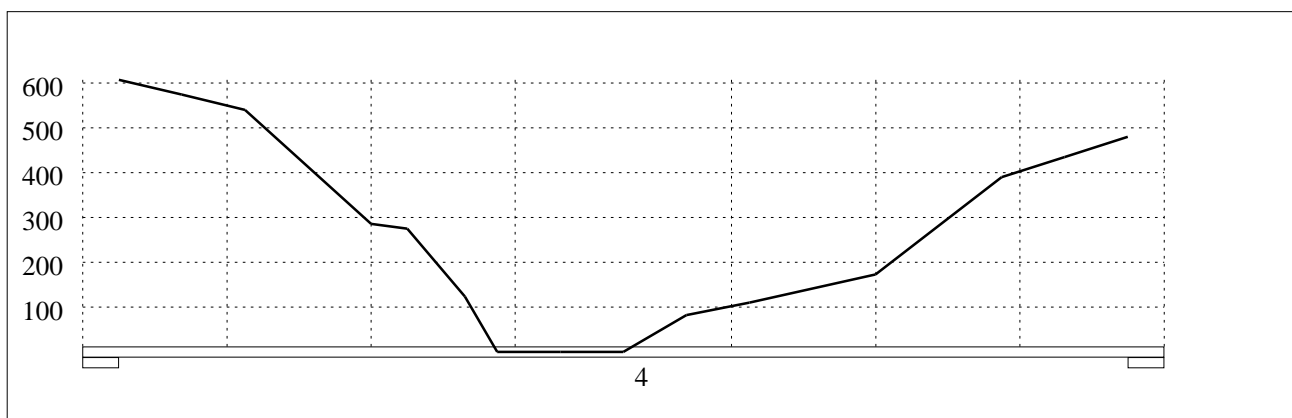
Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

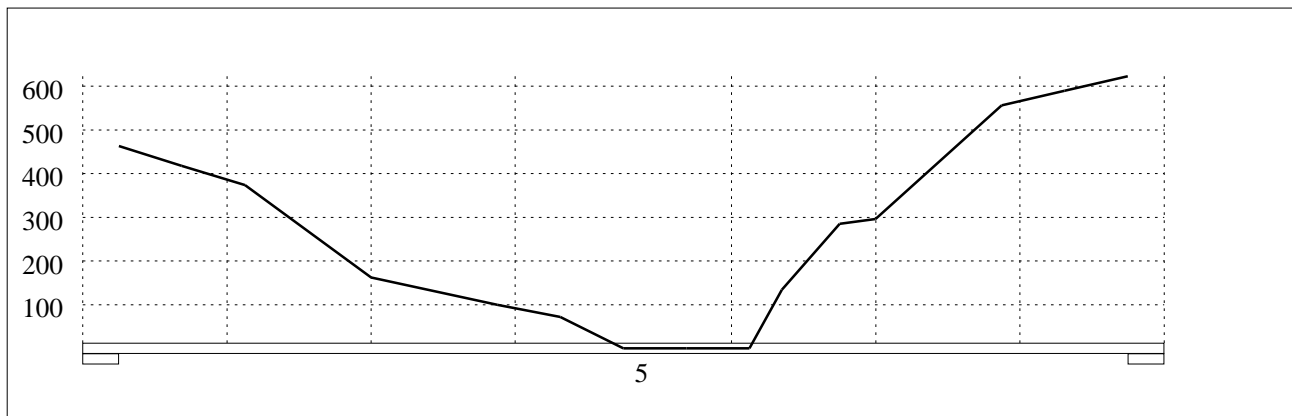


Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

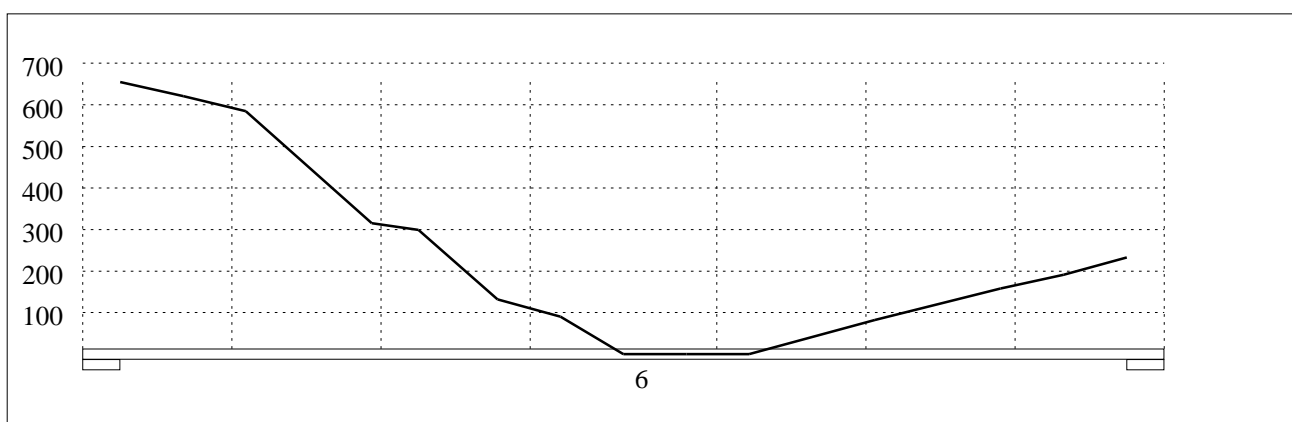


Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 17
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

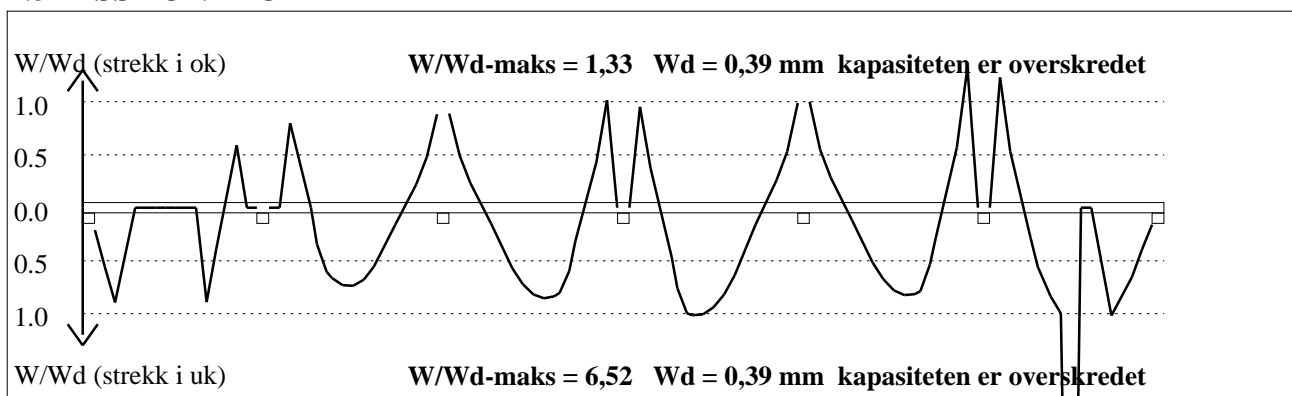


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	2	3	3	3
2	6	9	9	9
3	7	11	11	11
4	8	12	12	12
5	6	9	9	9

Tittel Vedlegg A38 - Bj.C.306. Nyttelast i høyre felt			Side 18
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

6	15	13	13	13
---	----	----	----	----

5.1 OPPLGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-443	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1215	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1067	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-989	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1225	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1065	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-341	0,00	0	0,00	0	0,00		

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-443	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1215	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1067	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-989	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1225	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-1065	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-341	0,00	0	0,00	0	0,00		

Vedlegg A39 - Laster bjelke Bj.C.307 etter forbedring

1.Bjelke:

Laster hentet fra vedlegg A10 1.plate og 2.plate

$$q_{yerm.304.1} := 64.893 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.2} := 67.393 \frac{kN}{m}$$
$$q_{307.1} := q_{yerm.304.1} + q_{yerm.304.2} = (132.286 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 1.plate og 2.plate

$$P_{307.1.1} := 182.431 \text{ kN} \quad P_{307.2.1} := 173.02 \text{ kN}$$
$$P_{307.1.2} := 192.049 \text{ kN} \quad P_{307.2.2} := 182.638 \text{ kN}$$

$$P_{307.1} := P_{307.1.1} + P_{307.1.2} = (374.48 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{307.2} := P_{307.2.1} + P_{307.2.2} = (355.658 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A29 bjelker

$$P_{305.1.1} := 129.934 \text{ kN} \quad P_{305.2.1} := 416.85 \text{ kN}$$
$$P_{305.1.2} := 135.341 \text{ kN} \quad P_{305.2.2} := 434.858 \text{ kN}$$

$$P_{305.1} := P_{305.1.1} + P_{305.1.2} = (265.275 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{305.2} := P_{305.2.1} + P_{305.2.2} = (851.708 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{305.3} := P_{305.1} = (265.275 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A30 1.plate og 2.plate

$$q_{xerm.305.1} := 28.895 \frac{kN}{m} \quad q_{xerm.305.2} := 28.895 \frac{kN}{m}$$
$$q_{307.2} := q_{xerm.305.1} + q_{xerm.305.2} = (57.79 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 4.plate og 5.plate

$$P_{307.3.1} := 163.609 \text{ kN} \quad P_{307.4.1} := 163.609 \text{ kN}$$

$$P_{307.3.2} := 173.228 \text{ kN} \quad P_{307.4.2} := 173.228 \text{ kN}$$

$$P_{307.3} := P_{307.3.1} + P_{307.3.2} = (336.837 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{307.4} := P_{307.4.1} + P_{307.4.2} = (336.837 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A29 bjelker

$$P_{305.4} := P_{305.1} = (265.275 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{305.5} := P_{305.2} = (851.708 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{305.6} := P_{305.1} = (265.275 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A30 4.plate og 5.plate

$$q_{307.3} := q_{307.2} = (57.79 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 7.plate og 8.plate

$$P_{307.5} := P_{307.3} = (336.837 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{307.6} := P_{307.4} = (336.837 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A10 4.plate og 5.plate

$$q_{yerm.304.4} := 47.76 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q_{yerm.304.5} := 40.591 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{307.4} := q_{yerm.304.4} + q_{yerm.304.5} = (88.351 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

2.Bjelke -mot bygg C:

Laster hentet fra vedlegg A10 2.plate og 3.plate

$$q_{yerm.304.2} := 67.393 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.3.1} := 91.071 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.3.2} := 9.918 \frac{kN}{m}$$
$$q_{307.1} := q_{yerm.304.2} + q_{yerm.304.3.1} - q_{yerm.304.3.2} = (148.546 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 2.plate og 3.plate

$$P_{307.1.1} := 192.049 \text{ kN} \quad P_{307.2.1} := 182.638 \text{ kN}$$
$$P_{307.1.2} := 232.395 \text{ kN} \quad P_{307.2.2} := 222.984 \text{ kN}$$

$$P_{307.1} := P_{307.1.1} + P_{307.1.2} = (424.444 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{307.2} := P_{307.2.1} + P_{307.2.2} = (405.622 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A29 bjelker

$$P_{305.1.1} := 135.341 \text{ kN} \quad P_{305.2.1} := 434.858 \text{ kN}$$
$$P_{305.1.2} := 178.778 \text{ kN} \quad P_{305.2.2} := 579.645 \text{ kN}$$

$$P_{305.1} := P_{305.1.1} + P_{305.1.2} = (314.119 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{305.2} := P_{305.2.1} + P_{305.2.2} = (1.015 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$P_{305.3} := P_{305.1} = (314.119 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A30 2.plate og 3.plate

$$q_{xerm.305.2} := 28.895 \frac{kN}{m} \quad q_{xerm.305.3} := 34.747 \frac{kN}{m}$$
$$q_{307.2} := q_{xerm.305.2} + q_{xerm.305.3} = (63.642 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 5.plate og 6.plate

$$P_{307.3.1} := 173.228 \text{ kN} \quad P_{307.4.1} := 173.228 \text{ kN}$$

$$P_{307.3.2} := 213.573 \text{ kN} \quad P_{307.4.2} := 213.573 \text{ kN}$$

$$P_{307.3} := P_{307.3.1} + P_{307.3.2} = (386.801 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{307.4} := P_{307.4.1} + P_{307.4.2} = (386.801 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet vedlegg A29

$$P_{305.4} := P_{305.1} = (314.119 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{305.5} := P_{305.2} = (1.015 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$P_{305.6} := P_{305.1} = (314.119 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A30 5.plate og 6.plate

$$q_{307.3} := q_{307.2} = (63.642 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 8.plate og 9.plate

$$P_{307.5} := P_{307.3} = (386.801 \cdot 10^3) \text{ N} \quad P_{307.6} := P_{307.4} = (386.801 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A10 5.plate og 6.plate

$$q_{yerm.304.5} := 40.591 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q_{yerm.304.6.1} := 73.459 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q_{yerm.304.6.2} := 14.722 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{307.4} := q_{yerm.304.5} + q_{yerm.304.6.1} - q_{yerm.304.6.2} = (99.328 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten

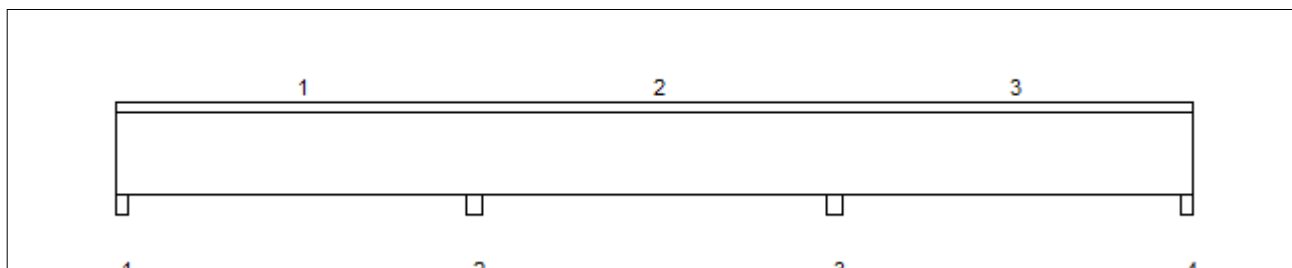
Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002

Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 1\Bj.C 307 etter forsterkning\K-bjelke BJ.C307 etter forsterkning.kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttearmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

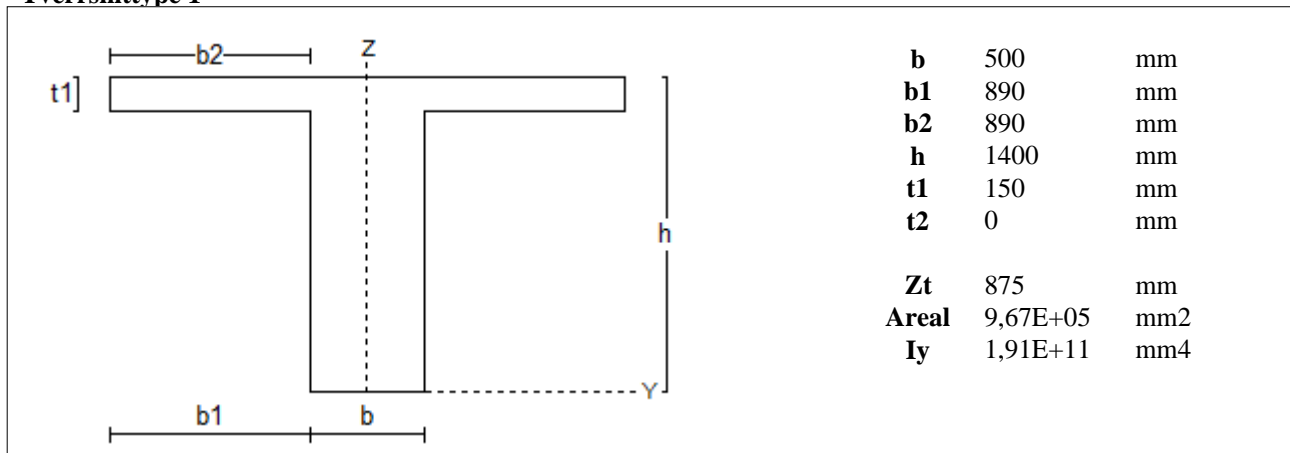


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

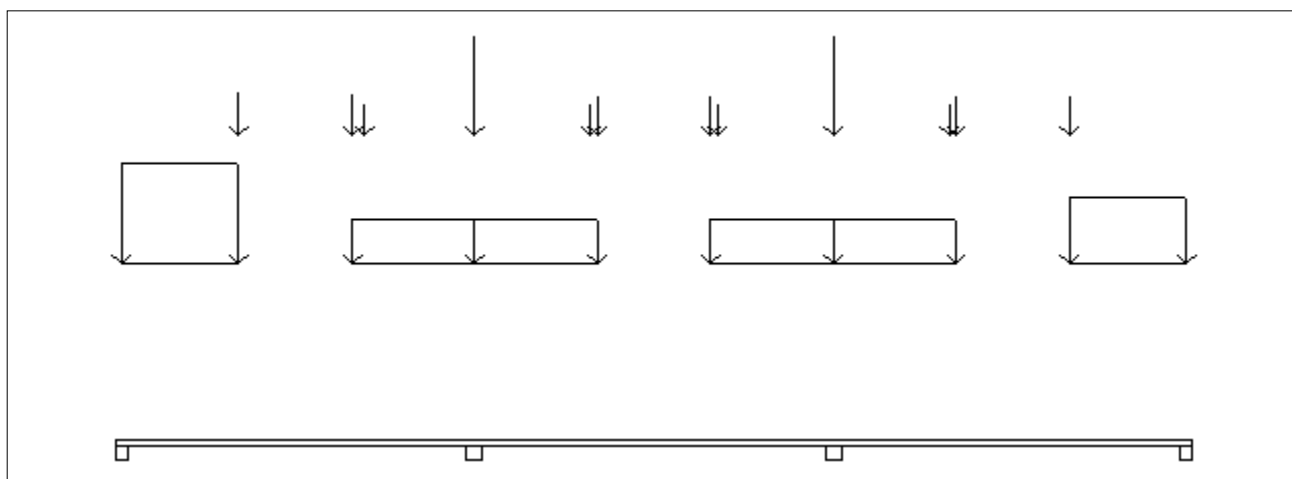
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Oppløgg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3		Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³			

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
374,48	0,00	4900	1
355,66	0,00	9650	1
265,20	0,00	10150	1
851,80	0,00	0	2
265,20	0,00	4850	2
336,84	0,00	5125	2
336,84	0,00	9875	2
265,20	0,00	10150	2
851,80	0,00	0	3
265,20	0,00	4850	3
336,84	0,00	5125	3
336,84	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
132,30	132,30	0,00	0,00	0	4900	1
57,79	57,79	0,00	0,00	9650	14750	1
57,79	57,79	0,00	0,00	0	5125	2
57,79	57,79	0,00	0,00	9875	15000	2
57,79	57,79	0,00	0,00	0	5125	3
88,35	88,35	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	1350			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		2,39
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00002
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,0003
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

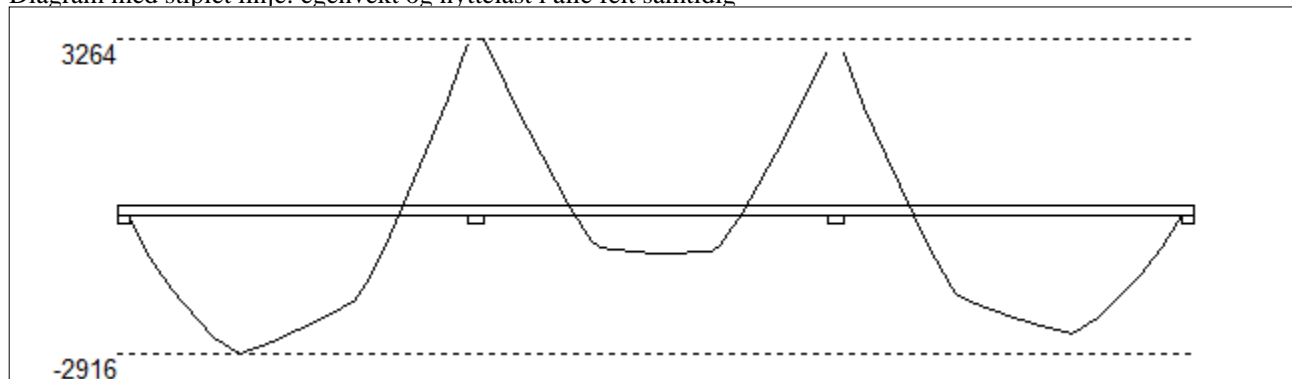
NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: D_{>=16} mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget >=50% av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strek i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-2916	-2916	-2916	-2916
2	-937	-937	-937	-937
3	-2508	-2508	-2508	-2508

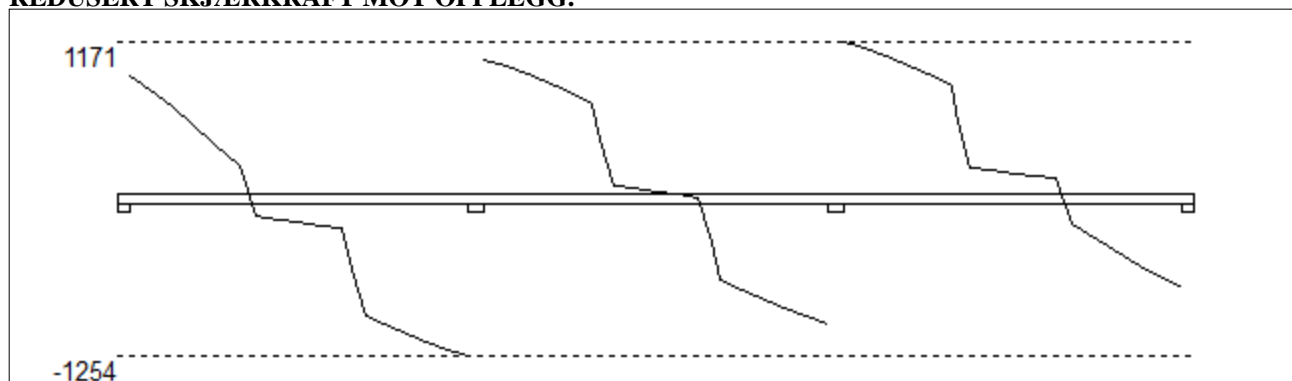
Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3264	3264	3264	3264
3	3028	3028	3028	3028
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			940	908
2	-1286	-1254	1065	1033
3	-1032	-1001	1203	1171
4	-761	-729		

Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

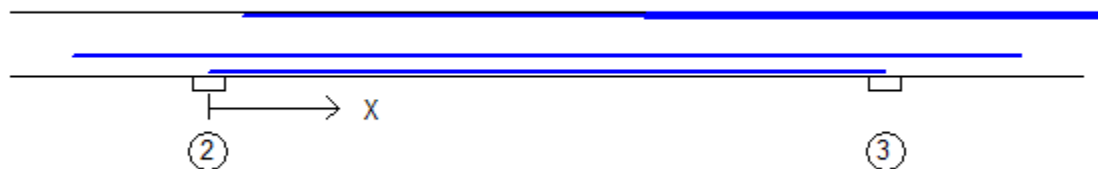


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



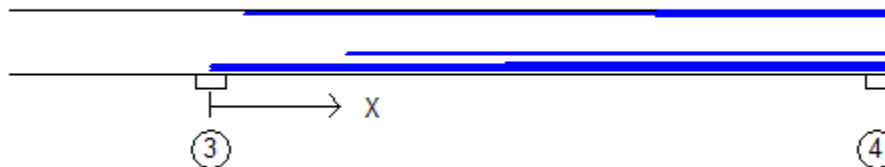
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

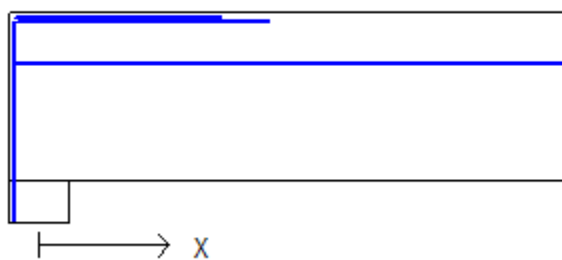
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

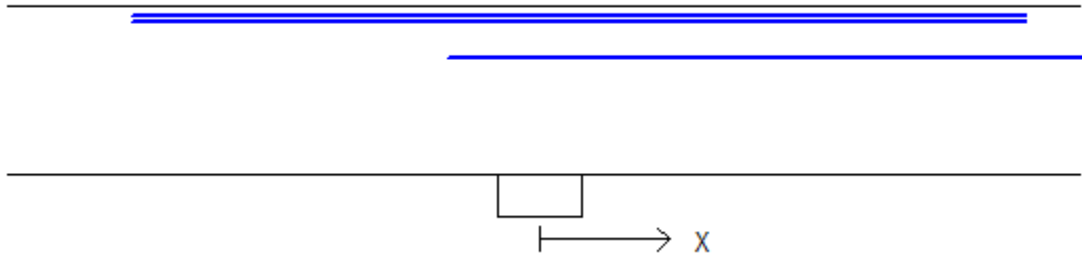
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

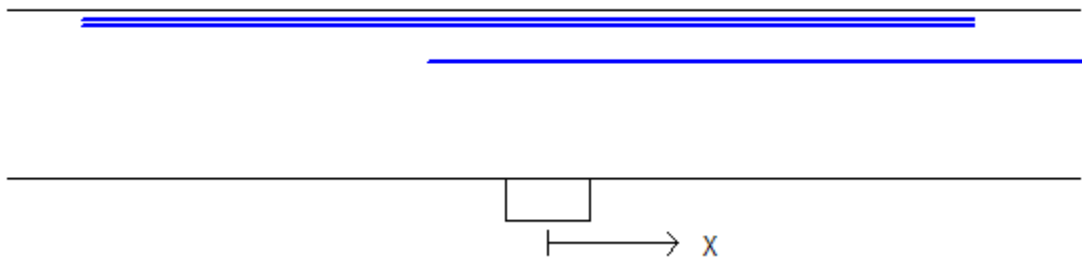
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

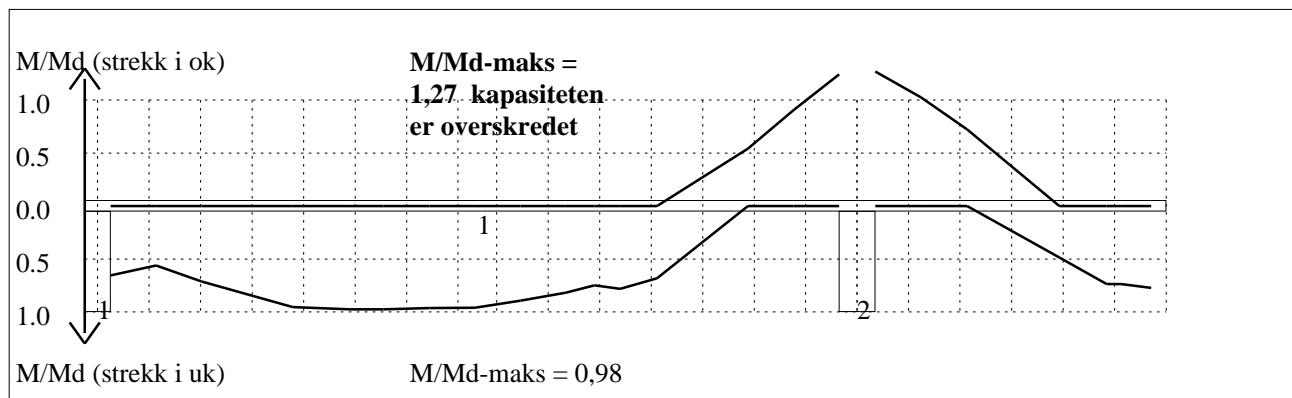
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 4
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

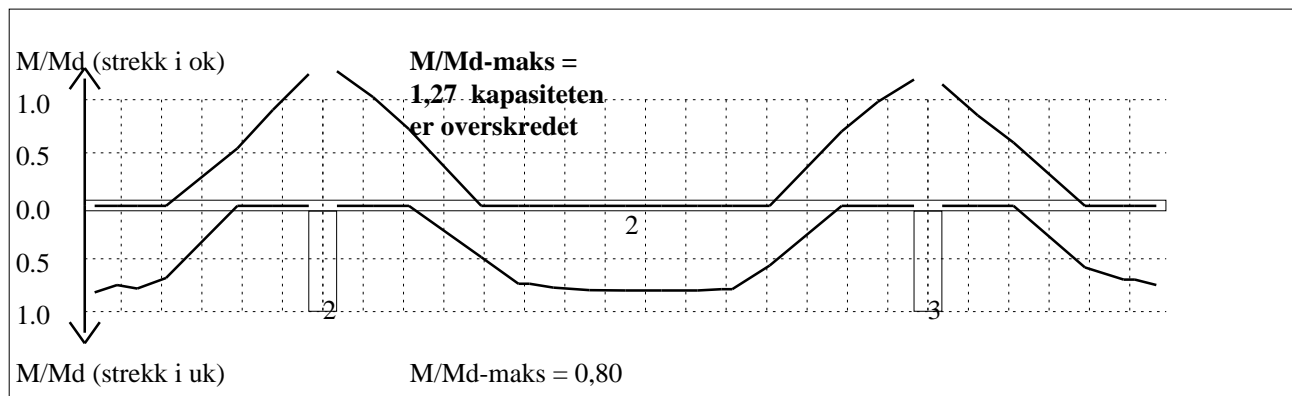
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

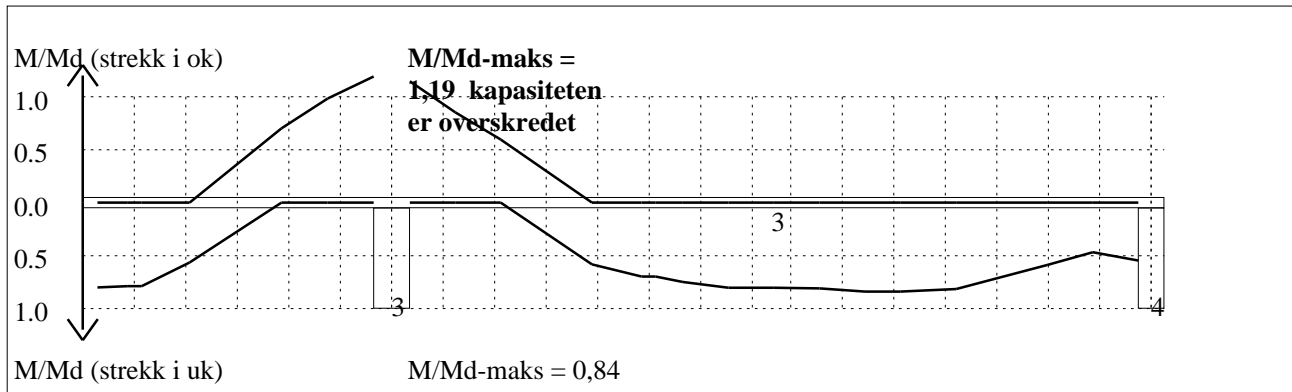


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

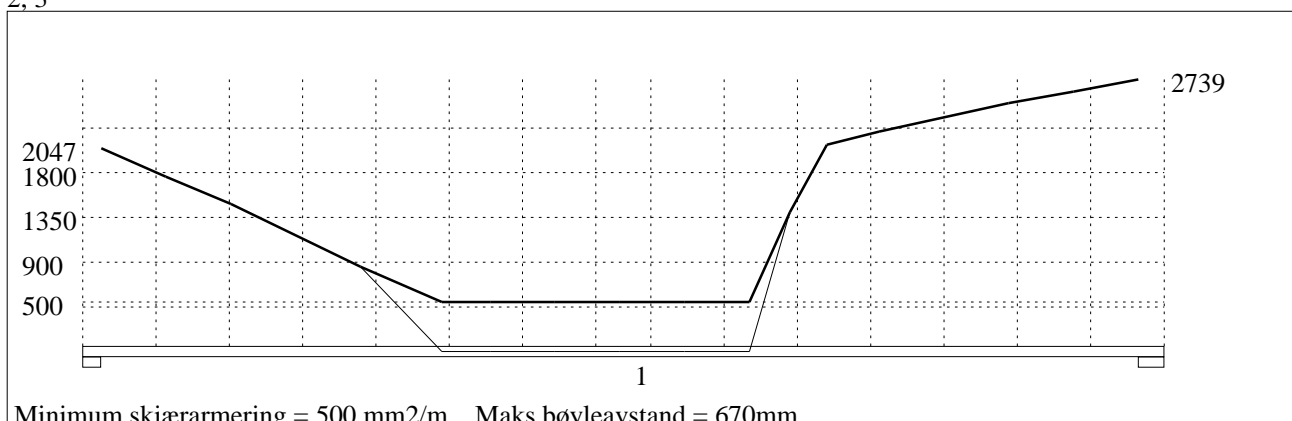
Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

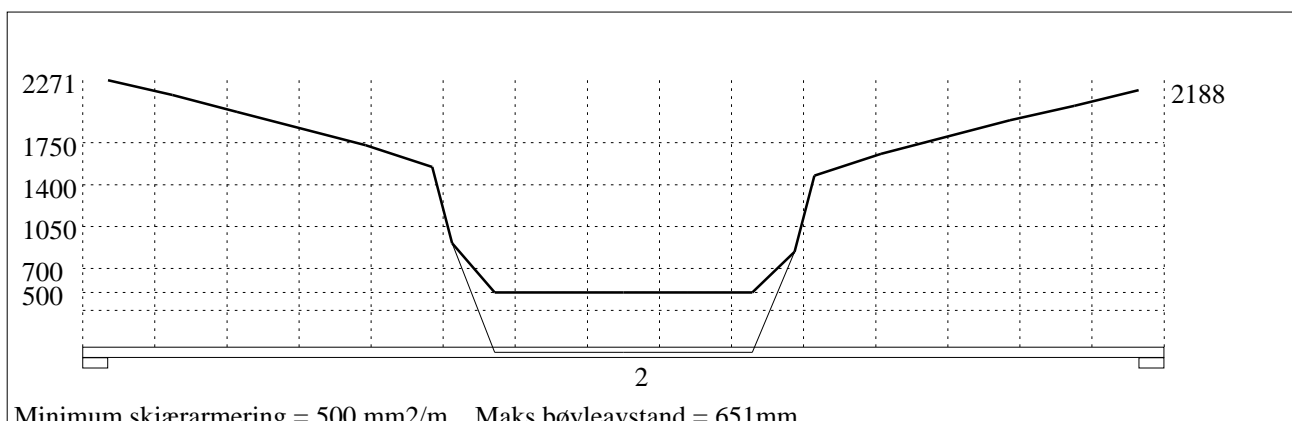
4.2 SKJÆRARMERING

Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 670mm

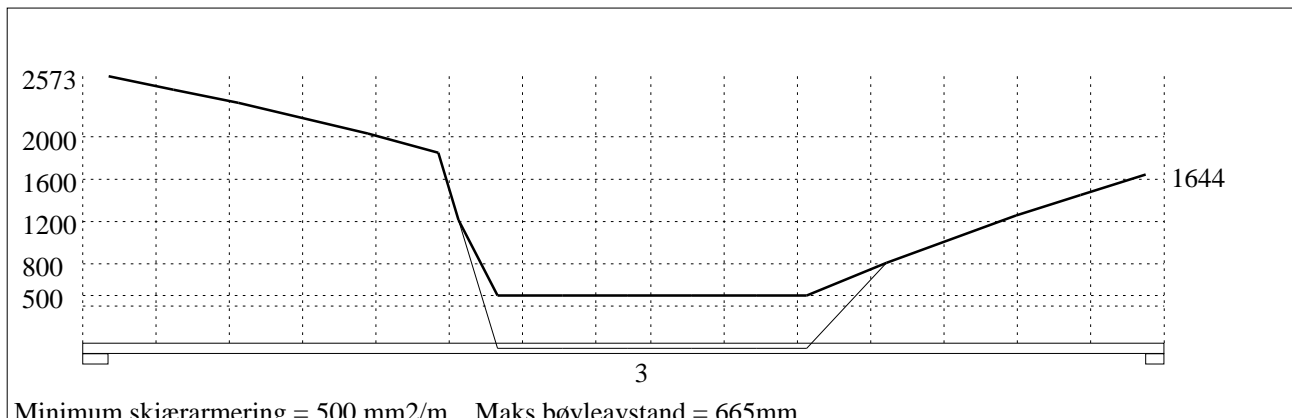
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 651mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 665mm

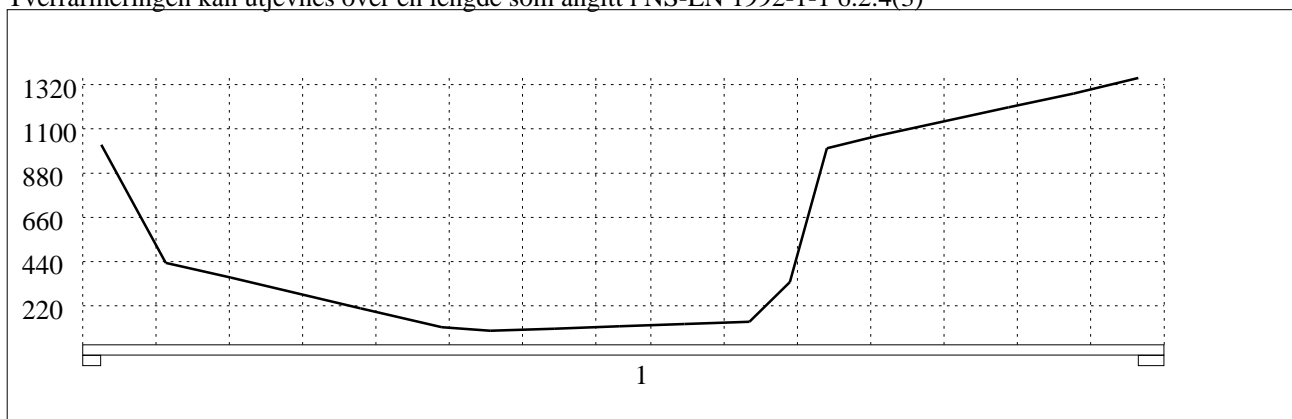
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

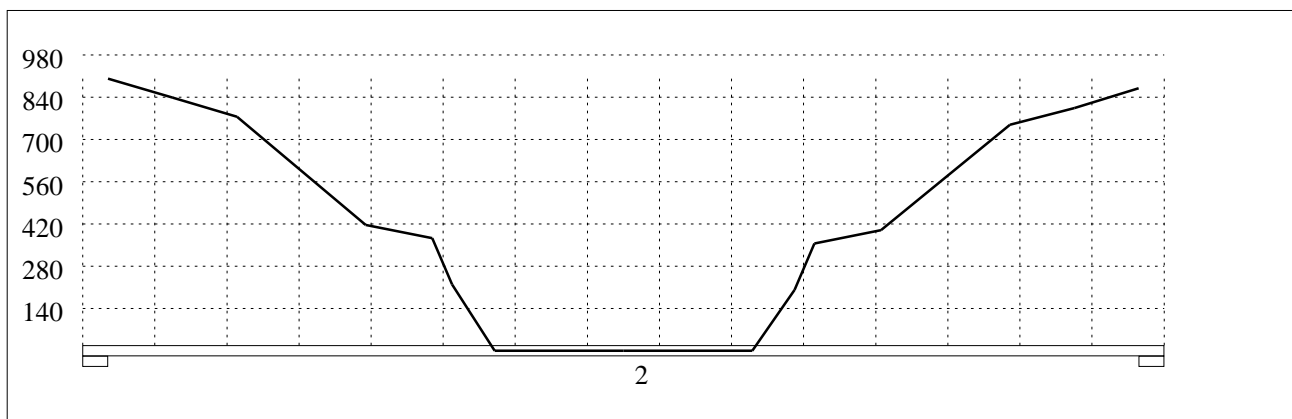
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tverrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

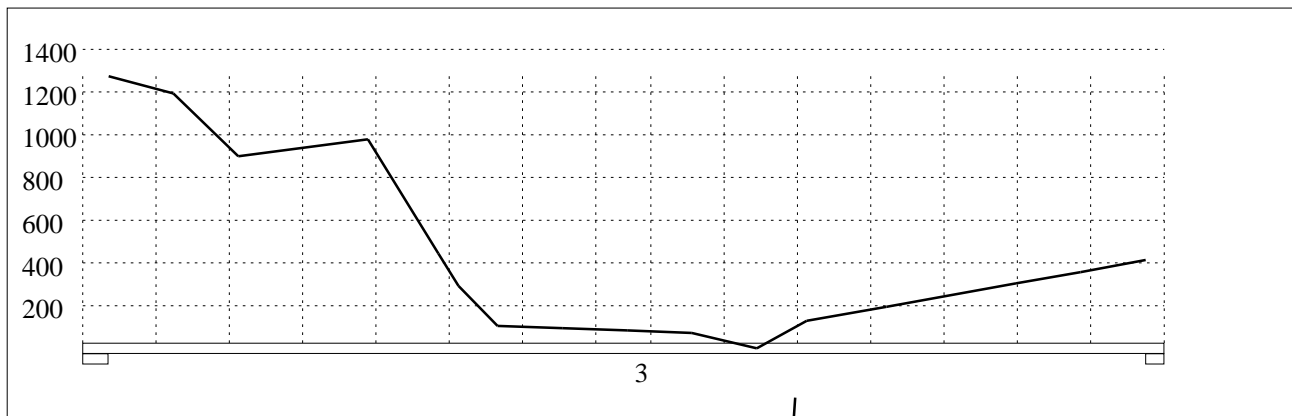


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



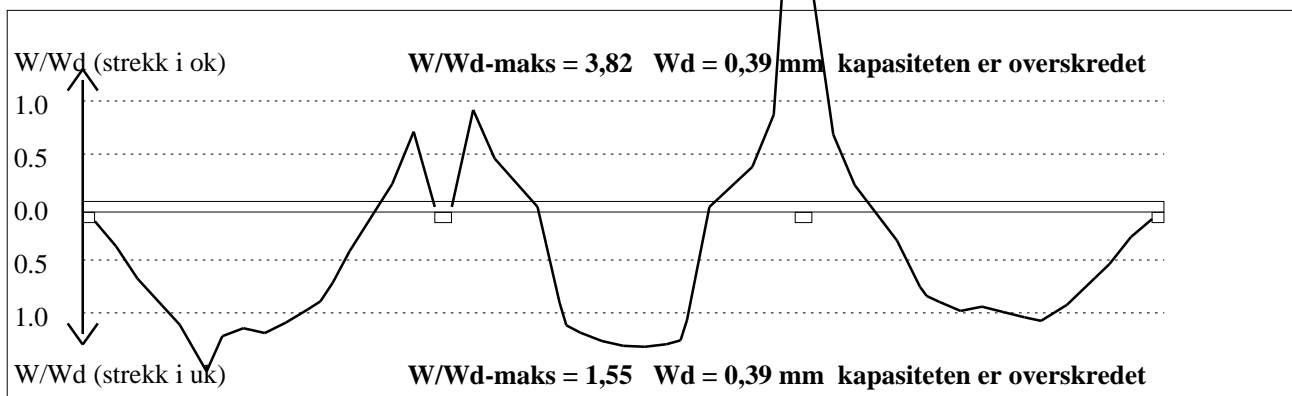
Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	28	42	42	42
2	15	20	20	20
3	24	34	34	34

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt					
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)				
1	-985	0,00	0	0,00			0	0,00				
2	-3264	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
3	-3148	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
4	-795	0,00	0	0,00	0	0,00						

Tittel Vedlegg A40 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i begge felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt					
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)				
1	-985	0,00	0	0,00			0	0,00				
2	-3264	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
3	-3148	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
4	-795	0,00	0	0,00	0	0,00						

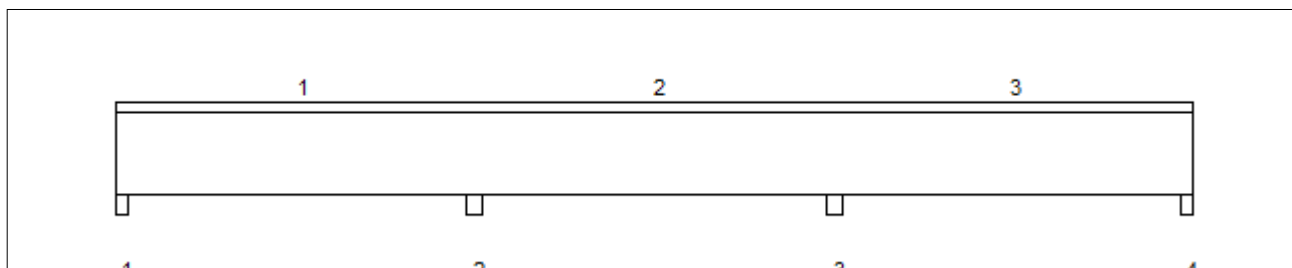
Tittel Vedlegg A41 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002
 Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 1\Bj.C 307 etter forsterkning\K-bjelke BJ.C307 etter forsterkning nyttelast V305 (nr 1).kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttestarmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

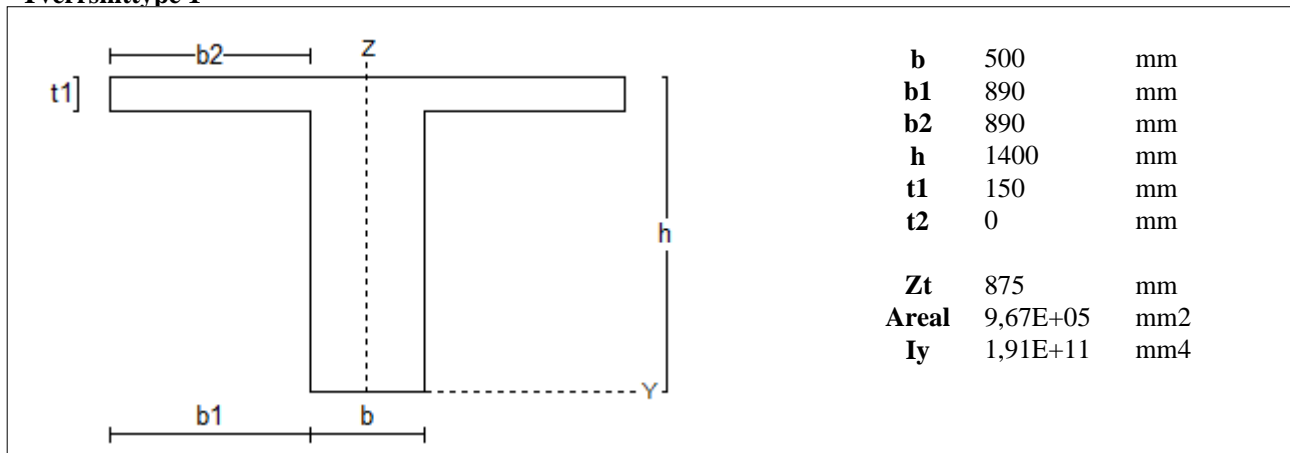


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A41 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

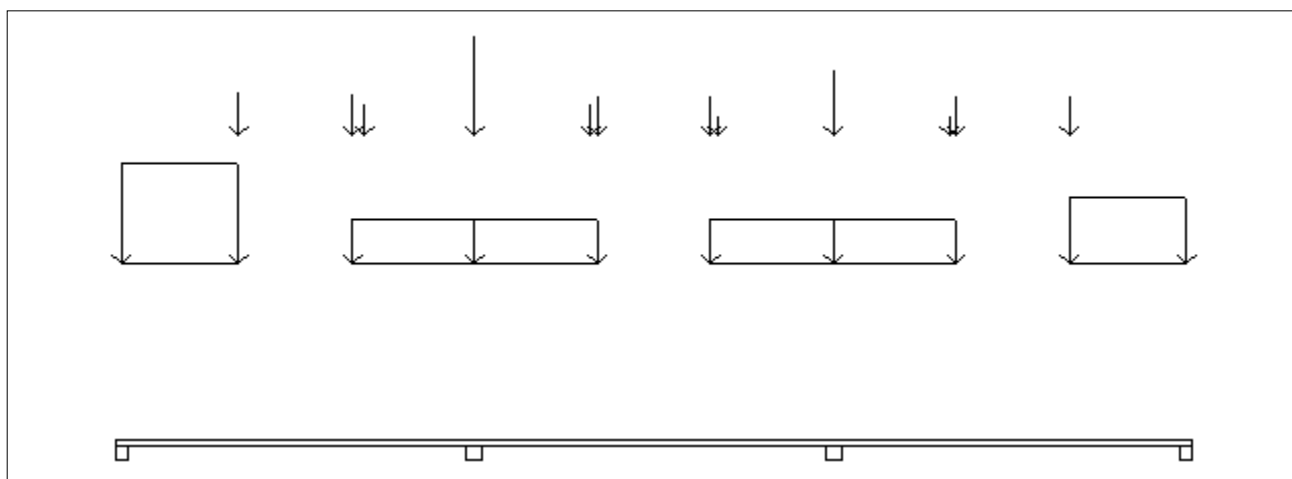
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Oppløgg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3		Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³			

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A41 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
374,48	0,00	4900	1
355,66	0,00	9650	1
265,20	0,00	10150	1
851,80	0,00	0	2
265,20	0,00	4850	2
336,84	0,00	5125	2
336,84	0,00	9875	2
178,80	0,00	10150	2
563,40	0,00	0	3
178,80	0,00	4850	3
336,84	0,00	5125	3
336,84	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
132,30	132,30	0,00	0,00	0	4900	1
57,79	57,79	0,00	0,00	9650	14750	1
57,79	57,79	0,00	0,00	0	5125	2
57,79	57,79	0,00	0,00	9875	15000	2
57,79	57,79	0,00	0,00	0	5125	3
88,35	88,35	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h0 (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	1350			
største tilslagsstørrelse, dg(mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		2,39
Korttids Emodul, Ecm	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00002
Trykkfasthet, fcd	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,0003
Middel verdi av strekkfasthet, fctm	1,91			
Strekkfasthet, fctd	0,76			

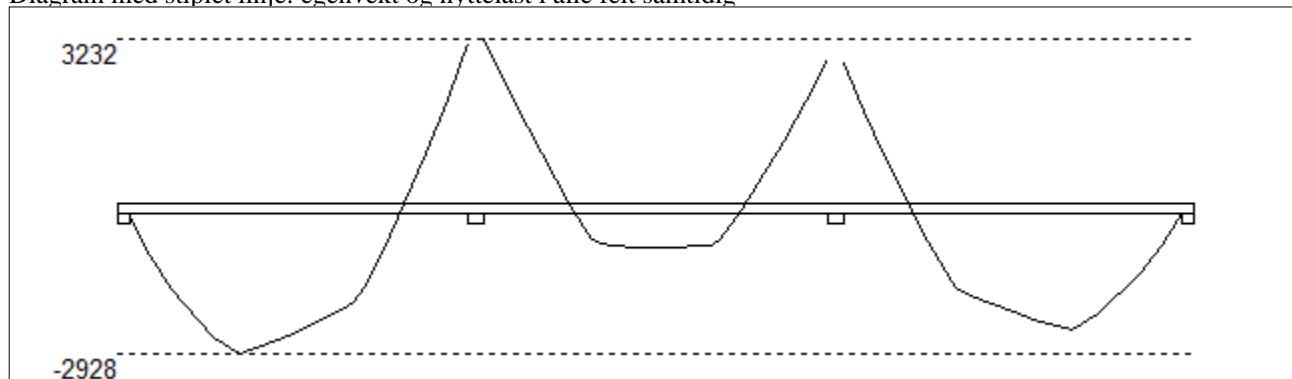
NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm ($D = 22$ mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

Tittel Vedlegg A41 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strek i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-2928	-2928	-2928	-2928
2	-854	-854	-854	-854
3	-2444	-2444	-2444	-2444

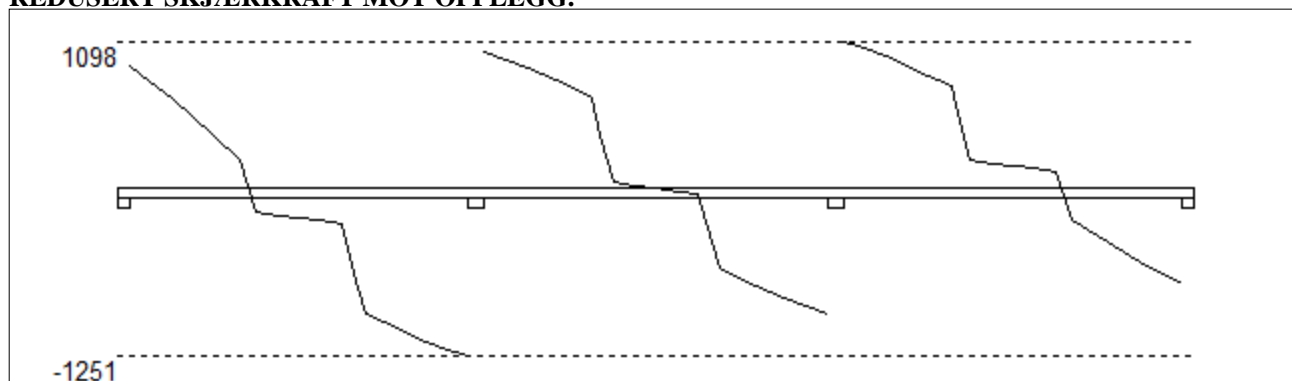
Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3232	3232	3232	3232
3	2826	2826	2826	2826
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			943	911
2	-1283	-1251	1050	1018
3	-961	-929	1129	1098
4	-748	-716		

Tittel Vedlegg A41 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

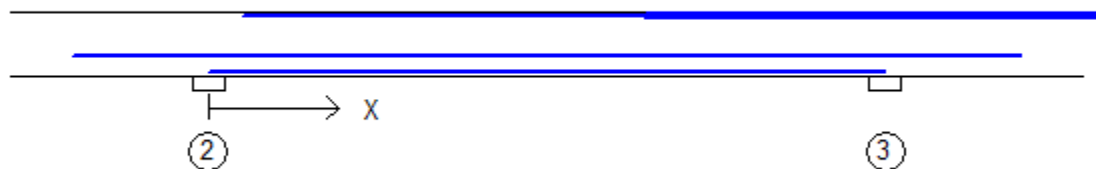


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



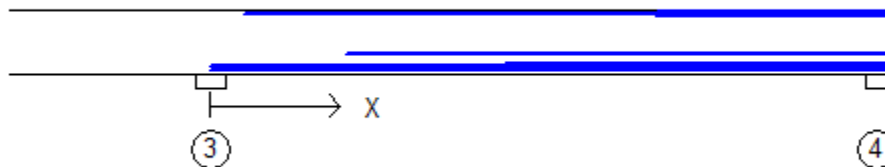
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A41 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

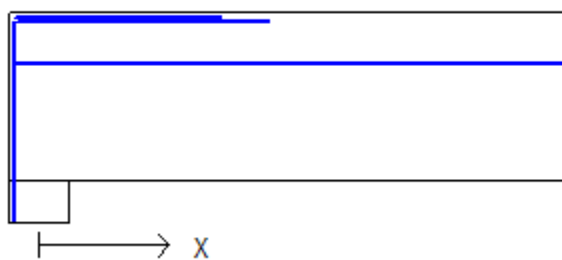
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

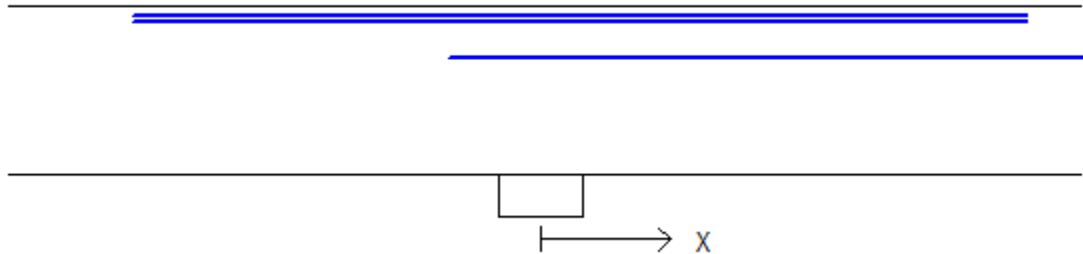
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A41 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

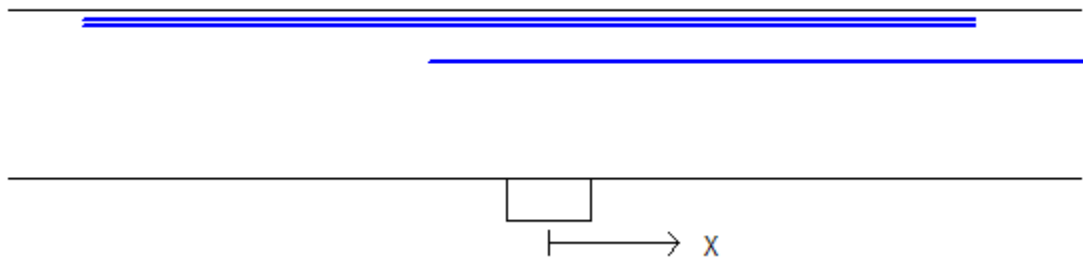
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A41 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

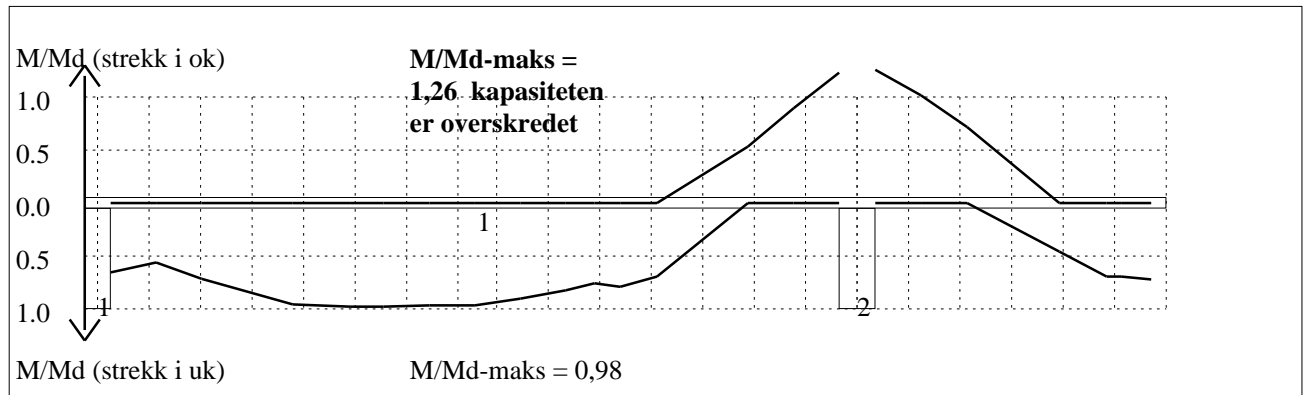
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 4
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

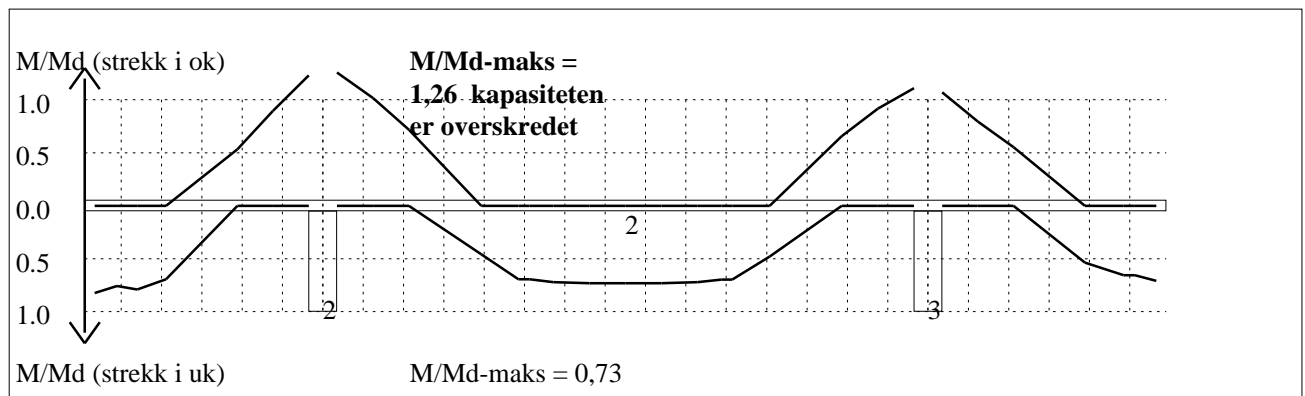
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

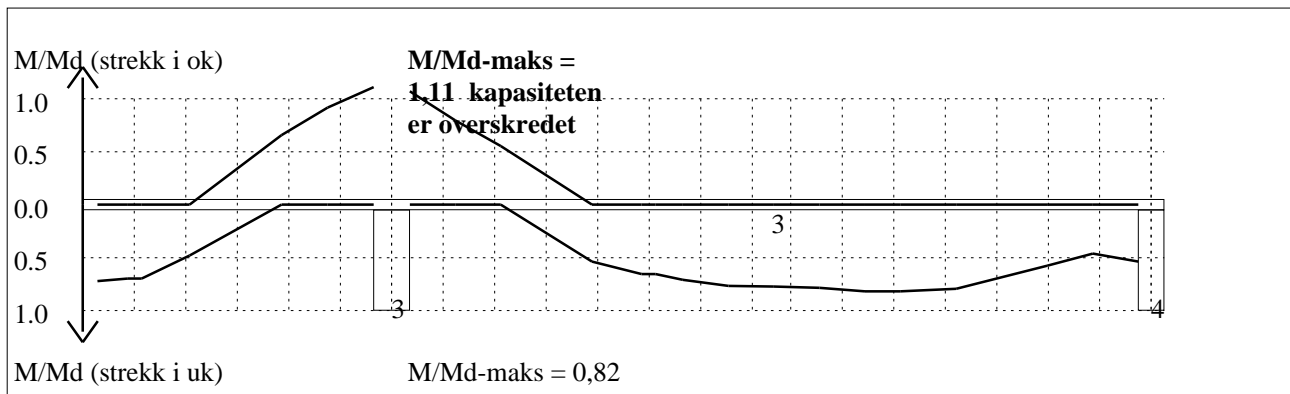


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

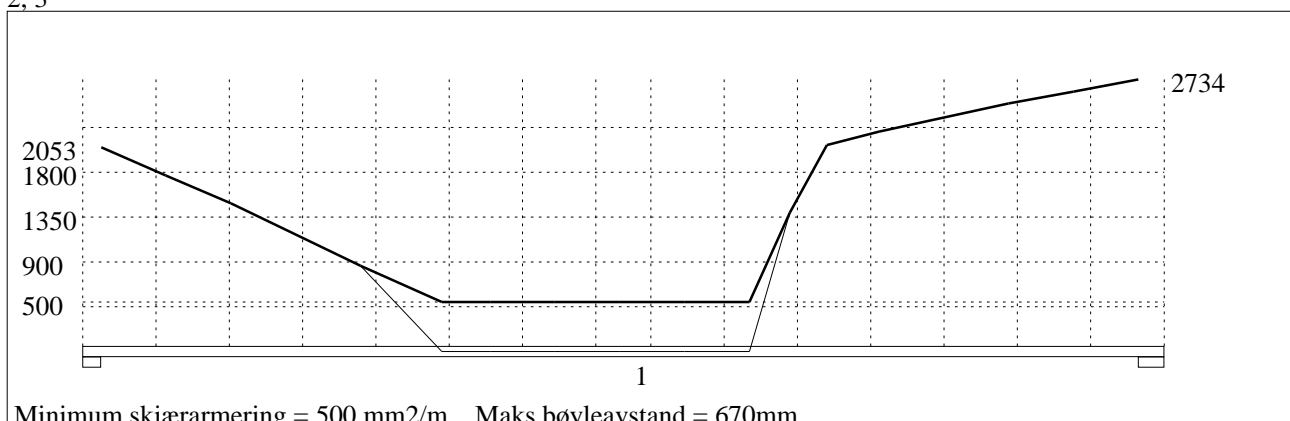
Tittel Vedlegg A41 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

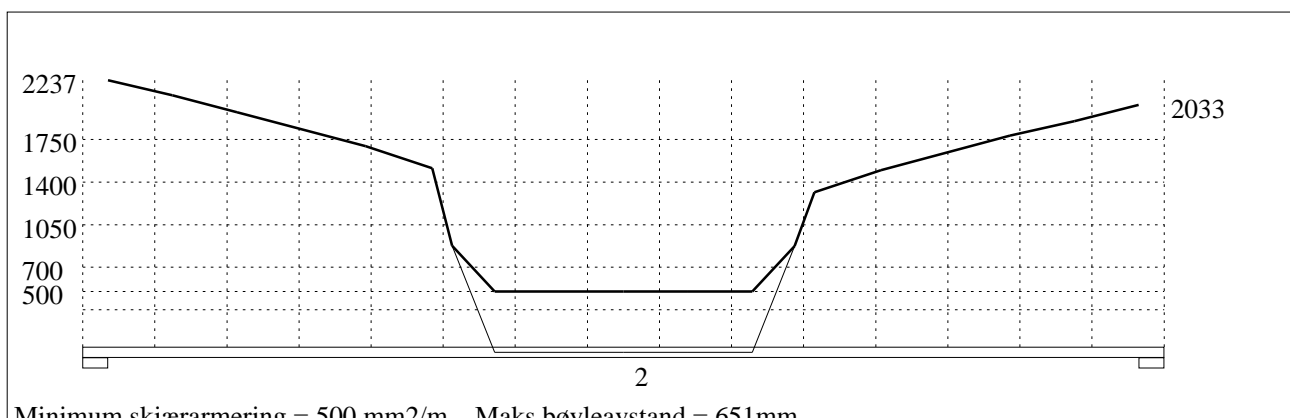
4.2 SKJÆRARMERING

Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 670mm

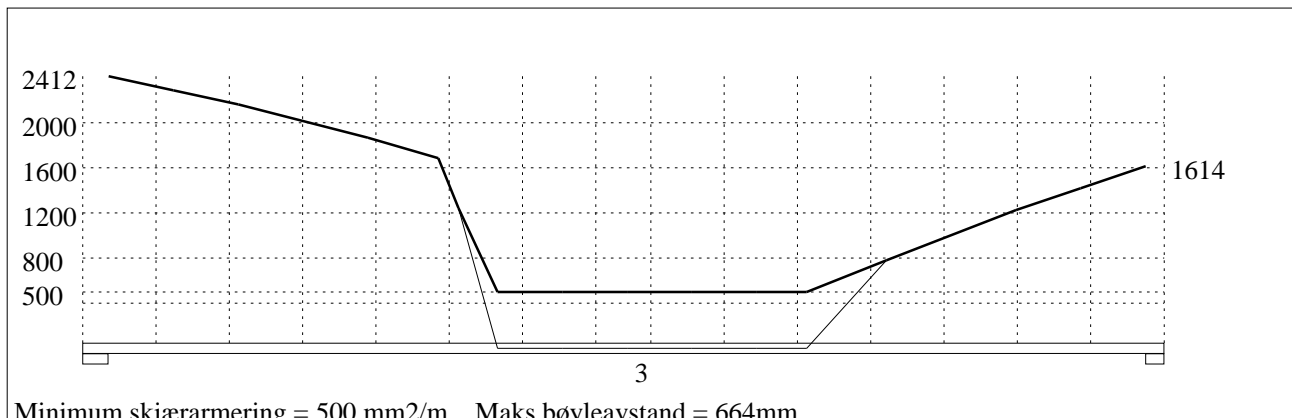
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 651mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A41 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 664mm

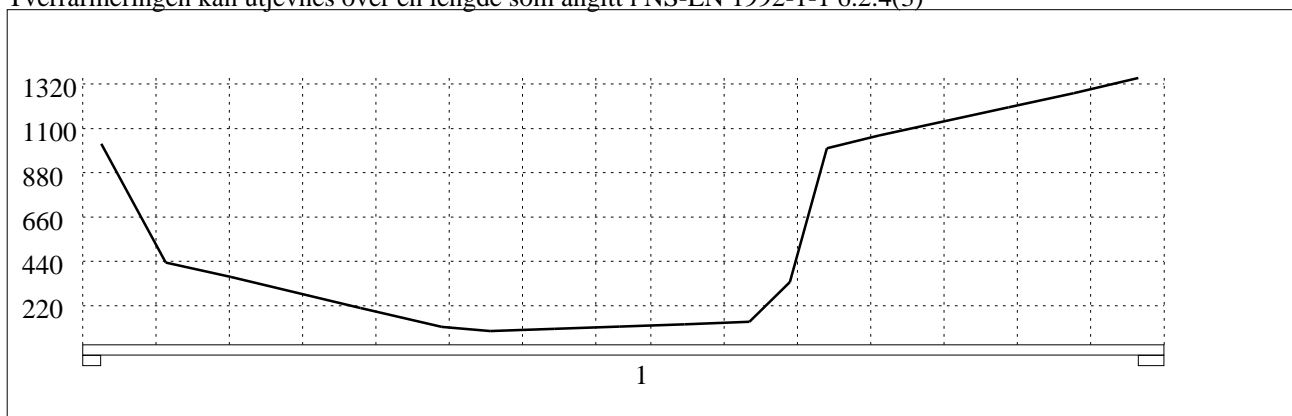
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

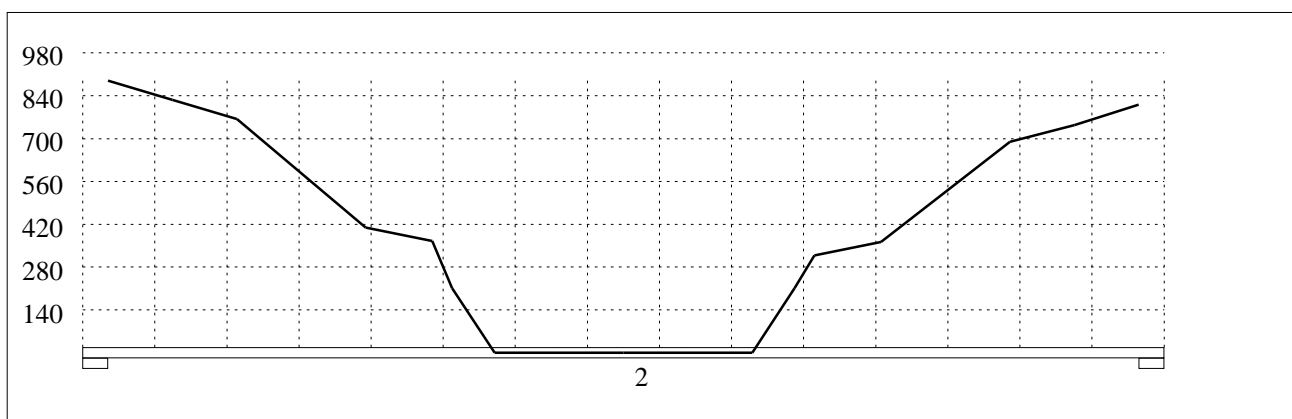
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tverrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A41 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i venstre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-987	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-3246	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-2716	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-782	0,00	0	0,00	0	0,00		

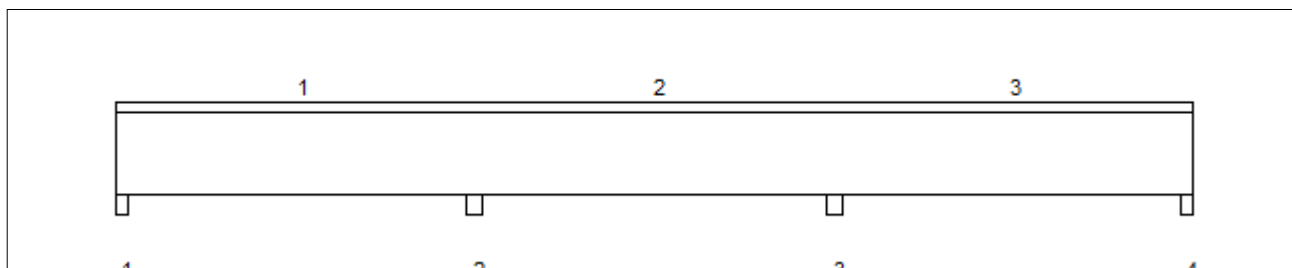
Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002
 Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 1\Bj.C 307 etter forsterkning\K-bjelke BJ.C307 etter forsterkning nyttelast H305 (nr 4).kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttearmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

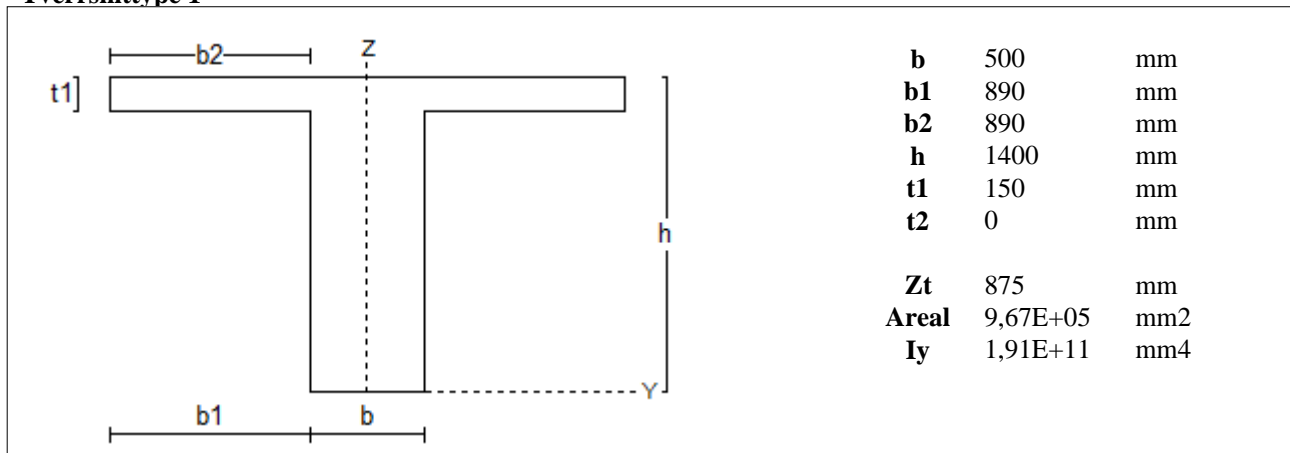


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

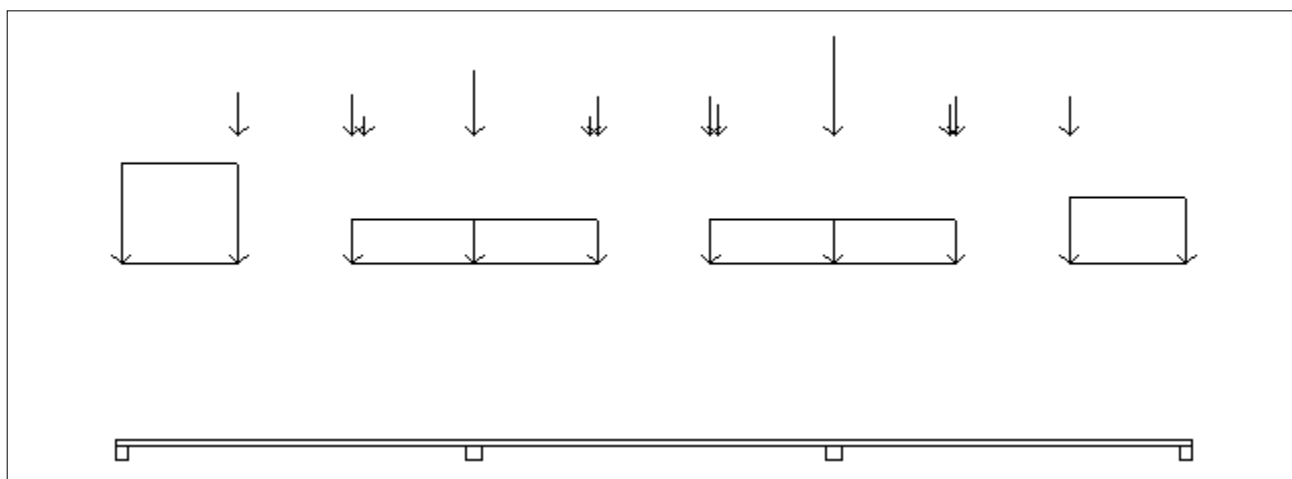
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÉGGSPUNKT [mm]

Opplégg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,05	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3		Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³			

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
374,48	0,00	4900	1
355,66	0,00	9650	1
178,80	0,00	10150	1
563,40	0,00	0	2
178,80	0,00	4850	2
336,84	0,00	5125	2
336,84	0,00	9875	2
265,20	0,00	10150	2
851,80	0,00	0	3
265,20	0,00	4850	3
336,84	0,00	5125	3
336,84	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
132,30	132,30	0,00	0,00	0	4900	1
57,79	57,79	0,00	0,00	9650	14750	1
57,79	57,79	0,00	0,00	0	5125	2
57,79	57,79	0,00	0,00	9875	15000	2
57,79	57,79	0,00	0,00	0	5125	3
88,35	88,35	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	1350			
største tilslagsstørrelse, dg(mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		2,39
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00002
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,0003
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

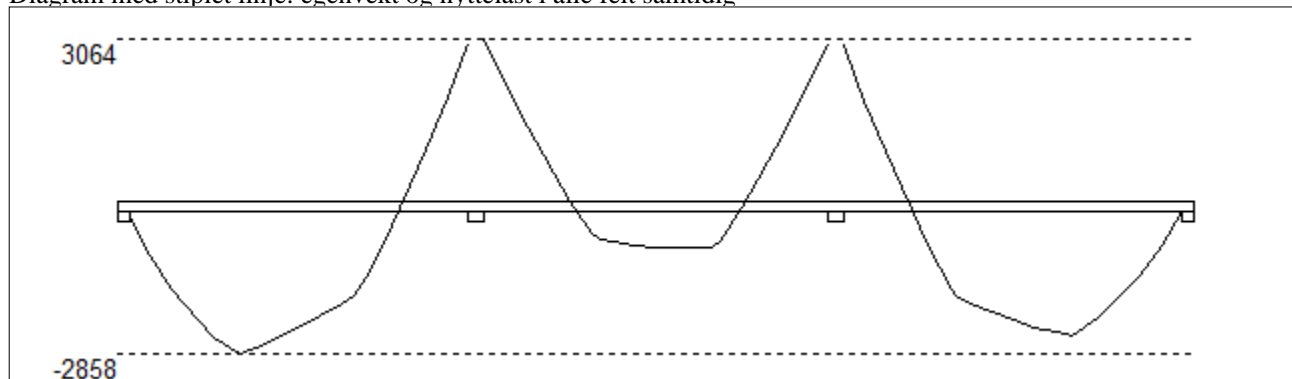
NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: D_{>=16} mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget >=50% av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strek i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-2858	-2858	-2858	-2858
2	-872	-872	-872	-872
3	-2520	-2520	-2520	-2520

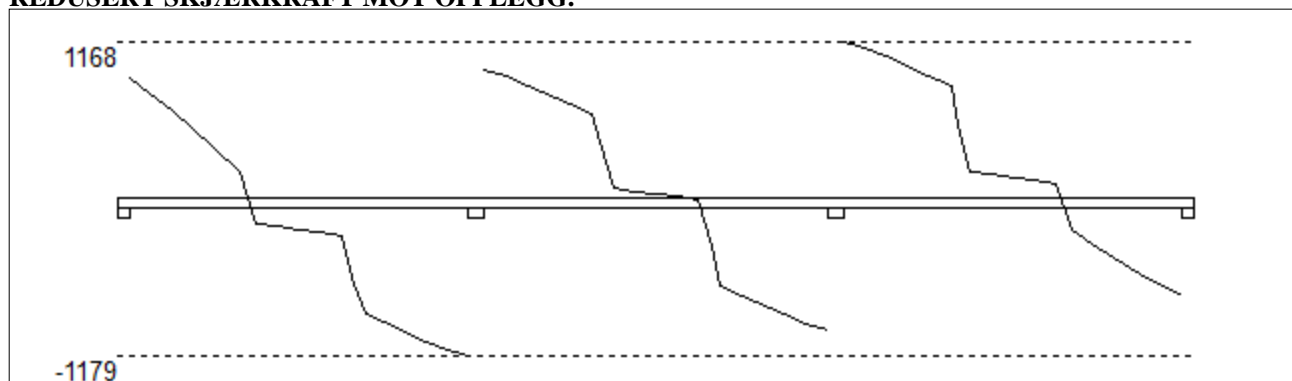
Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3064	3064	3064	3064
3	2996	2996	2996	2996
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			928	897
2	-1211	-1179	994	963
3	-1017	-985	1200	1168
4	-764	-732		

Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

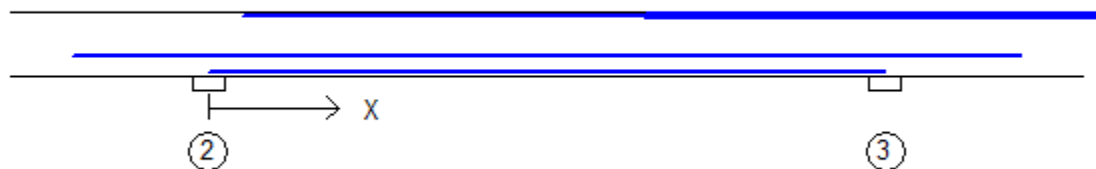


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



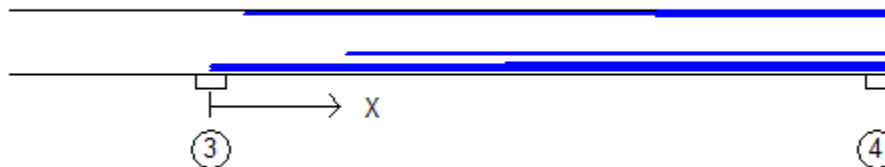
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

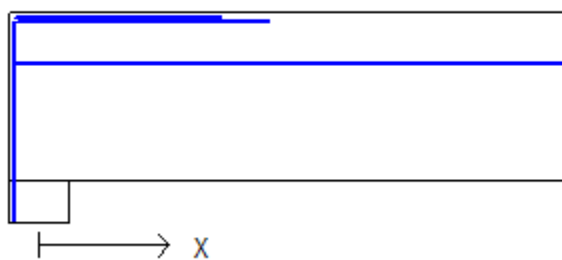
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

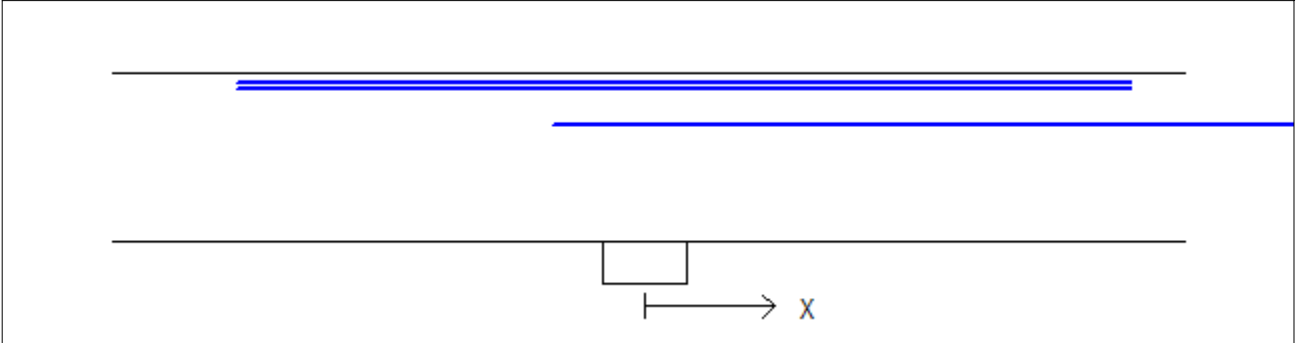
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

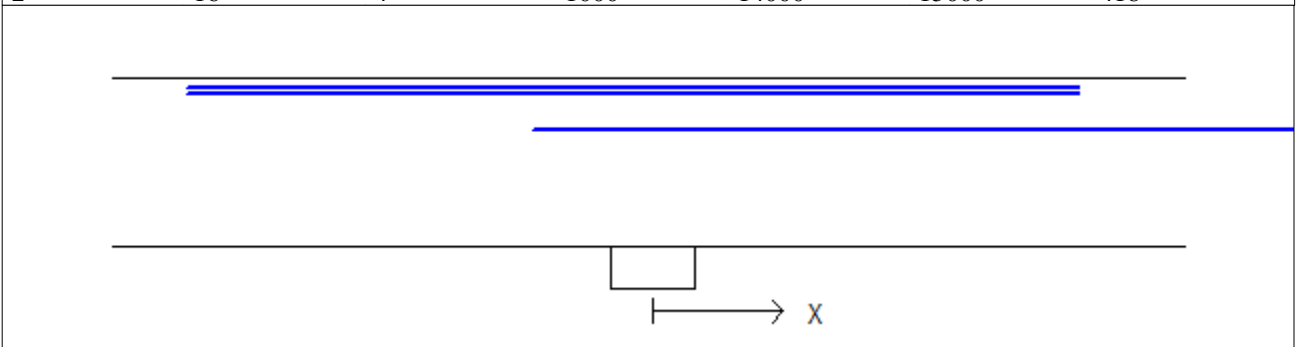
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

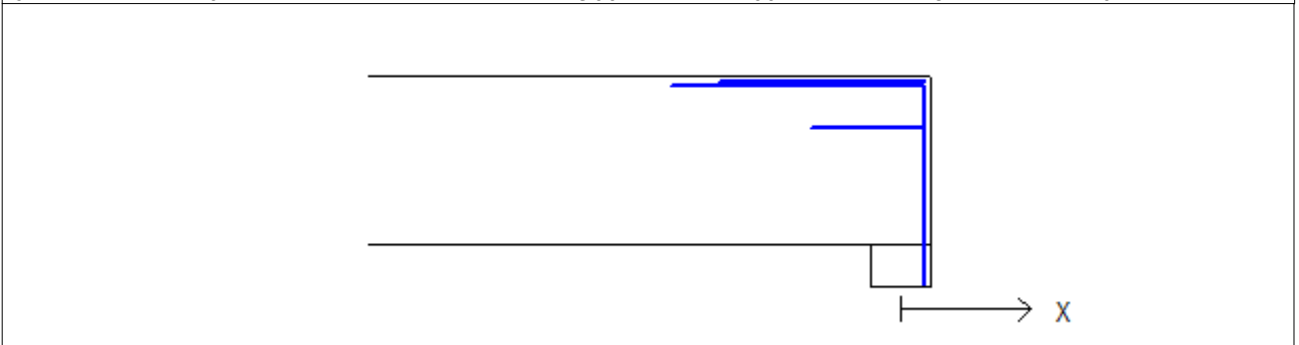
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

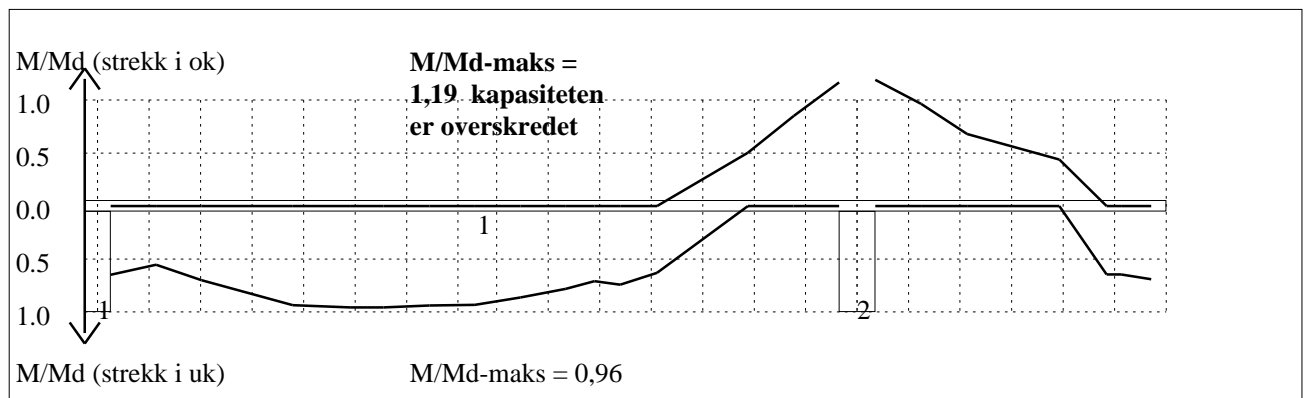
Opplegg nr 4

2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

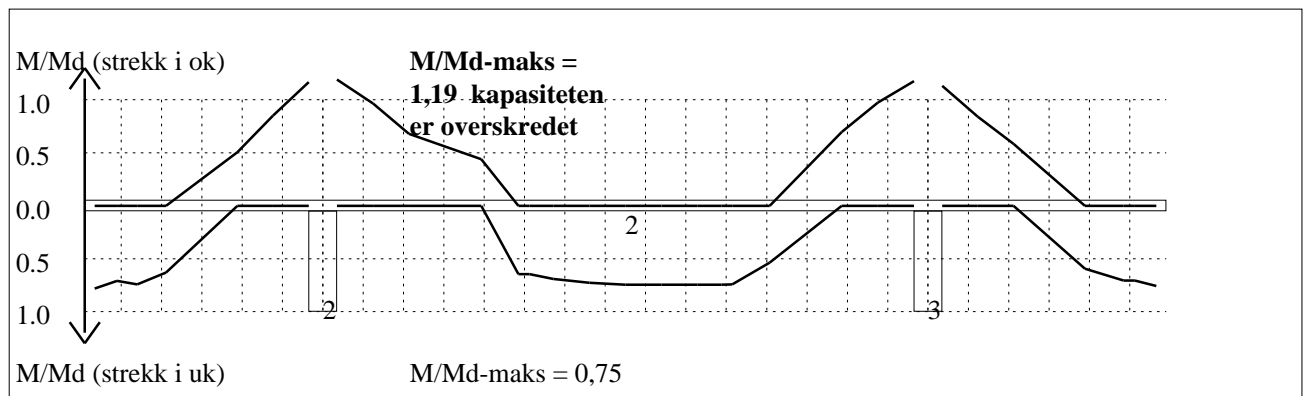
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

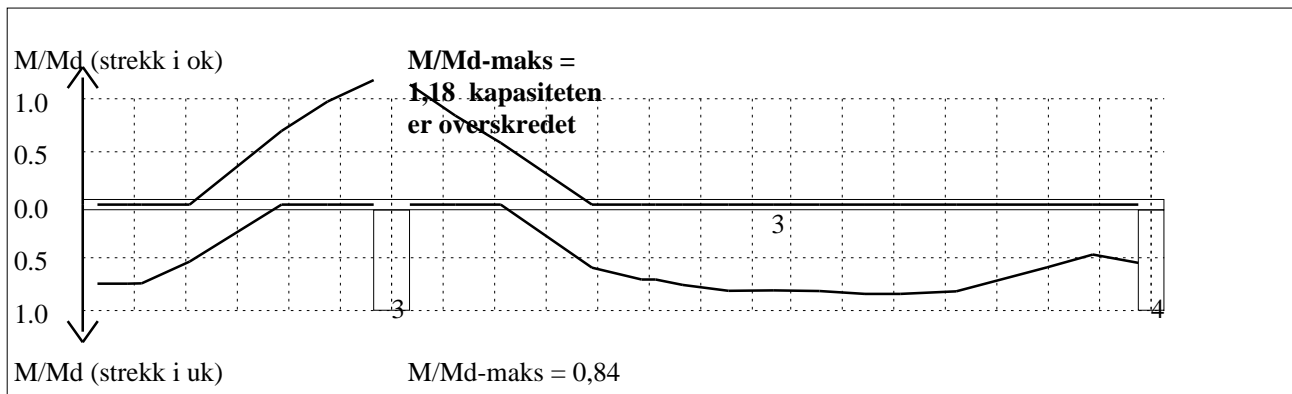


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



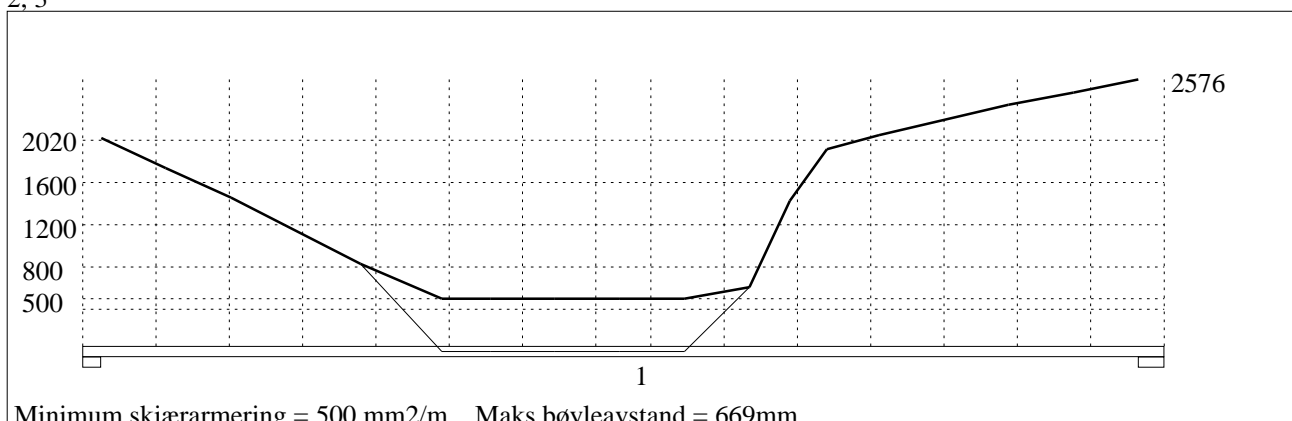
Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

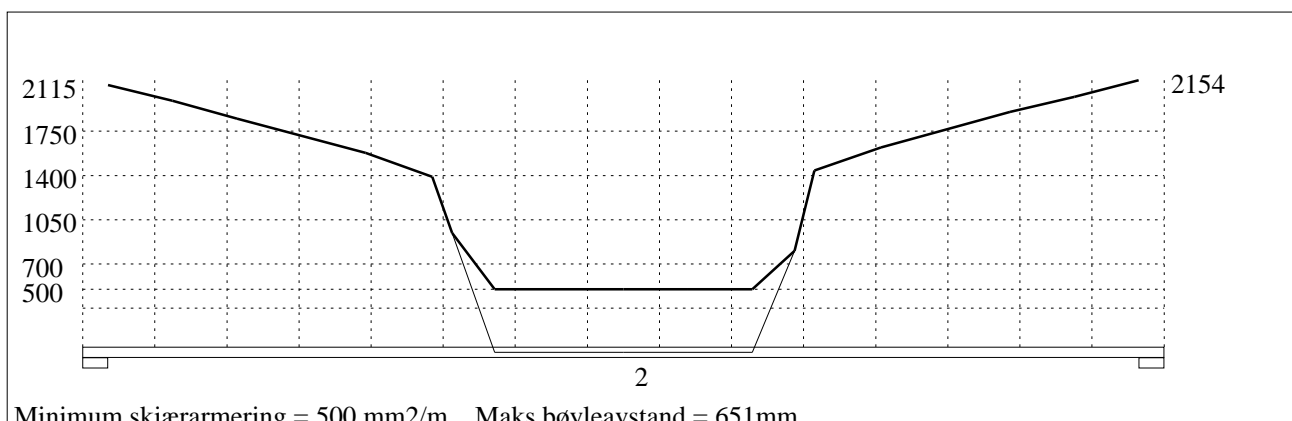


4.2 SKJÆRARMERING

Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3

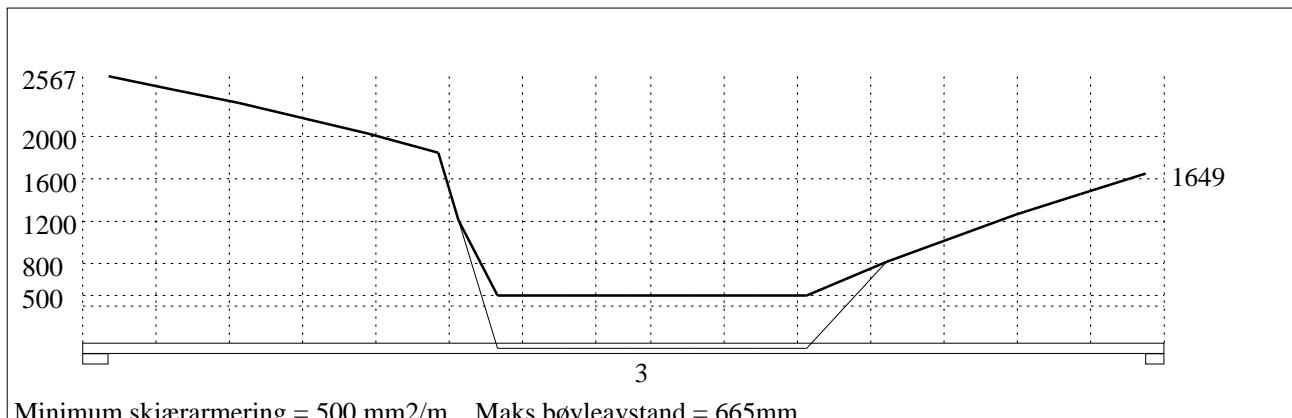


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 665mm

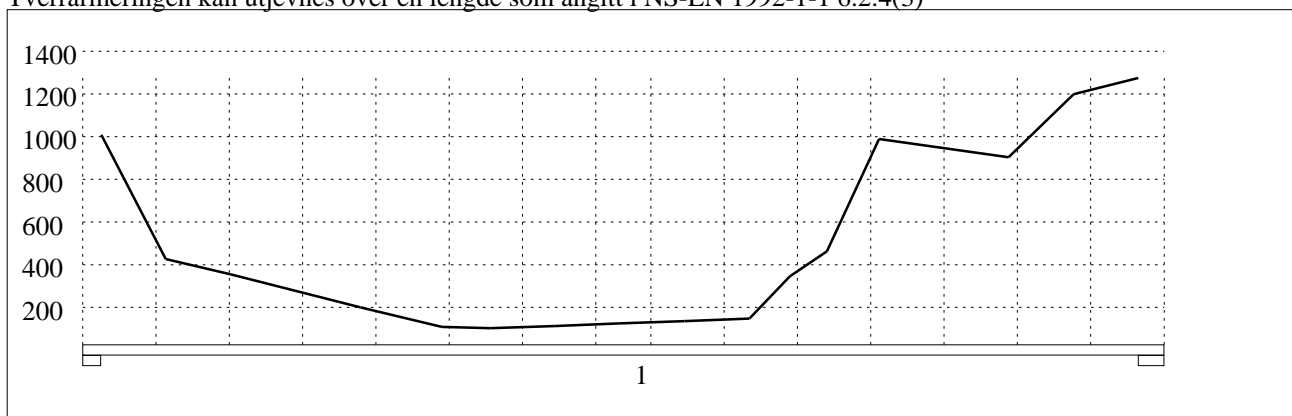
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

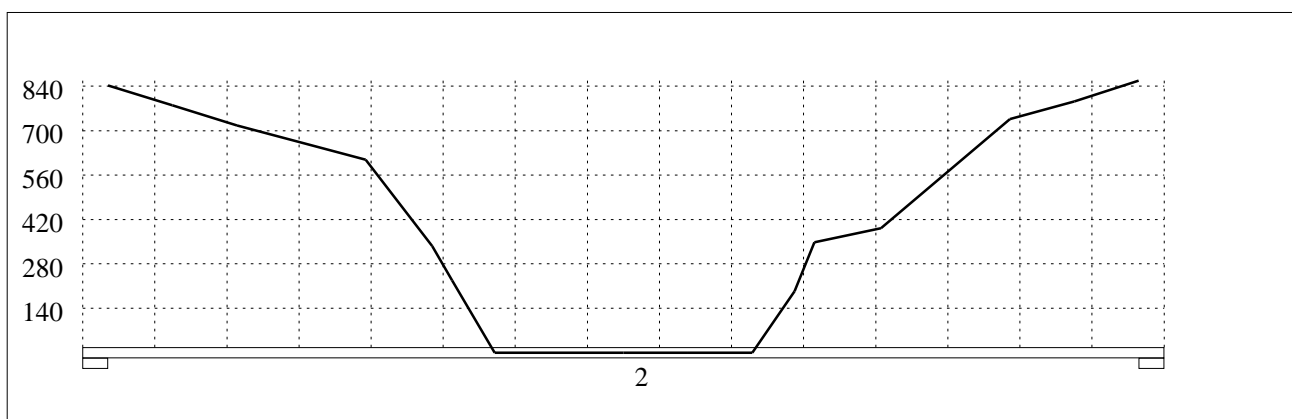
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tværrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

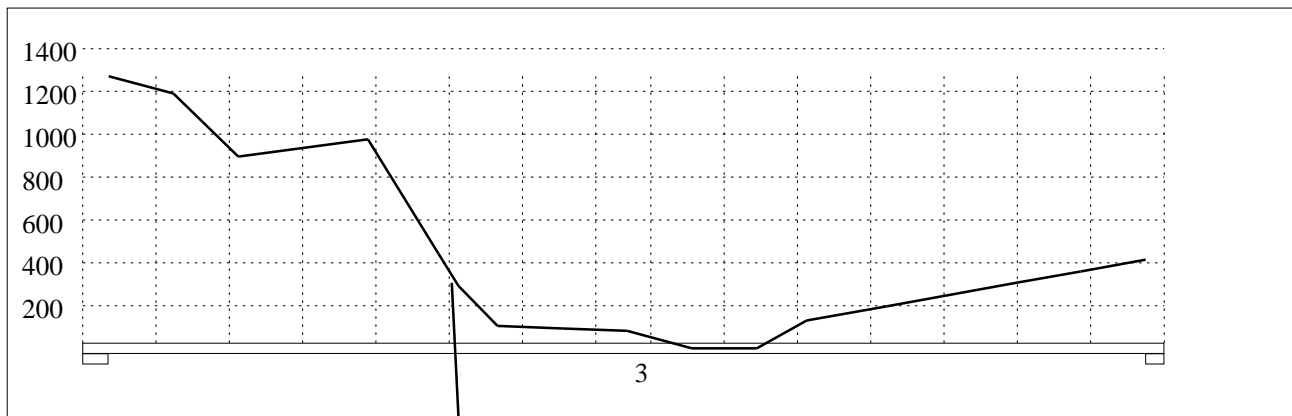


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



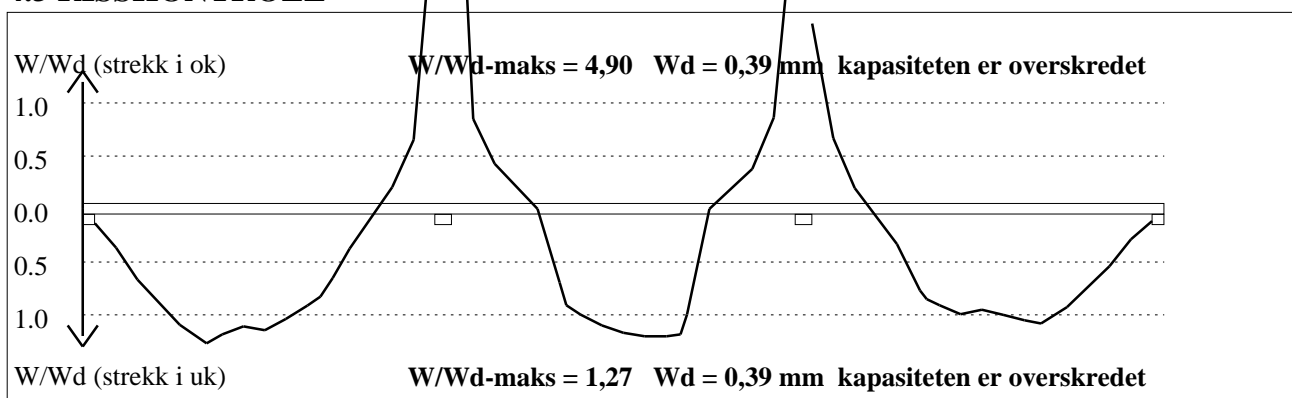
Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikallstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	26	38	38	38
2	13	18	18	18
3	24	34	34	34

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-973	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-2830	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-3130	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-797	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A42 - Bj.C.307 (nr.1). Nyttelast i høyre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt					
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)				
1	-973	0,00	0	0,00			0	0,00				
2	-2830	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
3	-3130	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
4	-797	0,00	0	0,00	0	0,00						

Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten

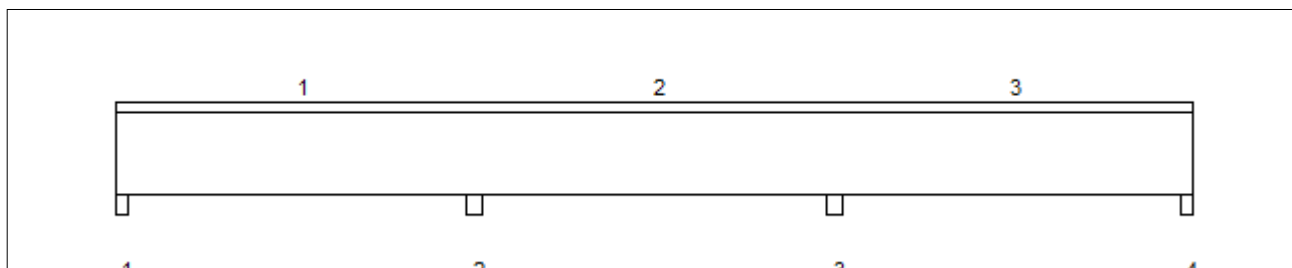
Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002

Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 2\Bj.C 307 nr 2 etter forsterkning\K-bjelke BJ.C307 nr 2 etter forsterkning (RIKTIG).kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttestarmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

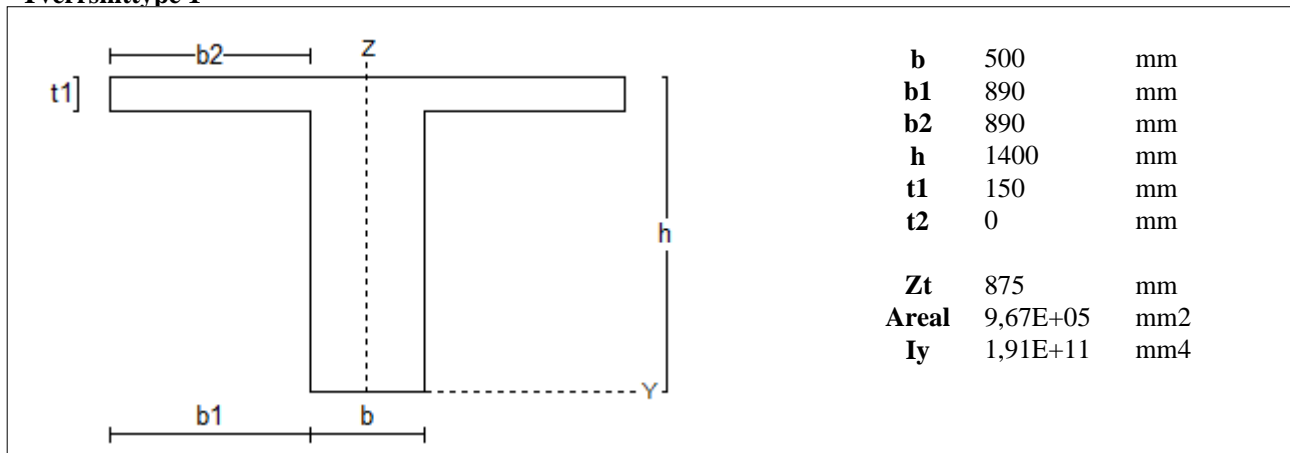


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

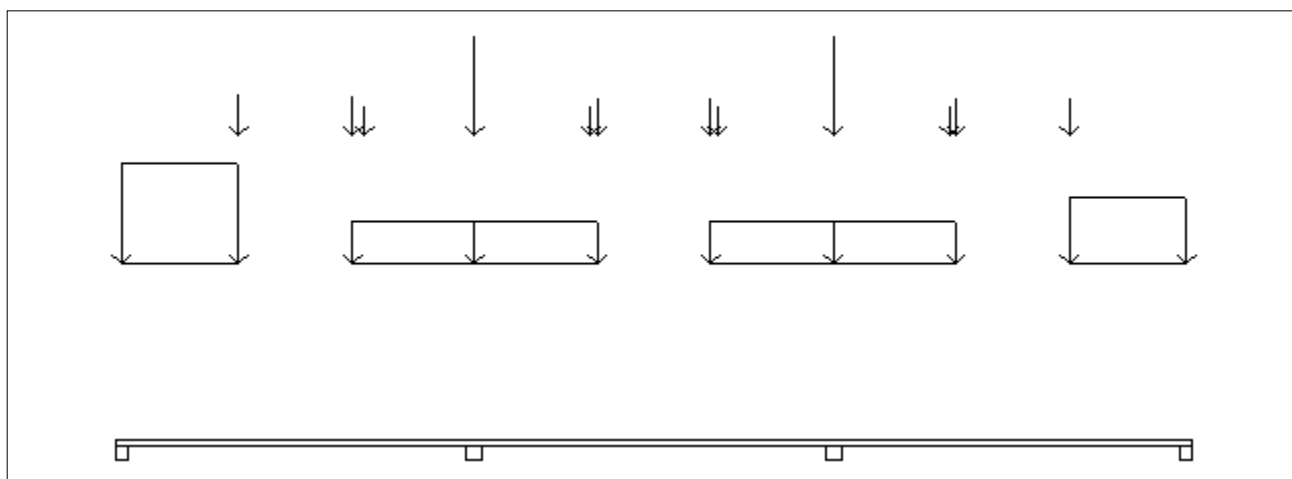
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Oppløgg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,00	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3		Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³			

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
424,40	0,00	4900	1
405,60	0,00	9650	1
314,10	0,00	10150	1
1015,00	0,00	0	2
314,10	0,00	4850	2
386,80	0,00	5125	2
386,80	0,00	9875	2
314,10	0,00	10150	2
1015,00	0,00	0	3
314,10	0,00	4850	3
386,80	0,00	5125	3
386,80	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
148,50	148,50	0,00	0,00	0	4900	1
63,64	63,64	0,00	0,00	9650	14750	1
63,64	63,64	0,00	0,00	0	5125	2
63,64	63,64	0,00	0,00	9875	15000	2
63,64	63,64	0,00	0,00	0	5125	3
99,33	99,33	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	265			
største tilslagsstørrelse, dg(mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,13
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00007
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

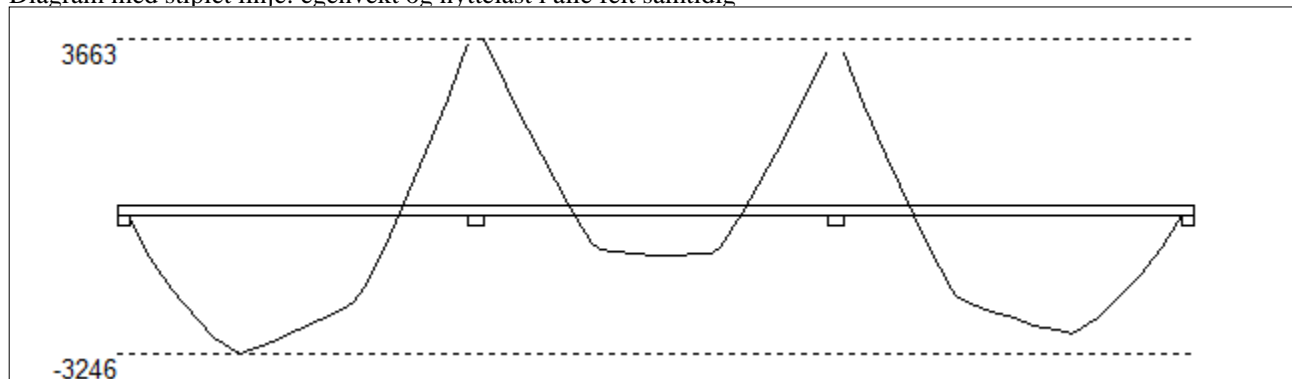
NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: D_{>=16} mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget >=50% av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strek i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-3246	-3246	-3246	-3246
2	-1072	-1072	-1072	-1072
3	-2805	-2805	-2805	-2805

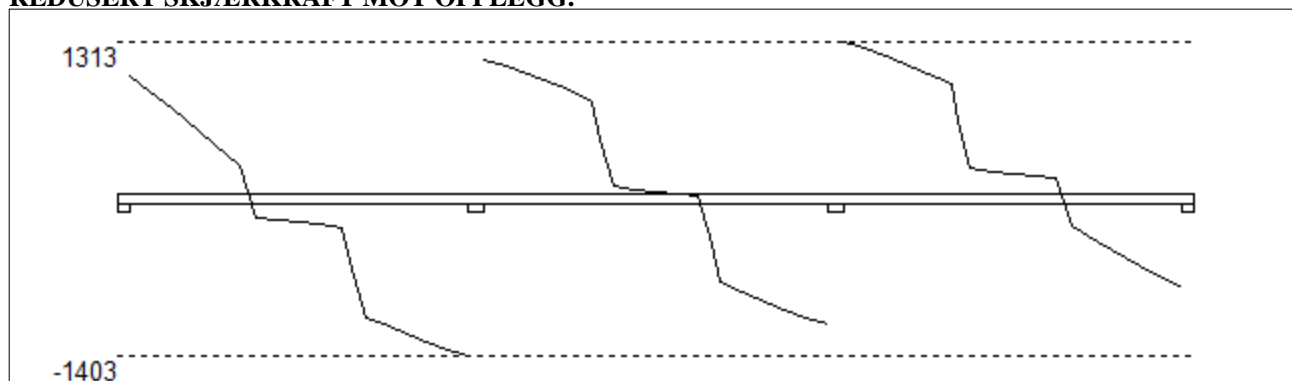
Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3663	3663	3663	3663
3	3410	3410	3410	3410
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			1043	1011
2	-1434	-1403	1193	1161
3	-1158	-1126	1345	1313
4	-846	-815		

Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

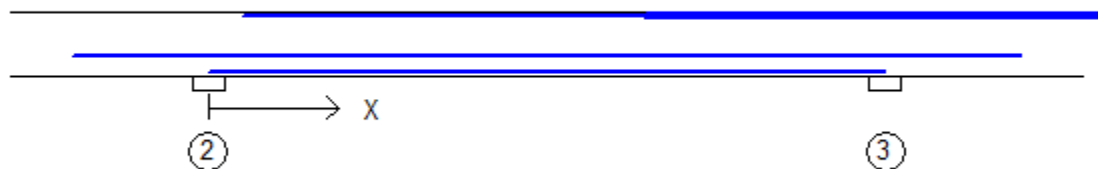


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



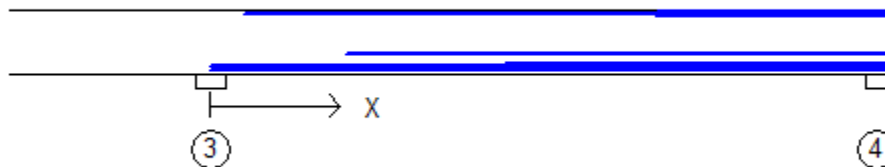
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

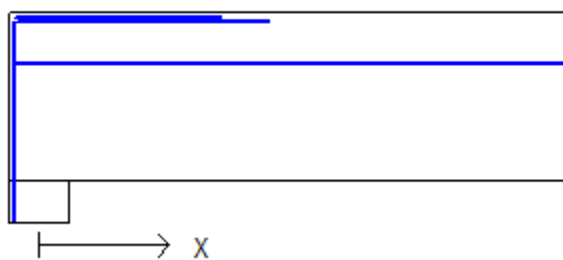
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

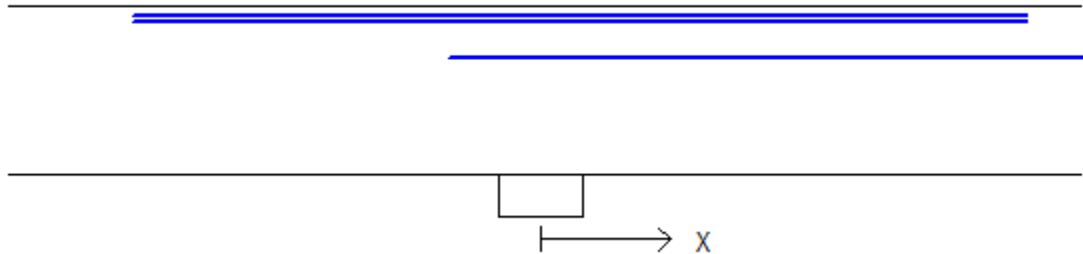
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

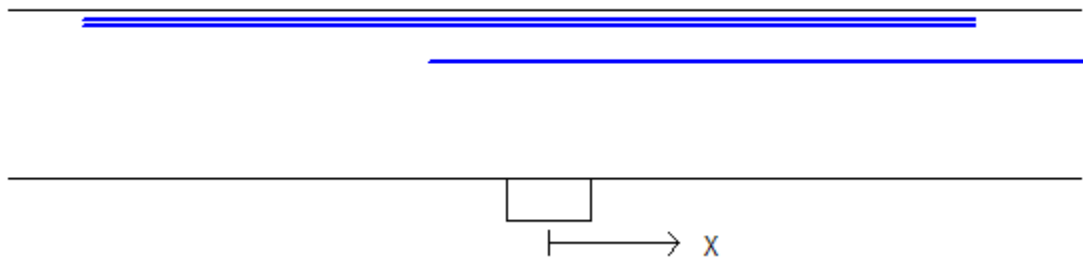
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

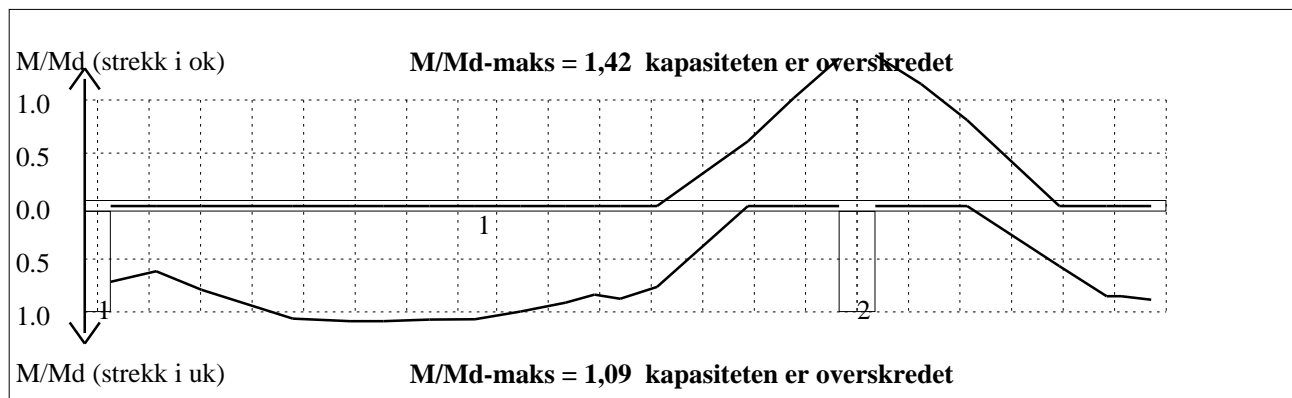
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 4
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

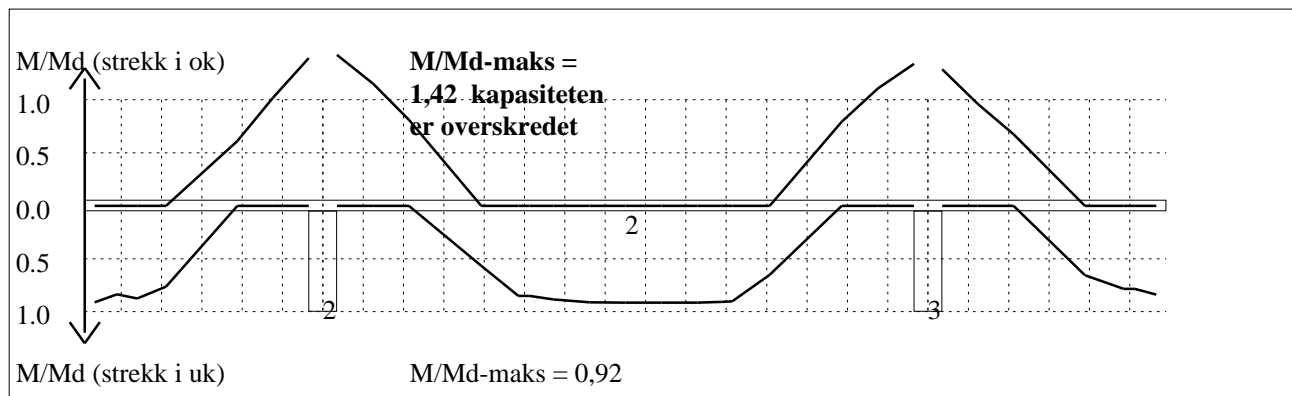
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

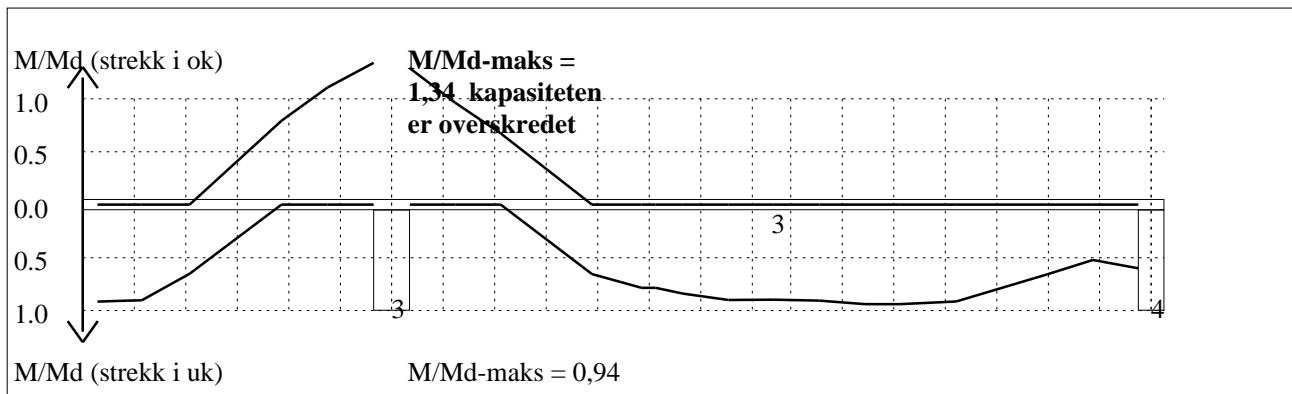


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

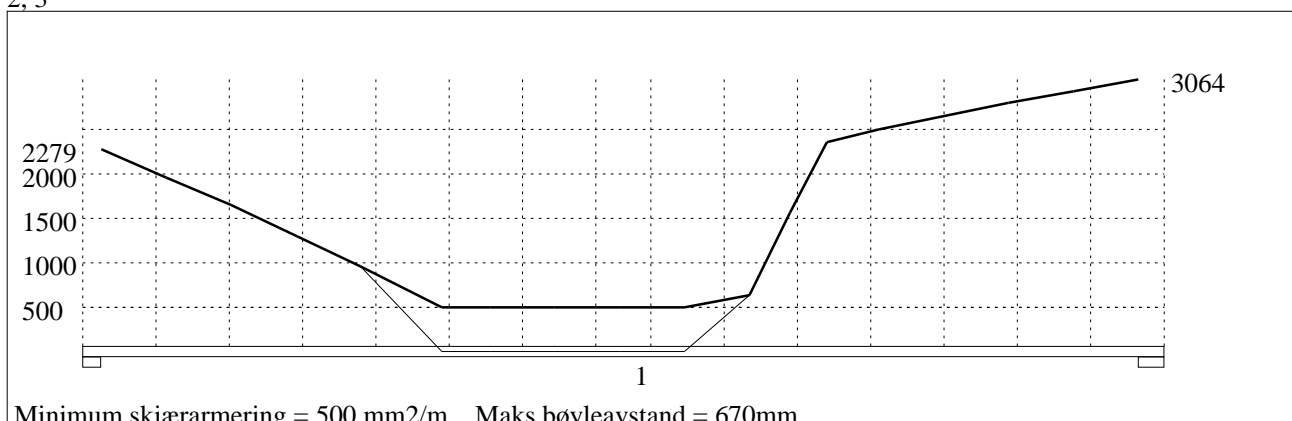
Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

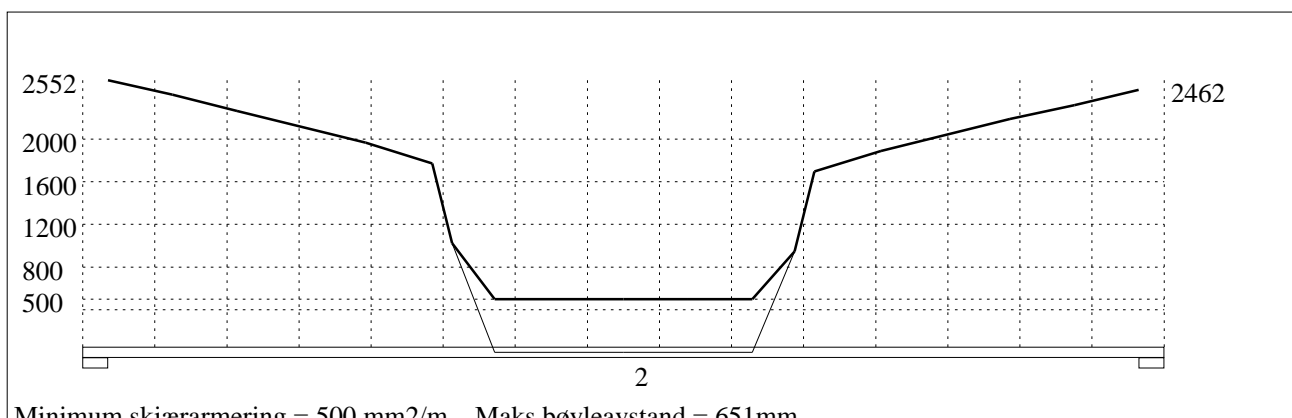
4.2 SKJÆRARMERING

Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 670mm

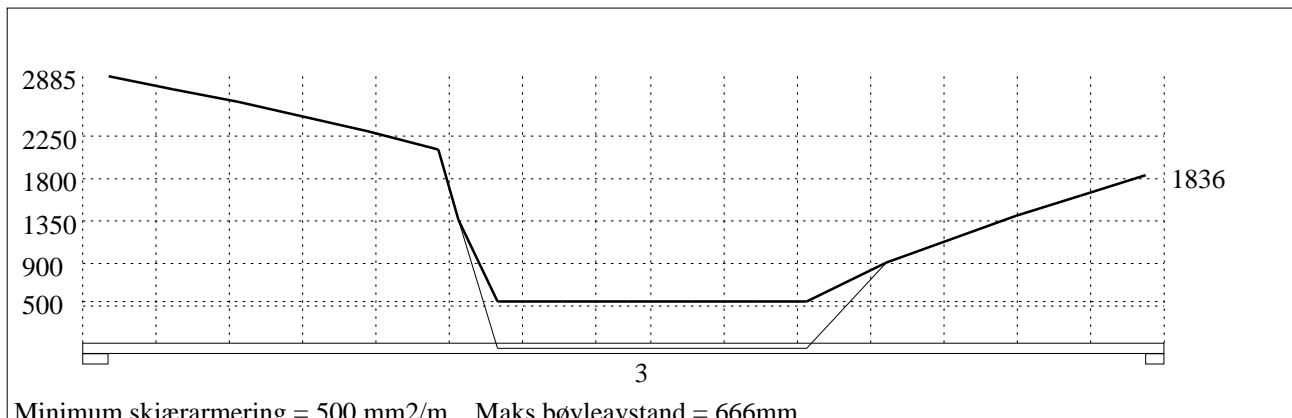
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 651mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



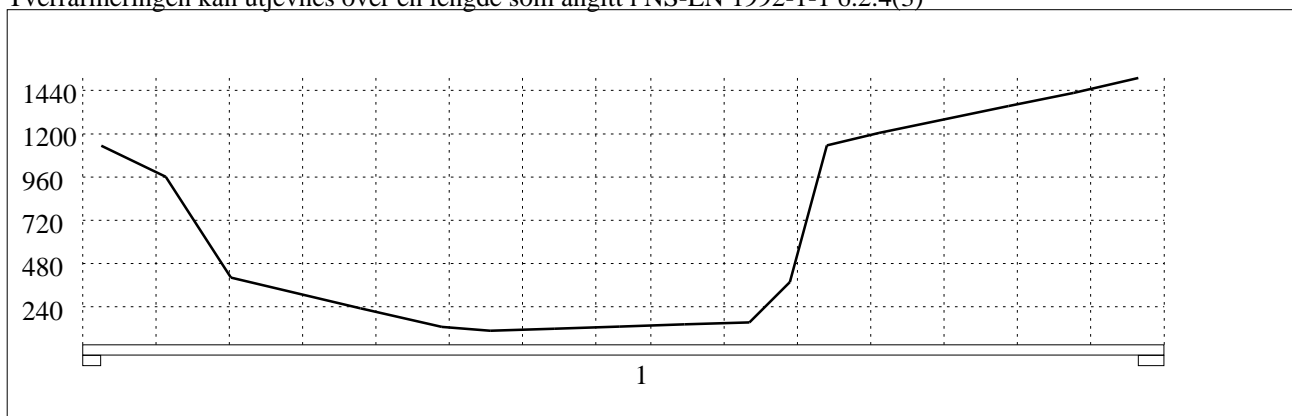
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

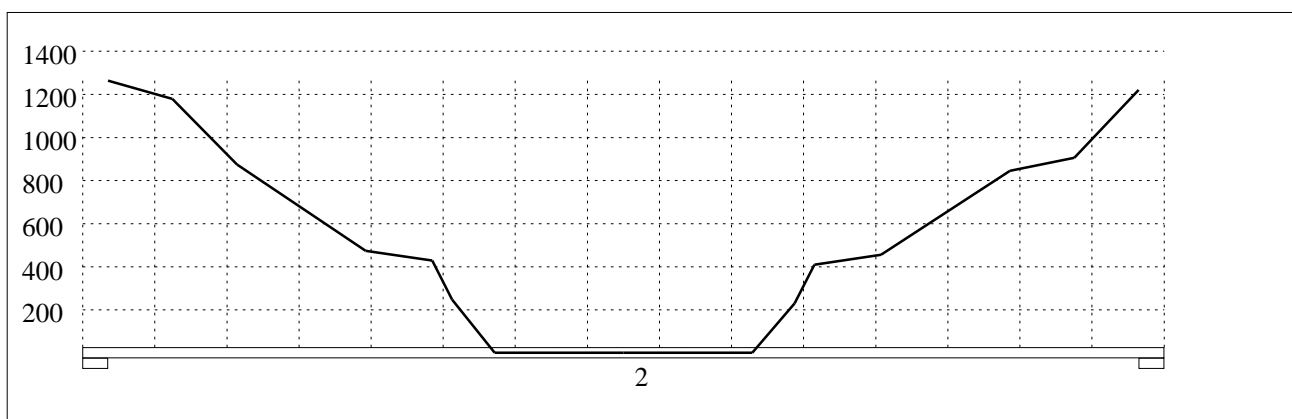
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tvrrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

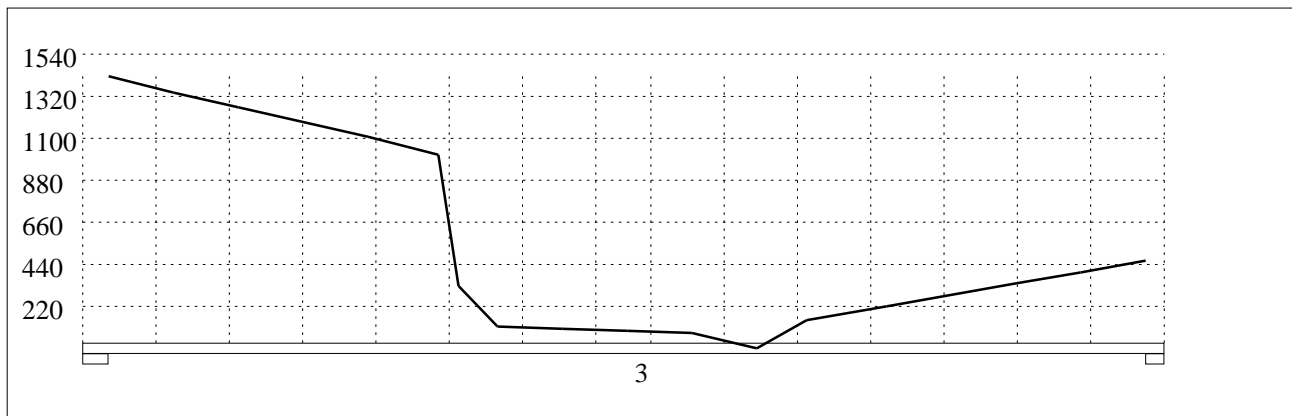


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



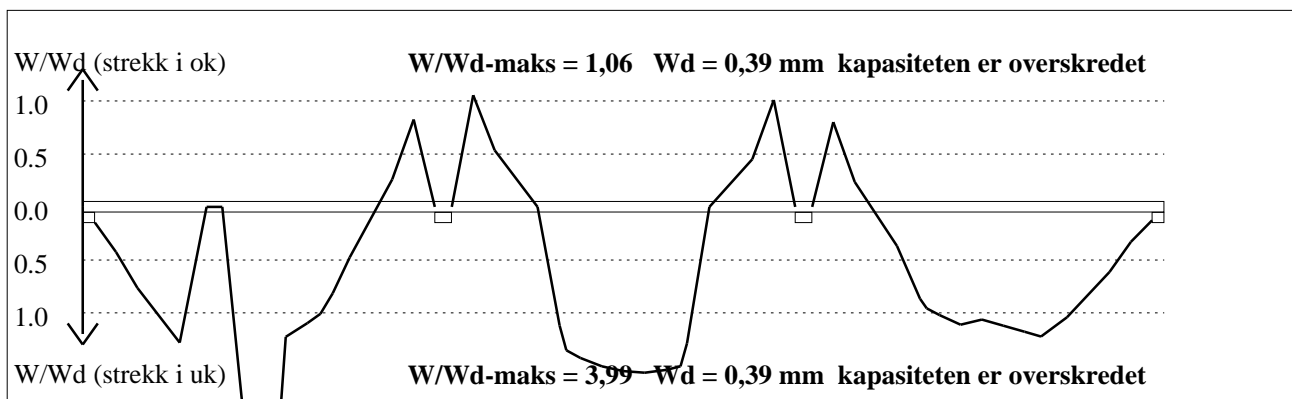
Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	34	64	64	64
2	18	28	28	28
3	28	42	42	42

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-1092	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-3708	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-3584	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-883	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A43 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i begge felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-1092	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-3708	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-3584	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-883	0,00	0	0,00	0	0,00		

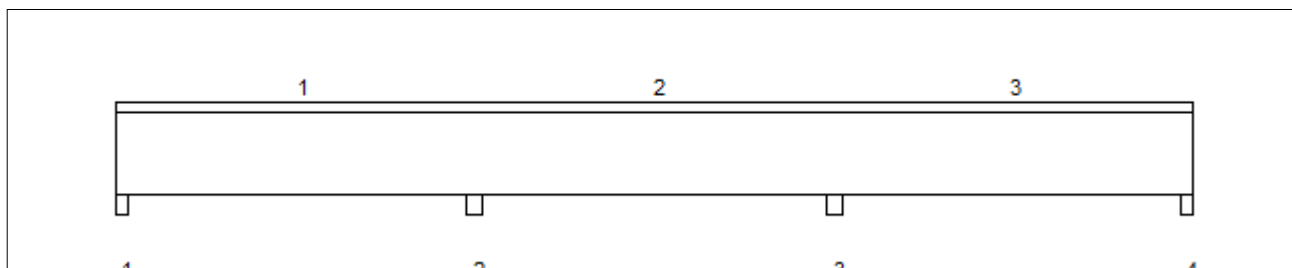
Tittel Vedlegg A44 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i venstre felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002
 Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 2\Bj.C 307 nr 2 etter forsterkning\K-bjelke BJ.C307 nr 2 etter forsterkning nyttelast i felt 6 V305.kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttearmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

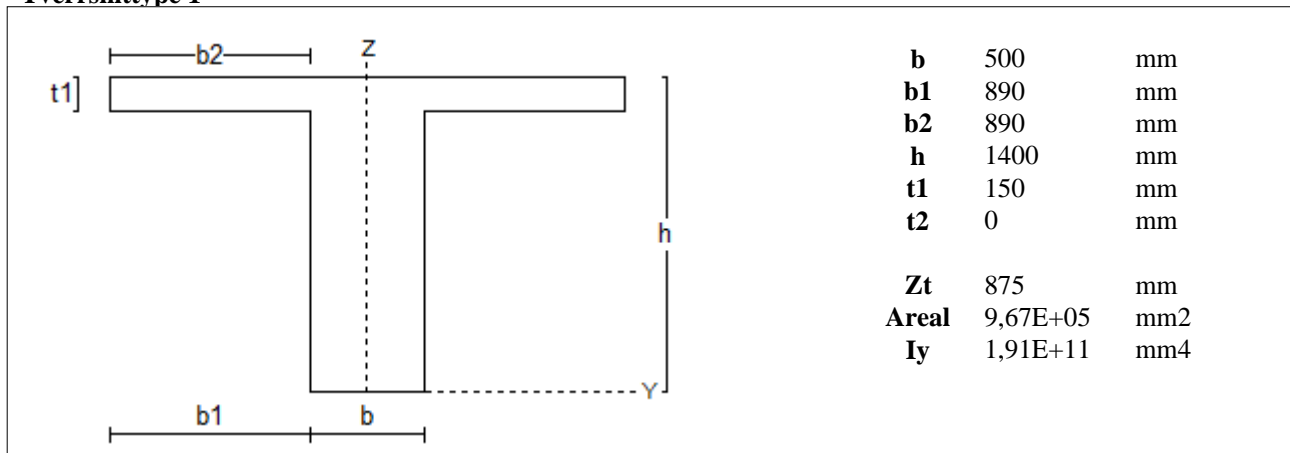


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A44 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i venstre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

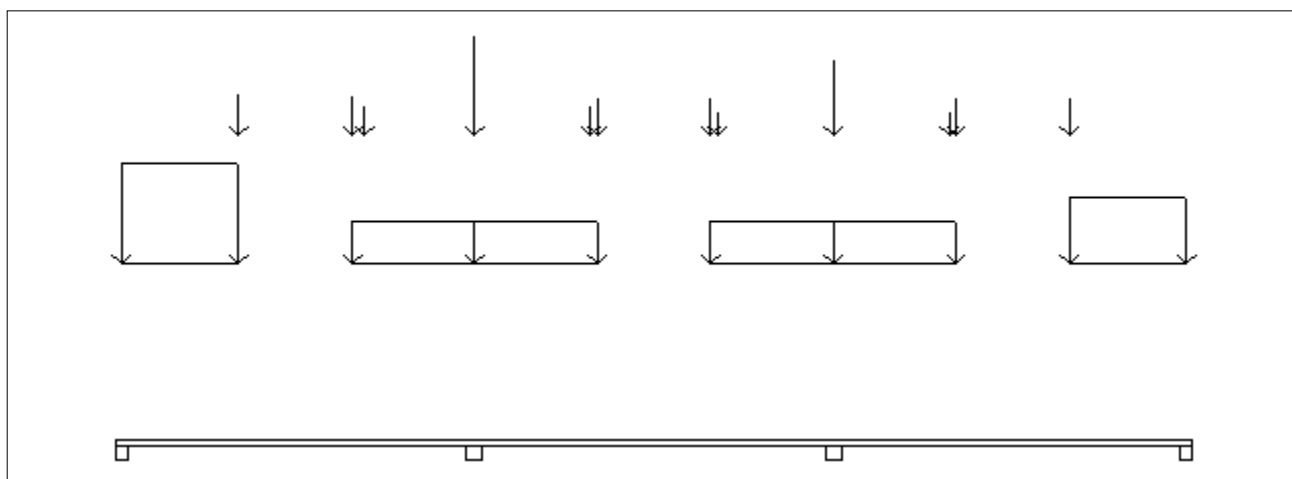
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÉGGSPUNKT [mm]

Opplégg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,00	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3		Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³			

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A44 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i venstre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
424,40	0,00	4900	1
405,60	0,00	9650	1
314,10	0,00	10150	1
1015,00	0,00	0	2
314,10	0,00	4850	2
386,80	0,00	5125	2
386,80	0,00	9875	2
240,60	0,00	10150	2
769,40	0,00	0	3
240,60	0,00	4850	3
386,80	0,00	5125	3
386,80	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
148,50	148,50	0,00	0,00	0	4900	1
63,64	63,64	0,00	0,00	9650	14750	1
63,64	63,64	0,00	0,00	0	5125	2
63,64	63,64	0,00	0,00	9875	15000	2
63,64	63,64	0,00	0,00	0	5125	3
99,33	99,33	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	265			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,13
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00007
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

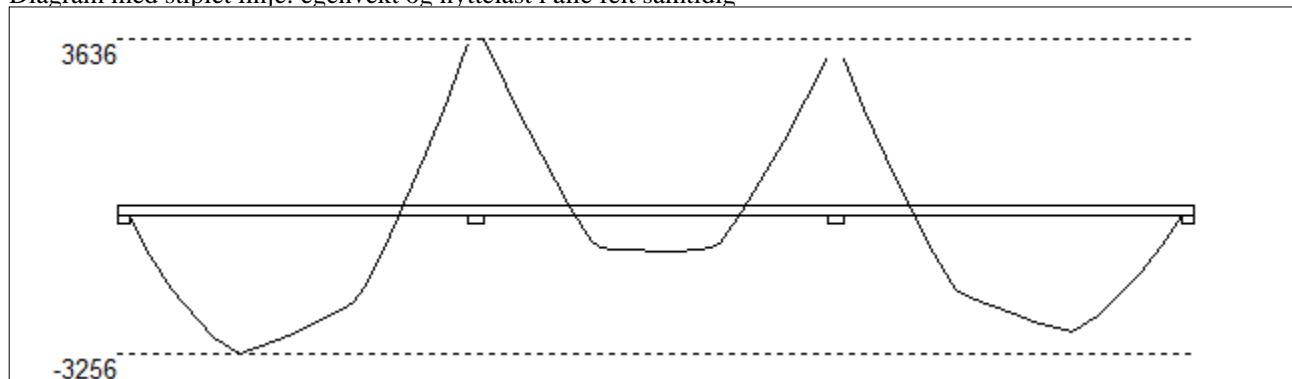
NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: D_{>=16} mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget >=50% av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

Tittel Vedlegg A44 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i venstre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strek i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-3256	-3256	-3256	-3256
2	-1000	-1000	-1000	-1000
3	-2751	-2751	-2751	-2751

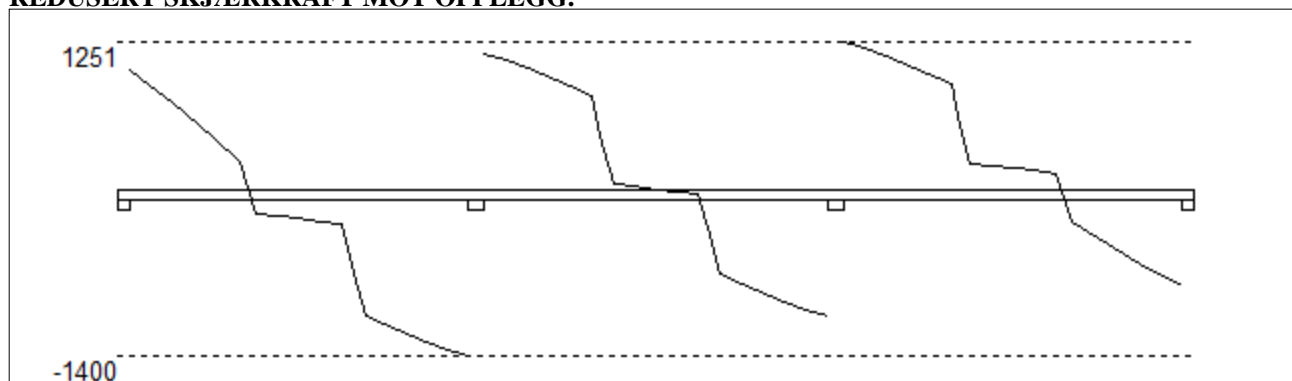
Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3636	3636	3636	3636
3	3238	3238	3238	3238
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			1045	1014
2	-1432	-1400	1180	1148
3	-1097	-1065	1283	1251
4	-835	-803		

Tittel Vedlegg A44 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i venstre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

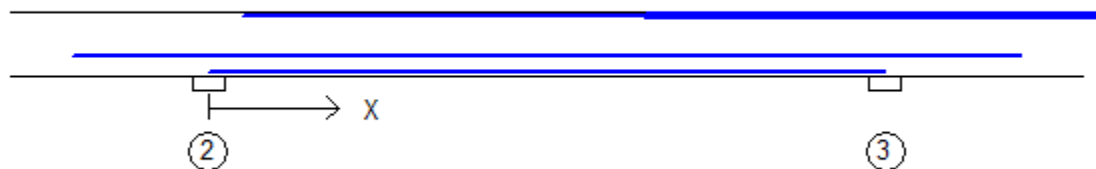


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



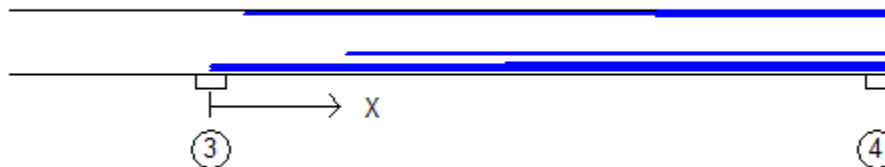
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A44 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i venstre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

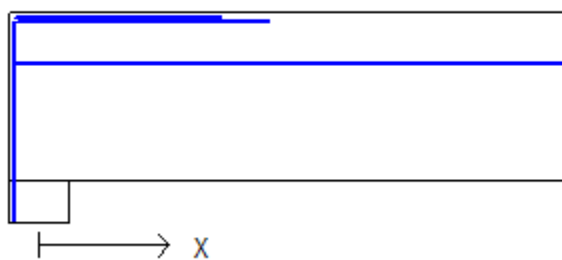
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

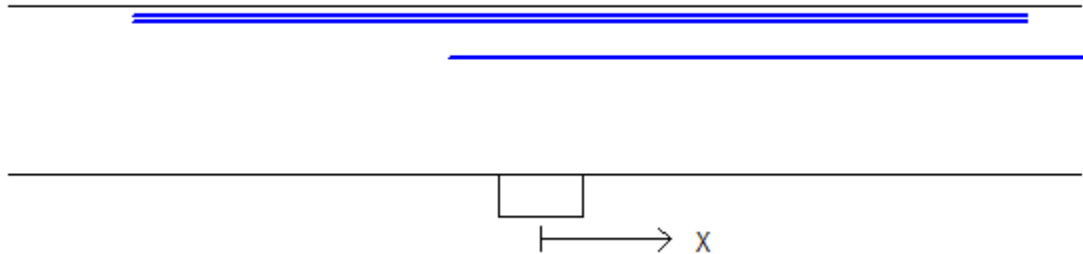
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A44 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i venstre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

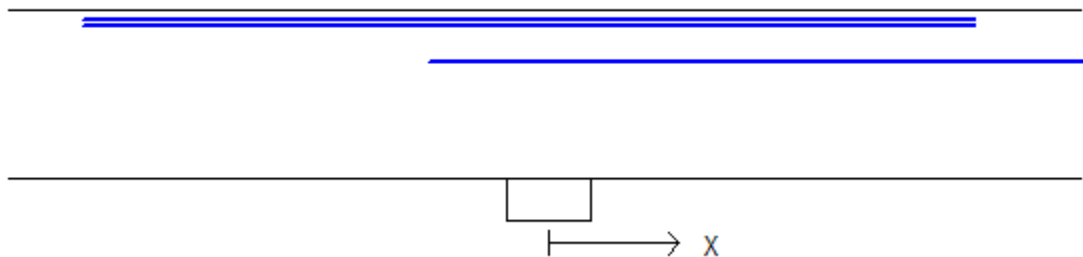
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

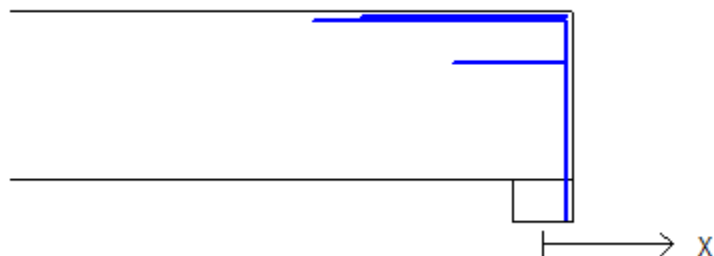
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A44 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i venstre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

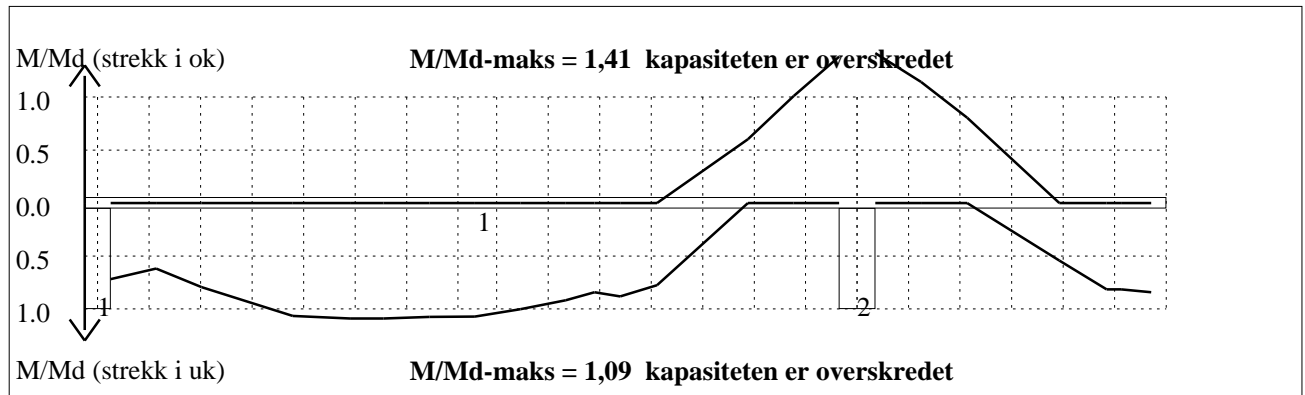
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 4
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

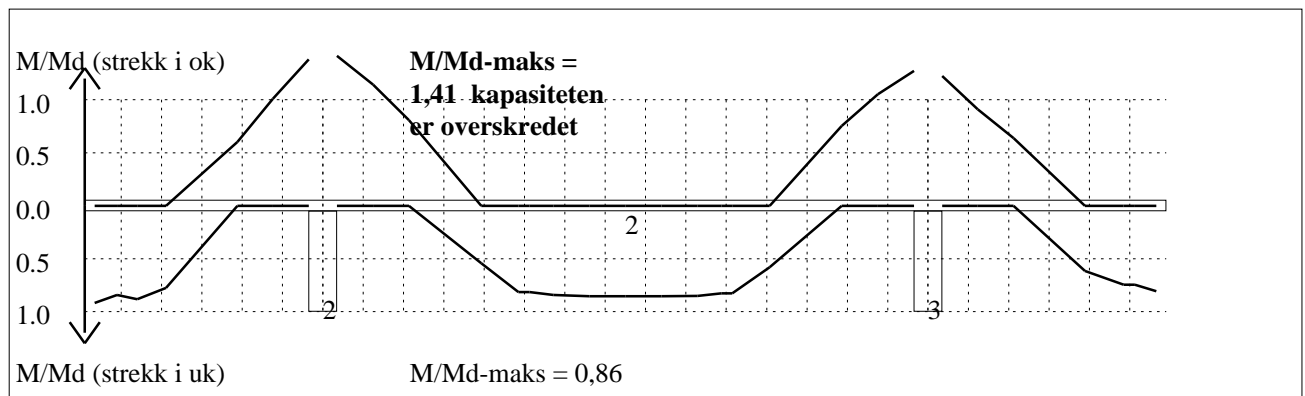
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

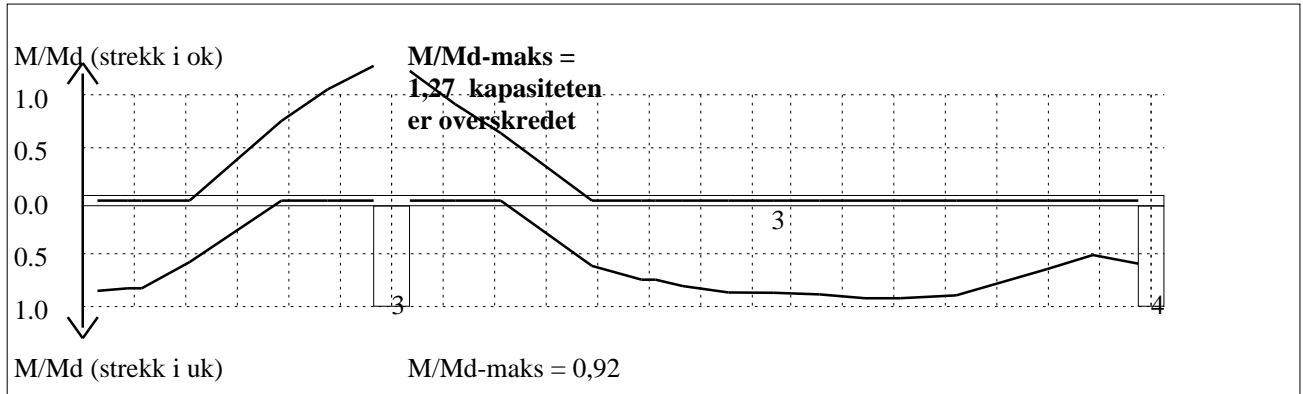


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



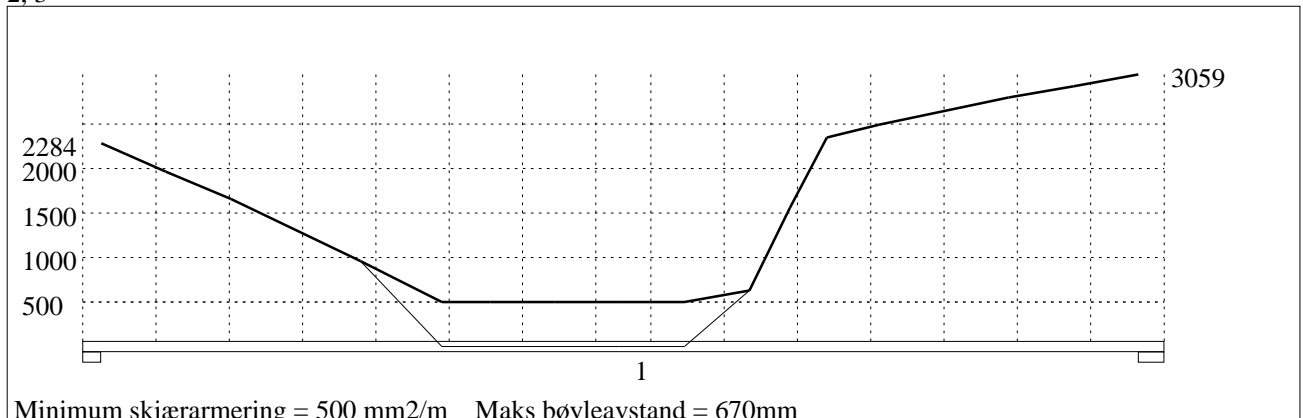
Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A44 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i venstre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

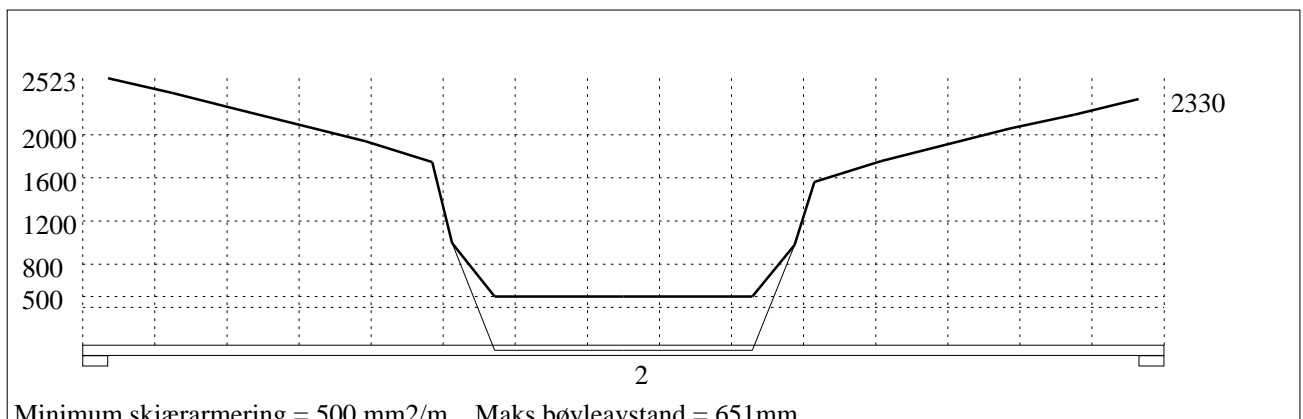


4.2 SKJÆRARMERING

Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3

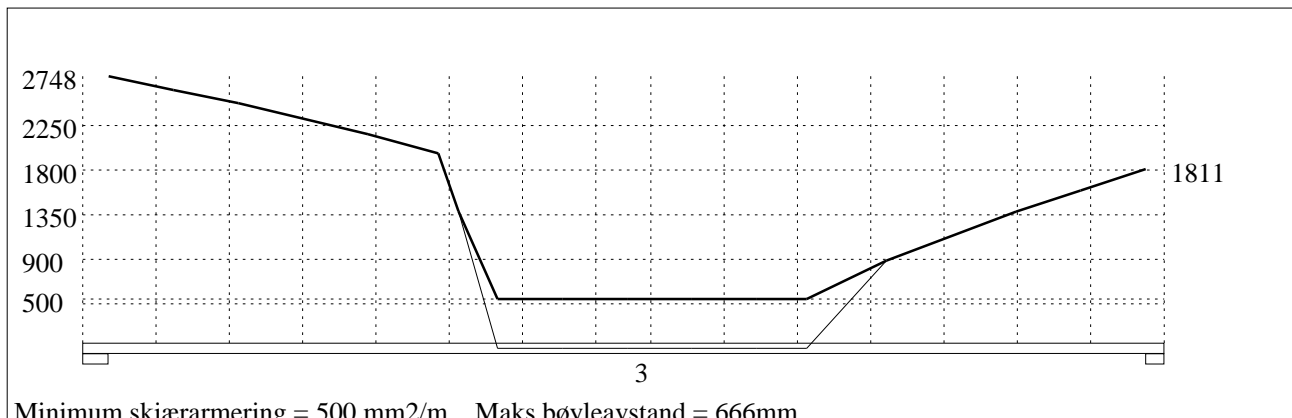


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A44 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i venstre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



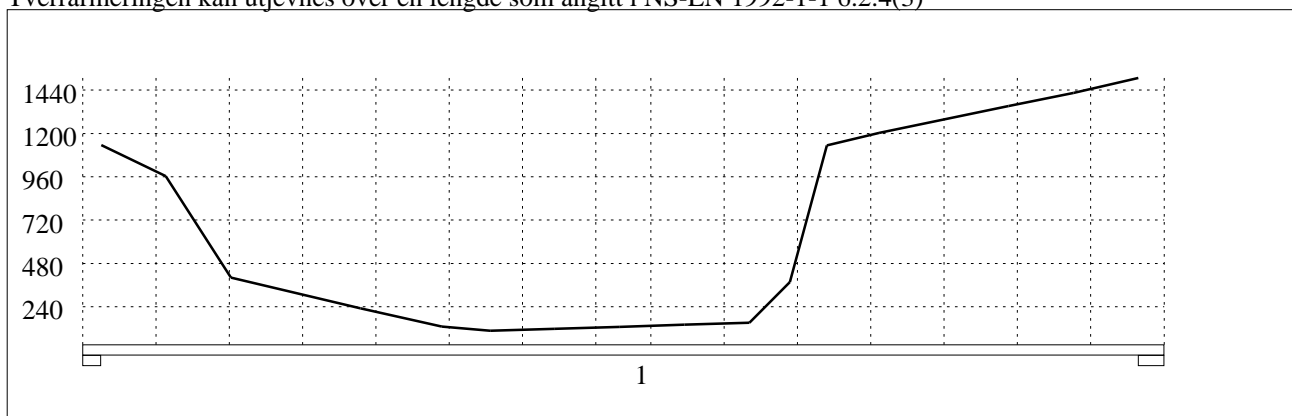
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

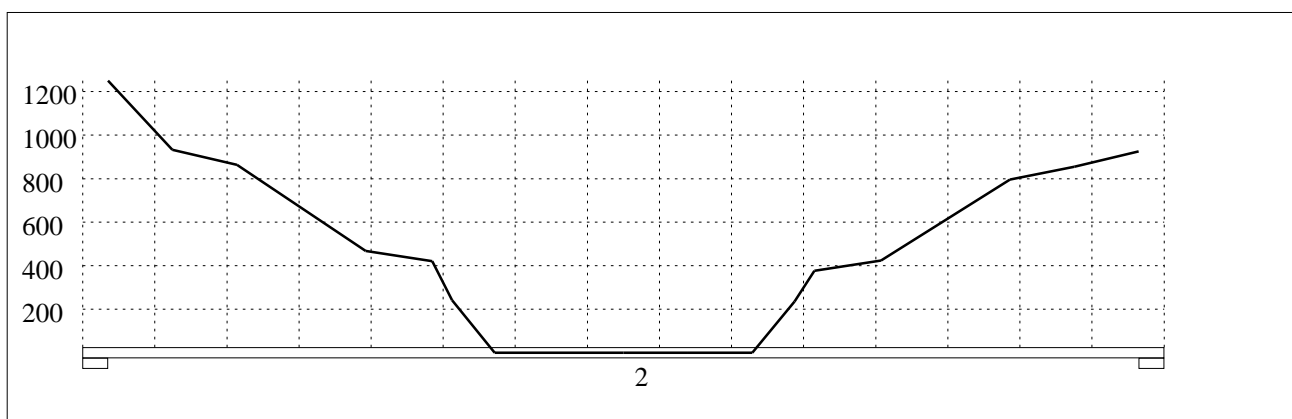
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tværrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A44 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i venstre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-1094	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-3693	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-3215	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-872	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten

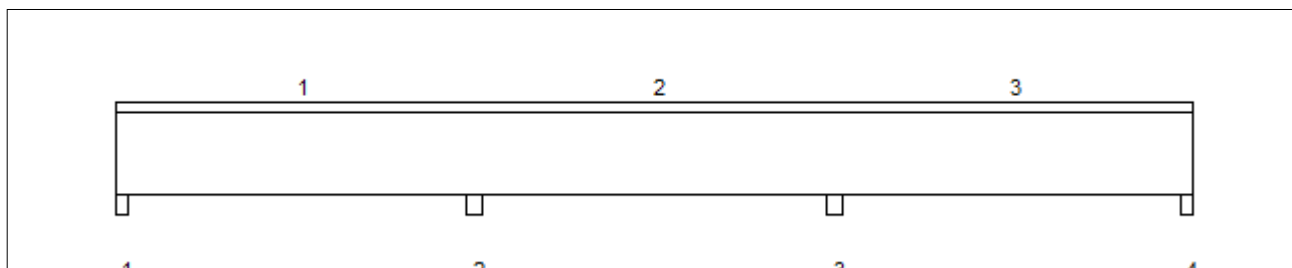
Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002

Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 2\Bj.C 307 nr 2 etter forsterkning\K-bjelke BJ.C307 nr 2 etter forsterkning nyttelast i felt 6 H305.kbj

INNHOOLD

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttemerking
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

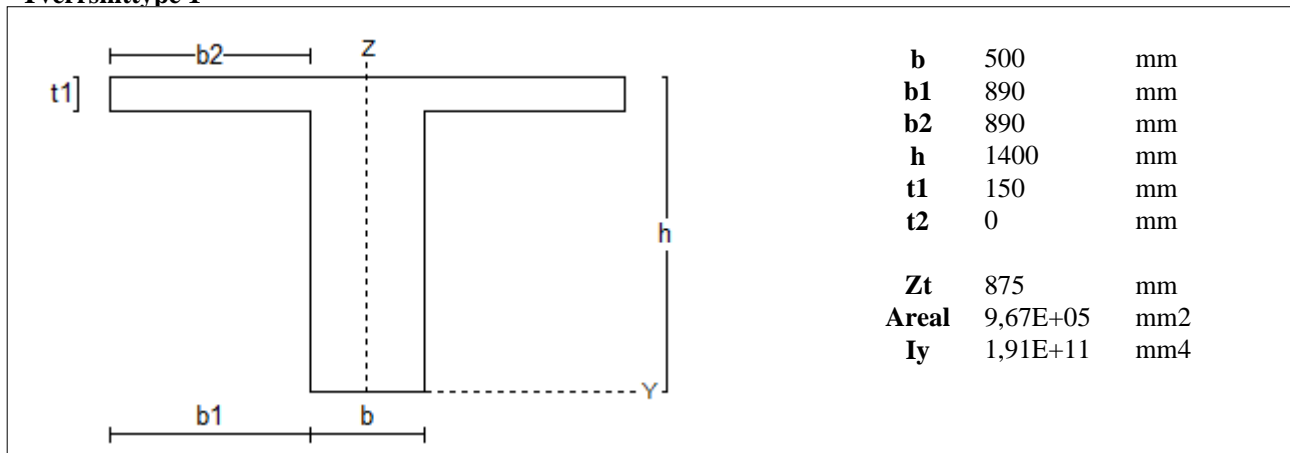


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

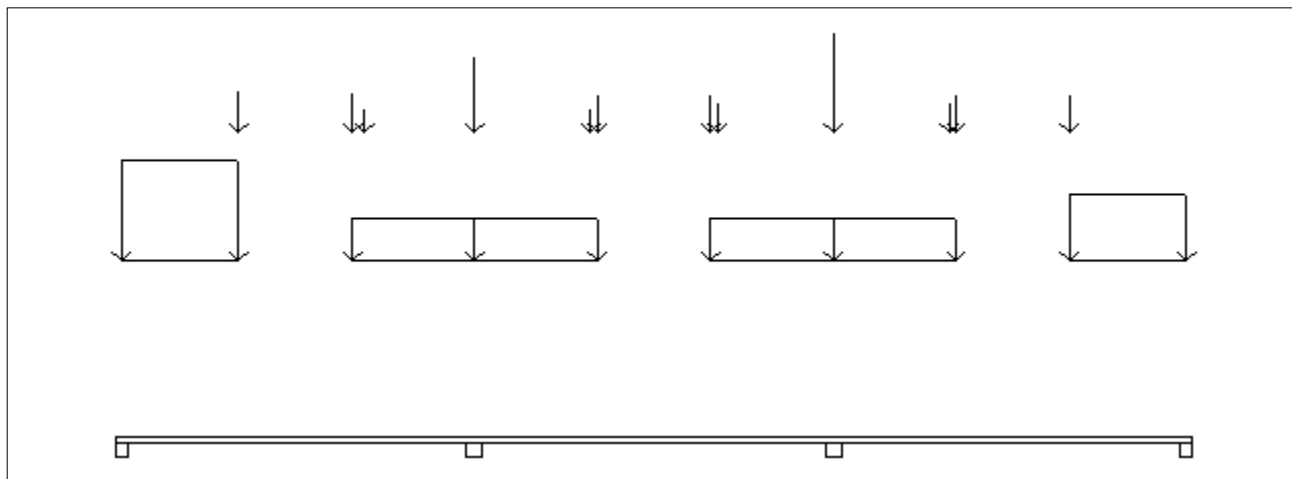
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Oppløgg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,00	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Punktlaster (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
424,40	0,00	4900	1
405,60	0,00	9650	1
240,60	0,00	10150	1
769,40	0,00	0	2
240,60	0,00	4850	2
386,80	0,00	5125	2
386,80	0,00	9875	2
314,10	0,00	10150	2
1015,00	0,00	0	3
314,10	0,00	4850	3
386,80	0,00	5125	3
386,80	0,00	9875	3

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
148,50	148,50	0,00	0,00	0	4900	1
63,64	63,64	0,00	0,00	9650	14750	1
63,64	63,64	0,00	0,00	0	5125	2
63,64	63,64	0,00	0,00	9875	15000	2
63,64	63,64	0,00	0,00	0	5125	3
99,33	99,33	0,00	0,00	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	265			
største tilslagsstørrelse, dg(mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,13
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00007
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

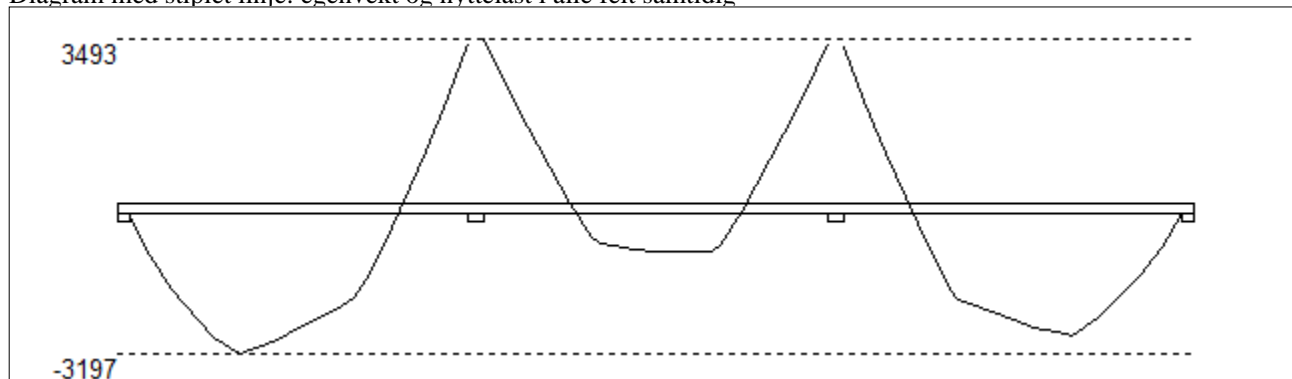
NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: D_{>=16} mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget >=50% av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strek i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-3197	-3197	-3197	-3197
2	-1017	-1017	-1017	-1017
3	-2816	-2816	-2816	-2816

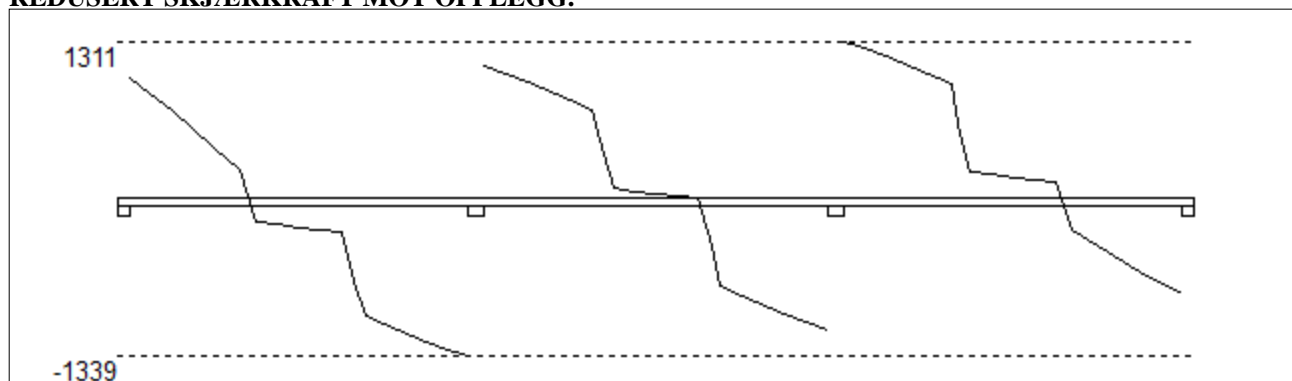
Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	3493	3493	3493	3493
3	3382	3382	3382	3382
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			1033	1001
2	-1371	-1339	1133	1101
3	-1145	-1113	1343	1311
4	-849	-817		

Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

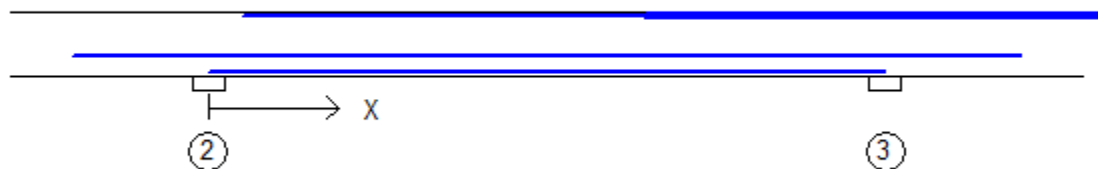


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



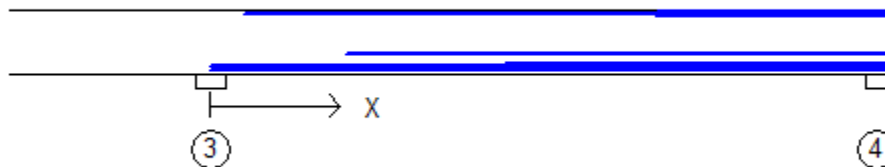
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

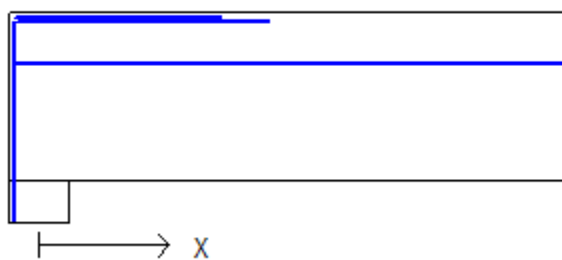
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

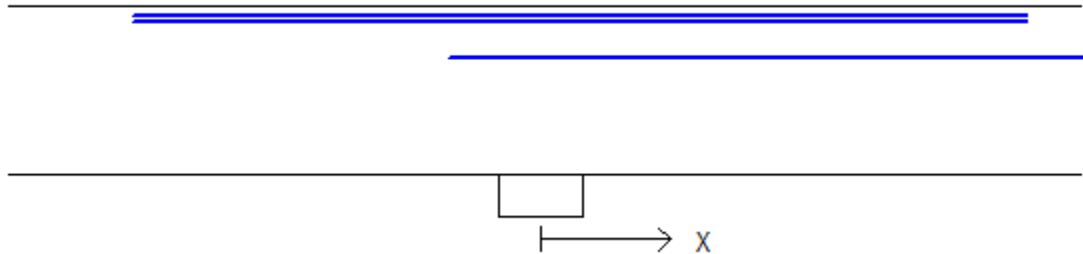
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

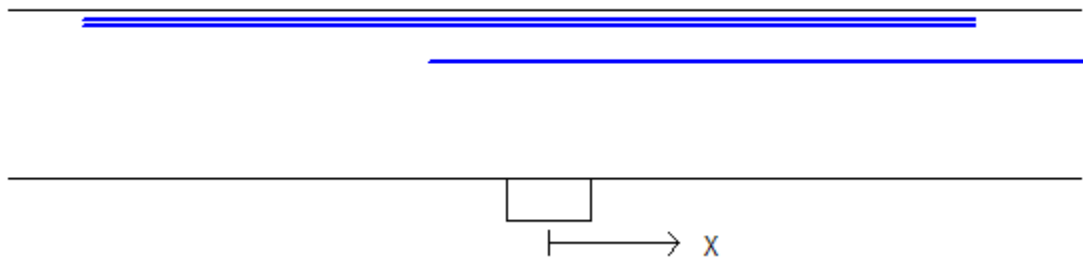
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

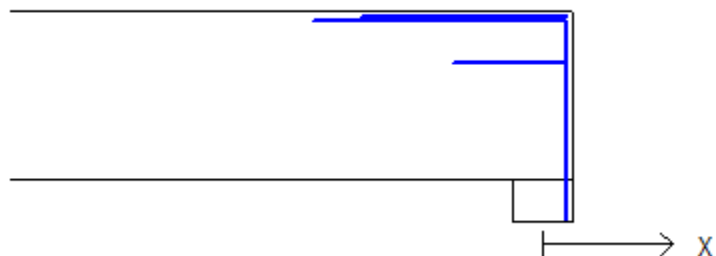
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0



Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter
 Forankringslengde i underkant: $40 \times D$ Forankringslengde i overkant: $47 \times D$
 Kapasitetskurver for moment (M/Md):
 - Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
 - M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
 - M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

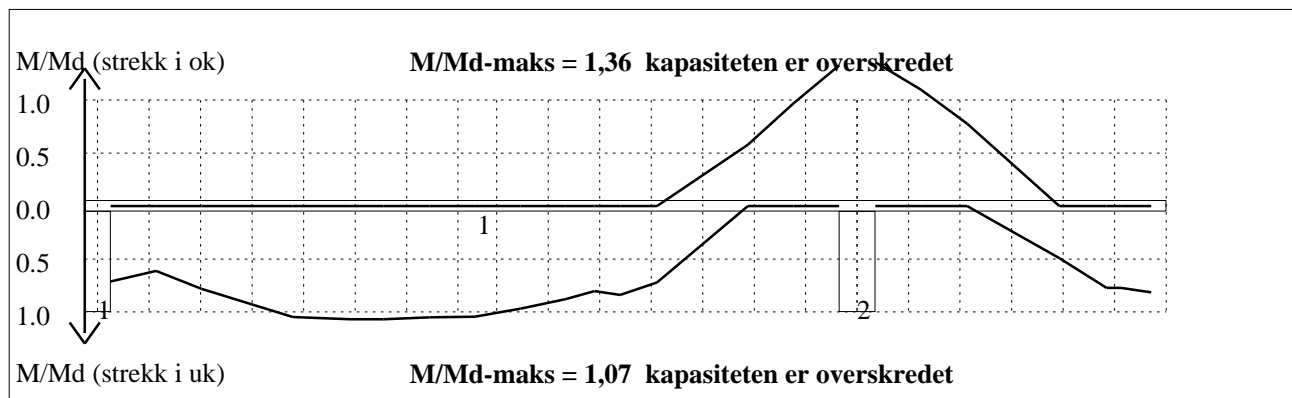
3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm
Opplegg nr 4
 2bøyler d 25, L=1000 avstand til kant: 90 mm

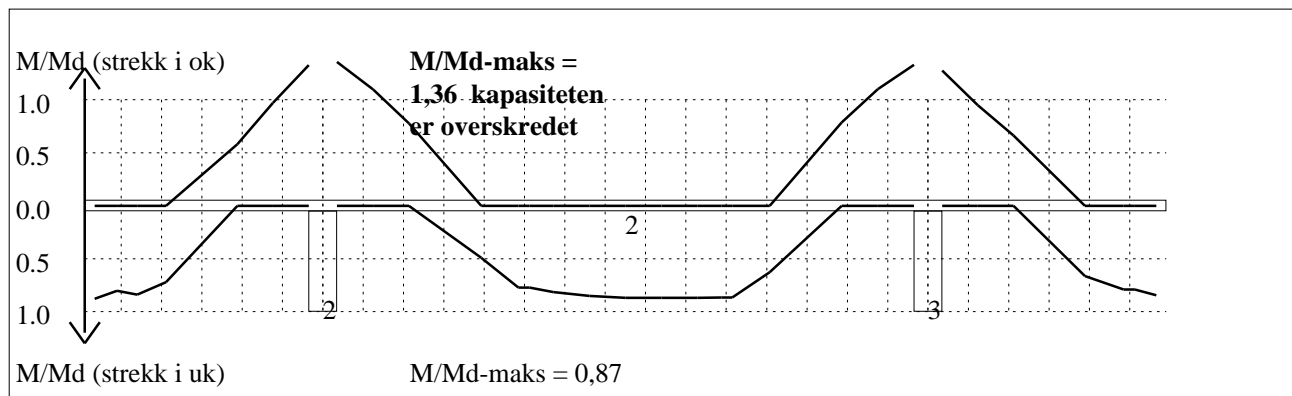
3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	1719	1608	856	856
2	982	982	856	856
3	1608	1832	856	856

4.1 MOMENTKONTROLL

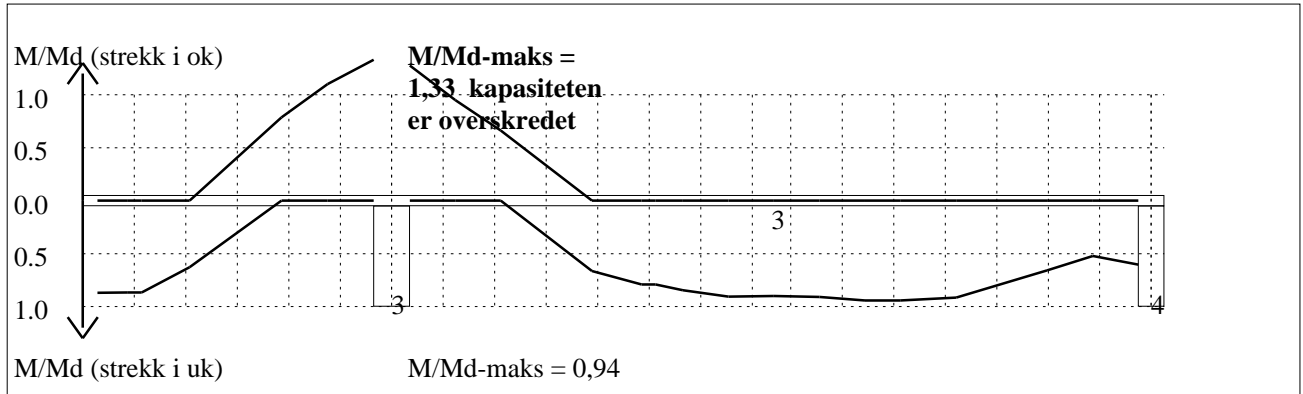


Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



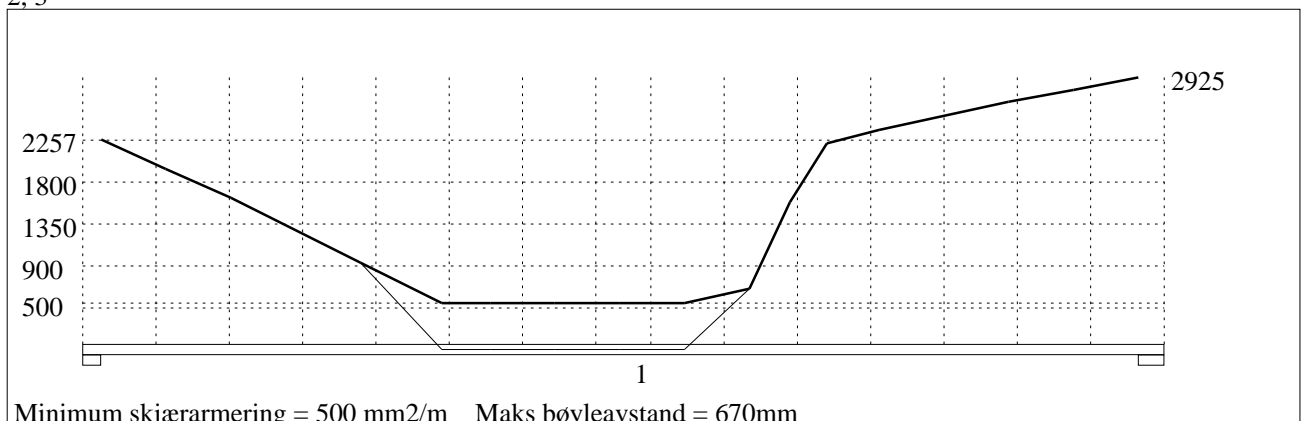
Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

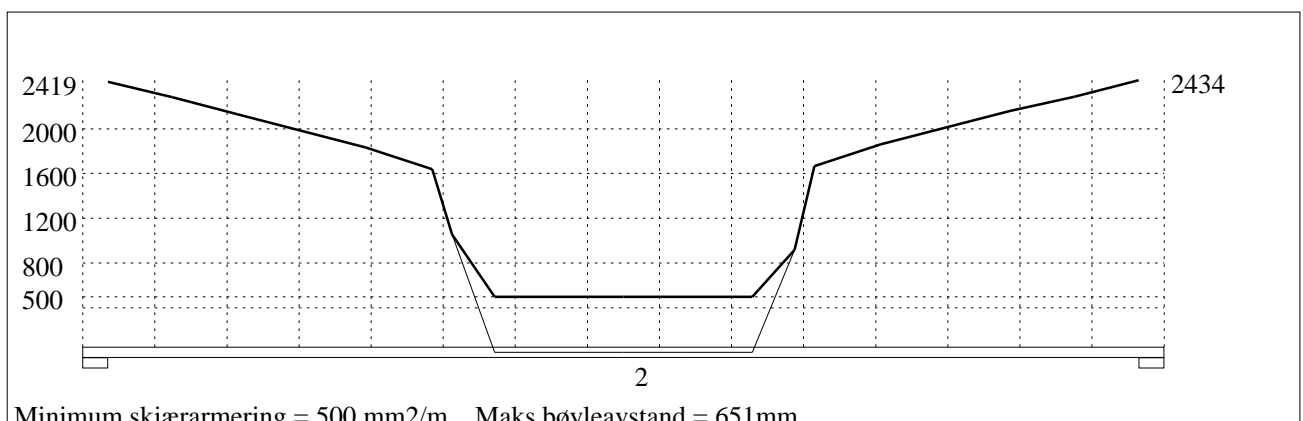


4.2 SKJÆRARMERING

Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3

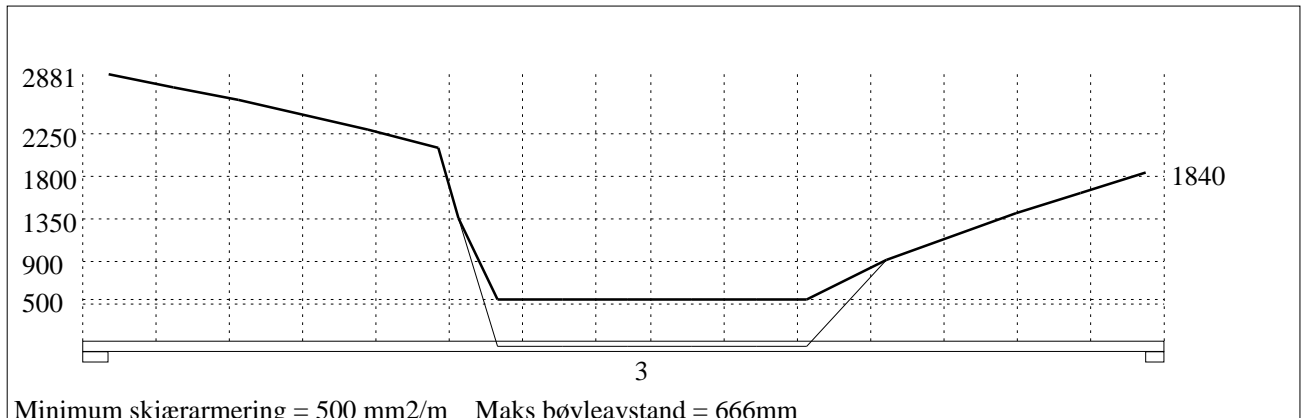


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Minimum skjærarmering = 500 mm²/m Maks bøyleavstand = 666mm

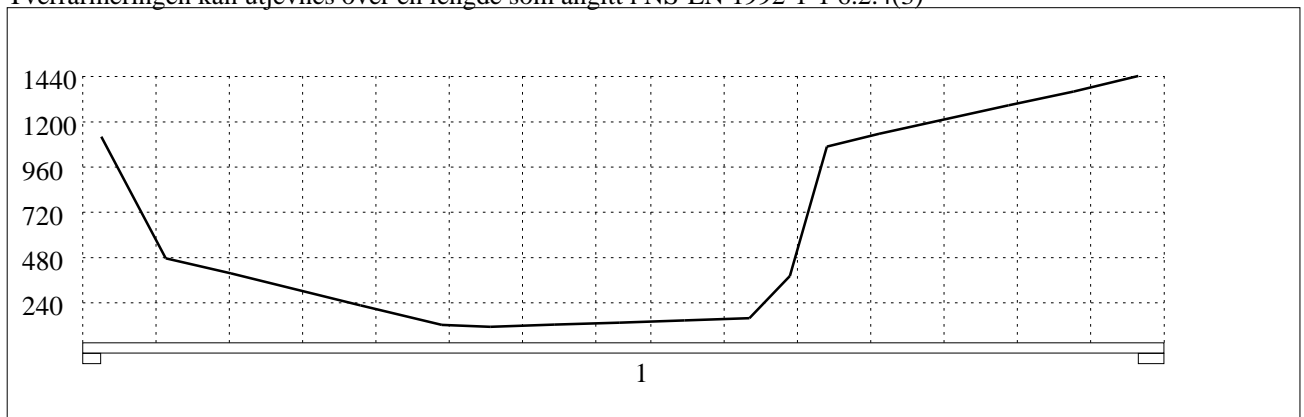
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.2.1 Skjærarmering i tverretning mellom steg og flens

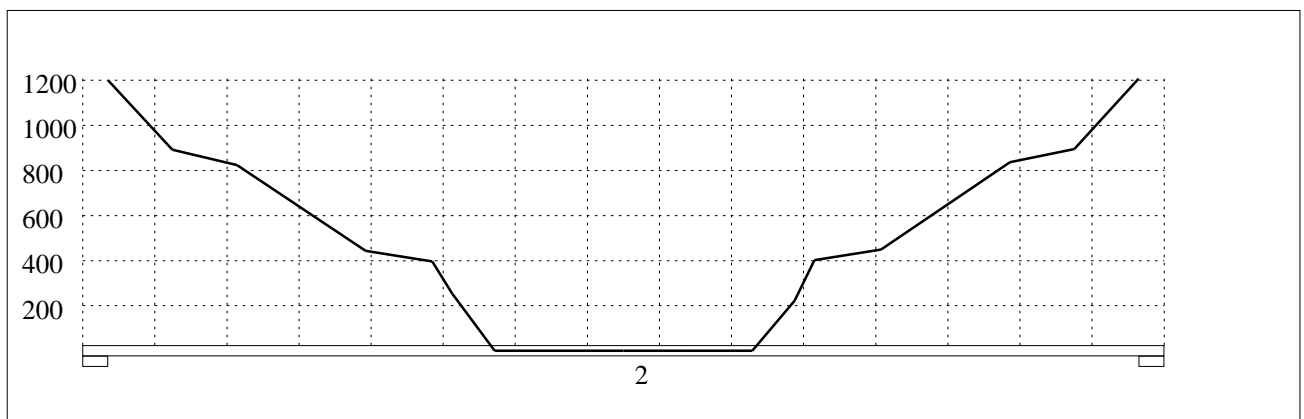
Kombinasjon av armering for skjær og bøyning: NS-EN 1992-1-1 6.2.4(5) og 6.2.4(2)

Største av: Armering for bøyning + halvparten av skjærarmeringen, hele skjærarmeringen, minimumsarmering

Tverrarmeringen kan utjevnes over en lengde som angitt i NS-EN 1992-1-1 6.2.4(3)

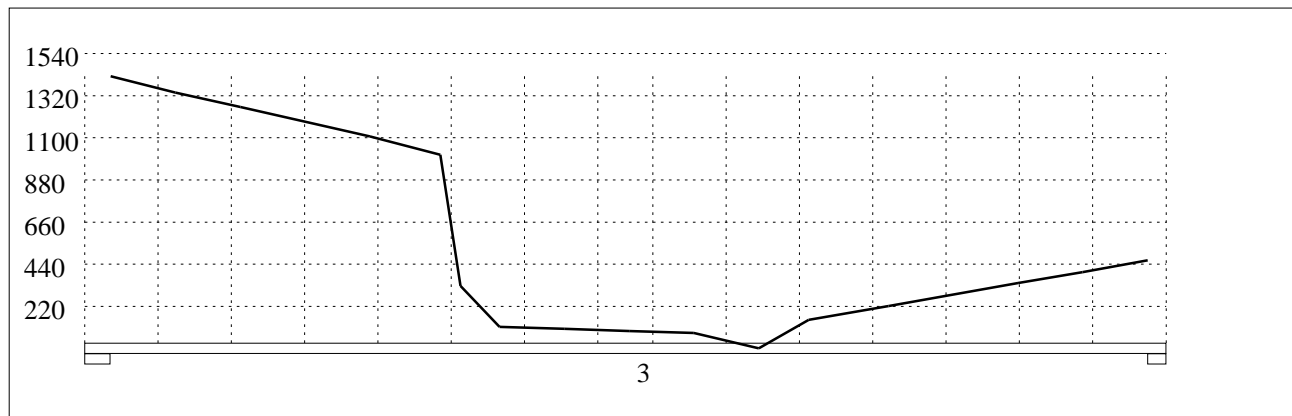


Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



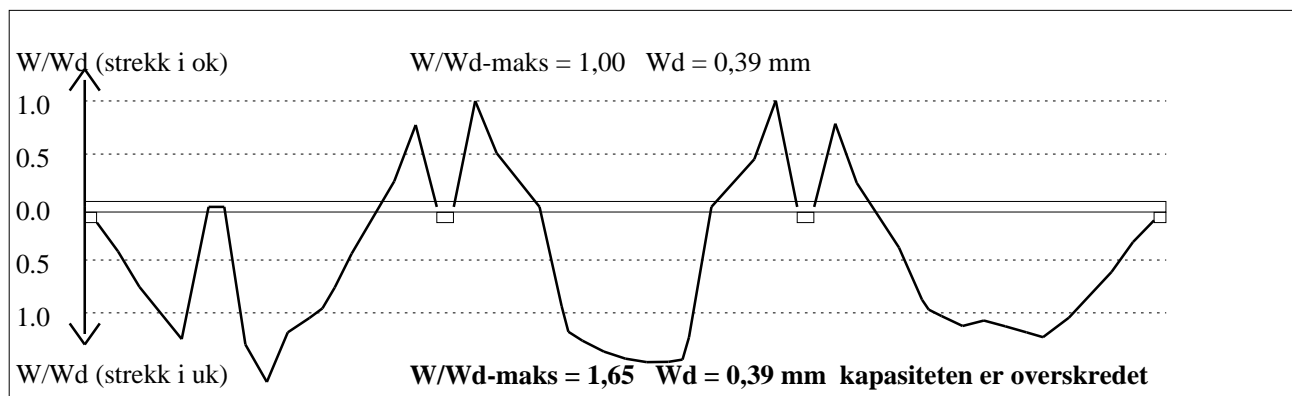
Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Skjærarmering i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	43	43	43	43
2	17	24	24	24
3	28	42	42	42

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt					
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)				
1	-1082	0,00	0	0,00			0	0,00				
2	-3339	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
3	-3568	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
4	-885	0,00	0	0,00	0	0,00						

Tittel Vedlegg A45 - Bj.C.307 (nr.2). Nyttelast i høyre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt					
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)				
1	-1082	0,00	0	0,00			0	0,00				
2	-3339	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
3	-3568	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00				
4	-885	0,00	0	0,00	0	0,00						

Vedlegg A46 - Kapasitetskontroll for bjelker uten effektiv flensbredde

Kontrollerer for Bj.C.307 første og andre bjelke i trykksonen. For bjelke Bj.C.306 er alle områdene hvor det ikke er flens i strekk.

Bj.C.307:

$$f_{cd} := 9.1 \frac{N}{mm^2} \quad b := 500 \text{ mm} \quad d := 1300 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = (2.115 \cdot 10^6) \text{ J} \quad \text{Trykksonens momentkapasitet}$$

1. bjelke: 1. felt $M_{Ed.1.1} := 2890 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Rd} = (2.115 \cdot 10^6) \text{ J}$ Vedlegg A41

2. felt $M_{Ed.1.2} := 785 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = (2.115 \cdot 10^6) \text{ J}$ Vedlegg A40

3. felt $M_{Ed.1.3} := 2465 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Rd} = (2.115 \cdot 10^6) \text{ J}$ Vedlegg A42

Får overskridelse på trykkkapasiteten, men har armering i trykksonen. Regner nødvendig armering, og sammenligner med faktisk armering.

Armering: $3\emptyset 32 \quad n := 3 \quad \emptyset := 32 \text{ mm}$ Se vedlegg B1 255-A.133

$$A_s := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2 = (2.413 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_{yd} := 320 \frac{N}{mm^2} \quad h := 1200 \text{ mm}$$

Felt 1: $\Delta M := M_{Ed.1.1} - M_{Rd} = (7.754 \cdot 10^5) \text{ J}$

$$A_{s.n\emptyset d.1} := \frac{\Delta M}{f_{yd} \cdot h} = (2.019 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad \text{N\o}dvendig armering$$

$$A_s = (2.413 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 > A_{s.n\emptyset d.1} = (2.019 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad \text{Ok!}$$

Felt 3: $\Delta M := M_{Ed.1.3} - M_{Rd} = (3.504 \cdot 10^5) \text{ J}$

$$A_{s.n\ddot{o}d.2} := \frac{\Delta M}{f_{yd} \cdot h} = 912.467 \text{ mm}^2 \quad \text{N\ddot{o}dvendig armering}$$

$$A_s = (2.413 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 > A_{s.n\ddot{o}d.2} = 912.467 \text{ mm}^2 \quad \text{Ok!}$$

2. bjelke: 1. felt $M_{Ed.2.1} := 3226 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Rd} = (2.115 \cdot 10^6) \text{ J}$ Vedlegg A44

2. felt $M_{Ed.2.2} := 913 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{Rd} = (2.115 \cdot 10^6) \text{ J}$ Vedlegg A43

3. felt $M_{Ed.2.3} := 2767 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{Rd} = (2.115 \cdot 10^6) \text{ J}$ Vedlegg A45

Får overskridelse på trykkapasiteten, men har armering i trykksonen. Regner n\ddot{o}dvendig armering, og sammenligner med faktisk armering. Ser at armeringen ikke vil holde for felt 1 uten n\ddot{e}rmere kontroll. Maks feltmoment er n\ddot{e}rmere opplegg, hvor det ligger mer armering. Kontrollere dermed for b\ddot{a}de maks moment og midt mellom opplegg.

Armering p\ddot{a} midten: $3\phi 32 \quad n := 3 \quad \phi := 32 \text{ mm}$ Se vedlegg B1 255-A.133

$$A_{s.1} := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 = (2.413 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

Armering med maks moment: $5\phi 32 \quad n := 5 \quad \phi := 32 \text{ mm}$ Se vedlegg B1 255-A.133

$$A_{s.2} := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 = (4.021 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_{yd} := 320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad h := 1200 \text{ mm}$$

Felt 1:

Maks moment: $\Delta M := M_{Ed.2.1} - M_{Rd} = (1.111 \cdot 10^6) \text{ J}$

$$A_{s.n\ddot{o}d.1} := \frac{\Delta M}{f_{yd} \cdot h} = (2.894 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad \text{N\ddot{o}dvendig armering}$$

$$A_{s.2} = (4.021 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 > A_{s.n\ddot{o}d.1} = (2.894 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad \text{Ok!}$$

Moment midt i felt: $M_{Ed.2.midt} := 3000 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$\Delta M := M_{Ed.2.midt} - M_{Rd} = (8.854 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$A_{s.nød.1} := \frac{\Delta M}{f_{yd} \cdot h} = (2.306 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad \text{Nødvendig armering}$$

$$A_{s.2} = (4.021 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 > A_{s.nød.1} = (2.306 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad \text{Ok!}$$

Felt 3: $\Delta M := M_{Ed.2.3} - M_{Rd} = (6.524 \cdot 10^5) \text{ J}$

$$A_{s.nød.2} := \frac{\Delta M}{f_{yd} \cdot h} = (1.699 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad \text{Nødvendig armering}$$

$$A_s = (2.413 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 > A_{s.nød.2} = (1.699 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad \text{Ok!}$$

Vedlegg A47 - Laster bjelke Bj.C.308 etter forbedring

Laster fra dekke 3.etasje bygg C:

Se vedlegg A1

$$q_{Ed.1} := 13.8 \frac{kN}{m^2} \quad x := 7.5 \text{ m} \quad \text{Bruker konservativt halve feltlengden}$$

$$V_{Ed} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot x)}{2} = (51.75 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Last fra plater på Tappehallen:

Laster hentet vedlegg A10 3.plate

$$q_{Ed.308.1.1} := 67.13 \frac{kN}{m} \quad q_{Ed.308.1.2} := 2.493 \frac{kN}{m}$$
$$q_{Ed.308.1} := q_{Ed.308.1.1} - q_{Ed.308.1.2} = (64.637 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 3.plate

$$P_{Ed.308.1} := 232.395 \text{ kN} \quad P_{Ed.308.2} := 222.984 \text{ kN}$$

Laster hentet fra vedlegg A29 3.plate

$$P_{Ed.308.3} := 178.778 \text{ kN} \quad P_{Ed.308.4} := 579.645 \text{ kN}$$

$$P_{Ed.308.5} := P_{Ed.308.3} = (178.778 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A30 3.plate

$$q_{Ed.308.2} := 22.78 \frac{kN}{m}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 6.plate

$$P_{Ed.308.6} := 213.573 \text{ kN} \quad P_{Ed.308.7} := P_{Ed.308.6} = (213.573 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A29 3.plate

$$P_{Ed.308.8} := P_{Ed.308.3} = (178.778 \cdot 10^3) \text{ N} \quad P_{Ed.308.9} := P_{Ed.308.4} = (579.645 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{Ed.308.10} := P_{Ed.308.5} = (178.778 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A30 6.plate

$$q_{Ed.308.3} := q_{Ed.308.2} = (22.78 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 9.plate

$$P_{Ed.308.11} := P_{Ed.308.6} = (213.573 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{Ed.308.12} := P_{Ed.308.7} = (213.573 \cdot 10^3) \text{ N}$$

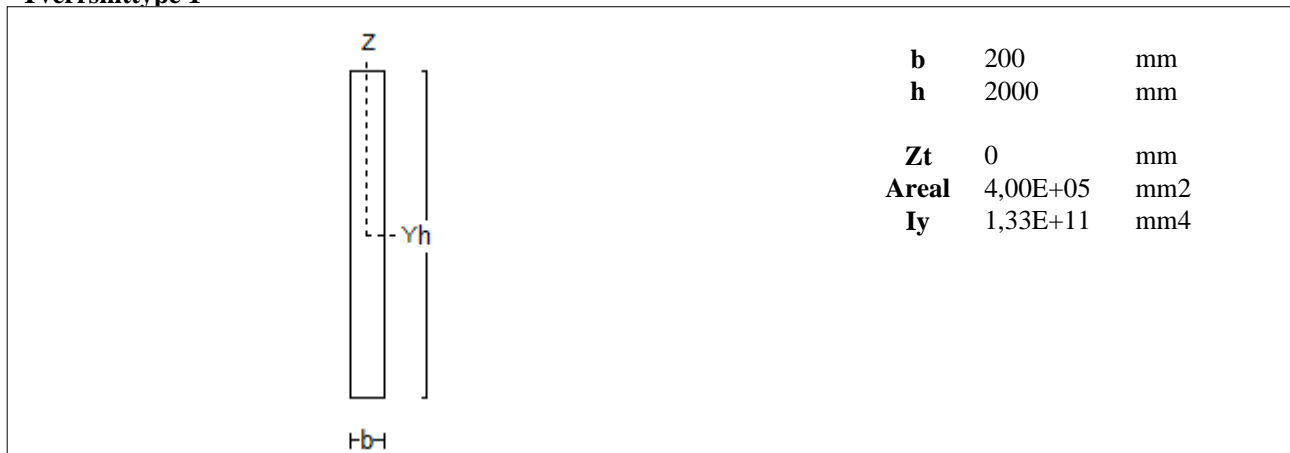
Laster hentet fra vedlegg A10 6.plate

$$q_{Ed.308.4.1} := 54.15 \text{ kN} \quad q_{Ed.308.4.2} := 3.7 \text{ kN}$$

$$q_{Ed.308.4} := q_{Ed.308.4.1} - q_{Ed.308.4.2} = (50.45 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

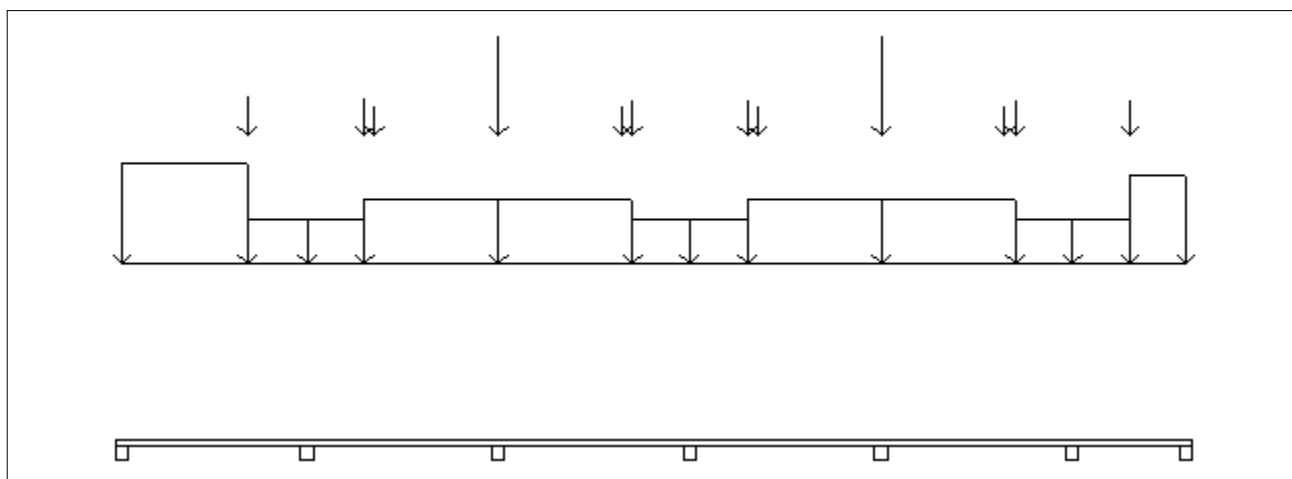
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00		Krav maks.nedbøyning
Variabel last	1,00	1,00	1,00		Konsekvenser
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	10,00	0,00	0,00
2	10,00	0,00	0,00
3	10,00	0,00	0,00
4	10,00	0,00	0,00
5	10,00	0,00	0,00
6	10,00	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
232,40	0,00	4900	1
222,98	0,00	2250	2
178,80	0,00	2650	2
579,60	0,00	0	3
178,80	0,00	4850	3
213,57	0,00	5250	3
213,57	0,00	2250	4
178,80	0,00	2650	4
579,60	0,00	0	5
178,80	0,00	4850	5
213,57	0,00	5250	5
213,58	0,00	2250	6

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
116,20	116,20	0,00	0,00	0	4900	1
51,56	51,56	0,00	0,00	4900	7250	1
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	2
74,34	74,34	0,00	0,00	2250	7500	2
74,34	74,34	0,00	0,00	0	5250	3
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	3
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	4
74,34	74,34	0,00	0,00	2250	7500	4
74,34	74,34	0,00	0,00	0	5250	5
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	5
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	6
102,01	102,01	0,00	0,00	2250	4450	6

Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

1.4 MATERIALDATA

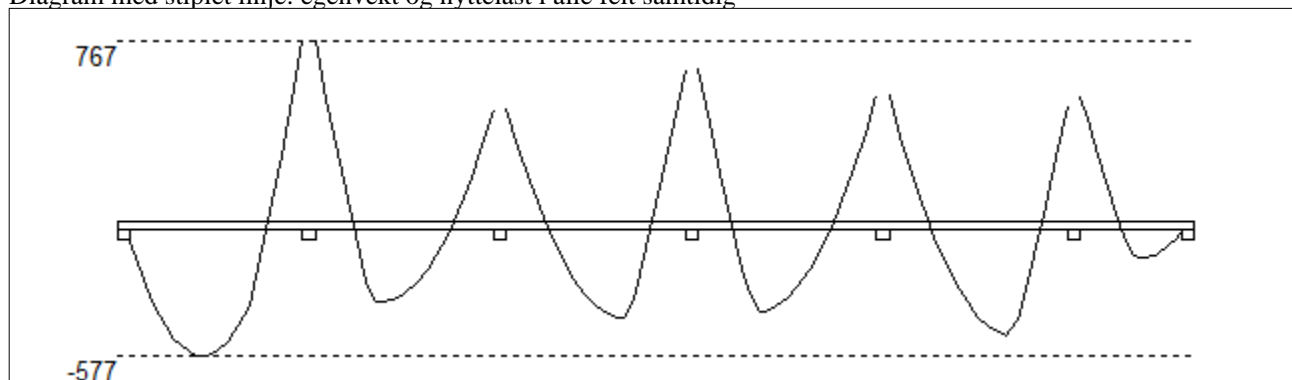
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	5	5
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	30	30
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	182			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryttall, FI 28_5000		3,35
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00013
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	-577	-577	-577	-577
2	-344	-344	-344	-344
3	-411	-411	-411	-411
4	-387	-387	-387	-387
5	-491	-491	-491	-491
6	-157	-157	-157	-157

M_g: permanent last M_p: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

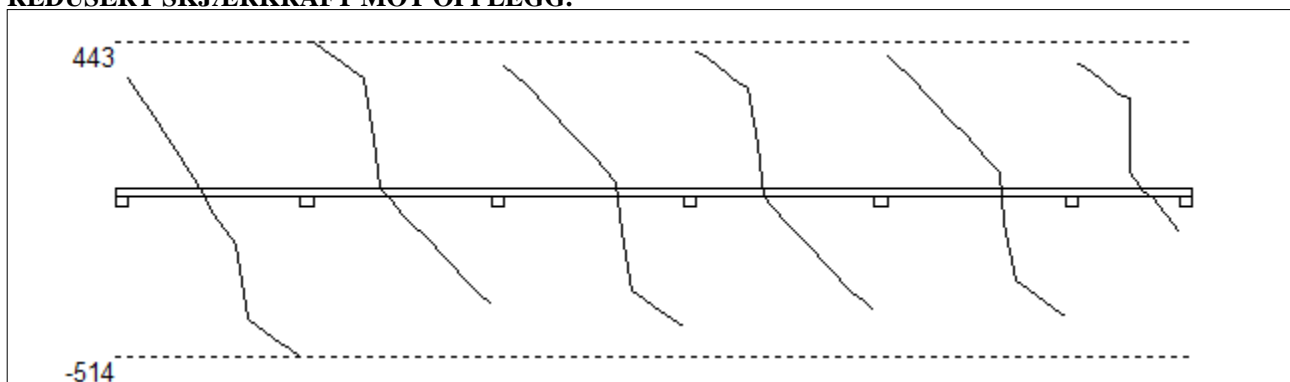
Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	0	0	0	0
2	767	767	767	767
3	476	476	476	476
4	649	649	649	649
5	537	537	537	537
6	525	525	525	525
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLÉGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			351	333
2	-599	-514	576	443
3	-371	-352	385	366
4	-552	-422	543	413
5	-394	-375	415	397
6	-522	-392	397	375
7	-163	-138		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

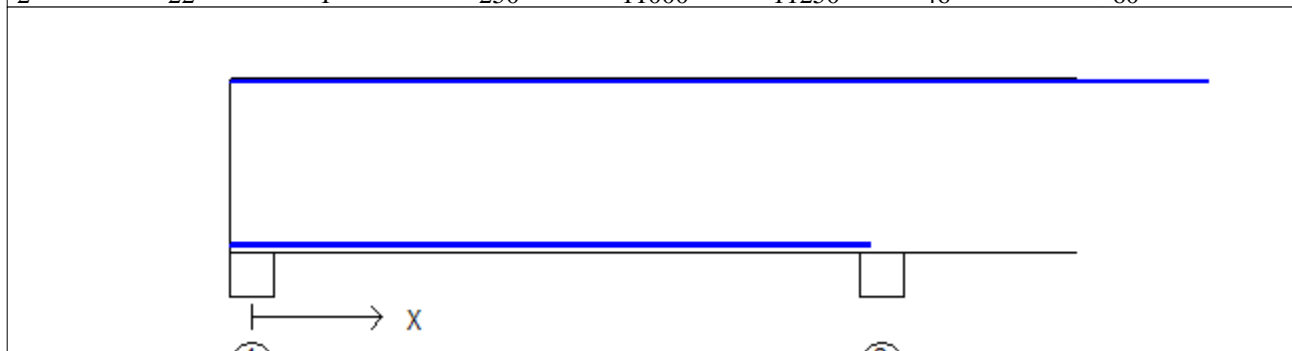
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 5 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-250	11000	11250	46	60



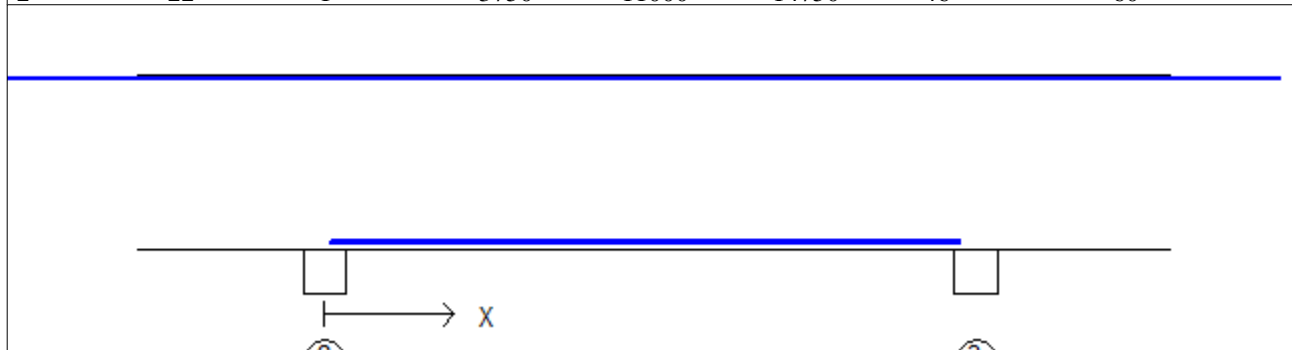
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	-250	7100	7350	78	92
2	22	1	-250	7100	7350	46	60

Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	46	60

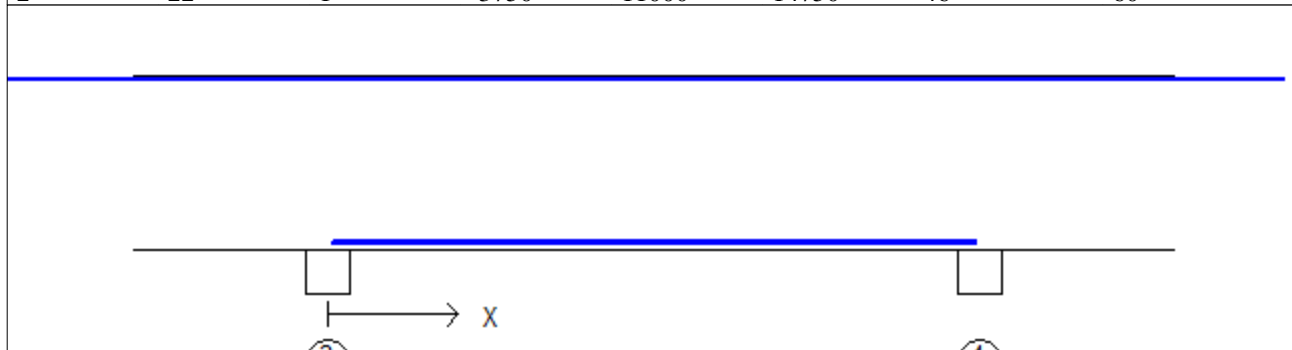


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7300	7250	78	92
2	22	1	50	7300	7250	46	60

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	46	60

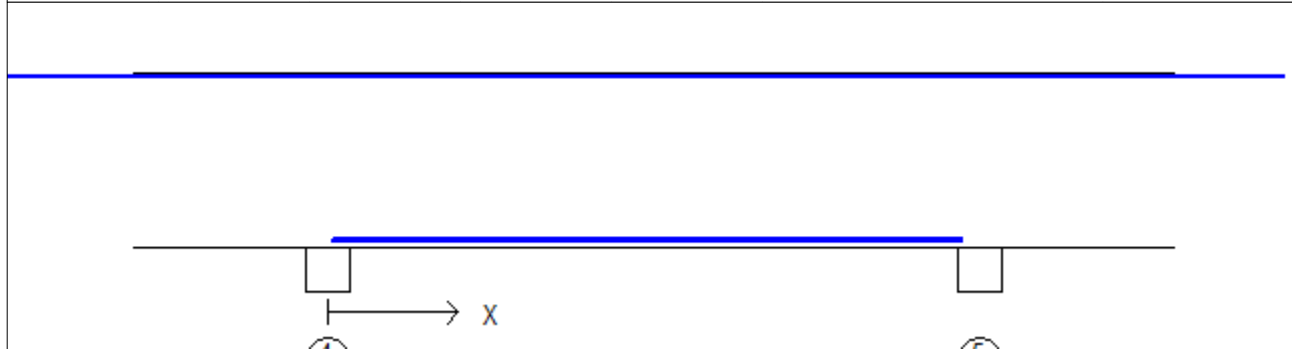


Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7450	7400	78	92
2	22	1	50	7450	7400	46	60

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	46	60



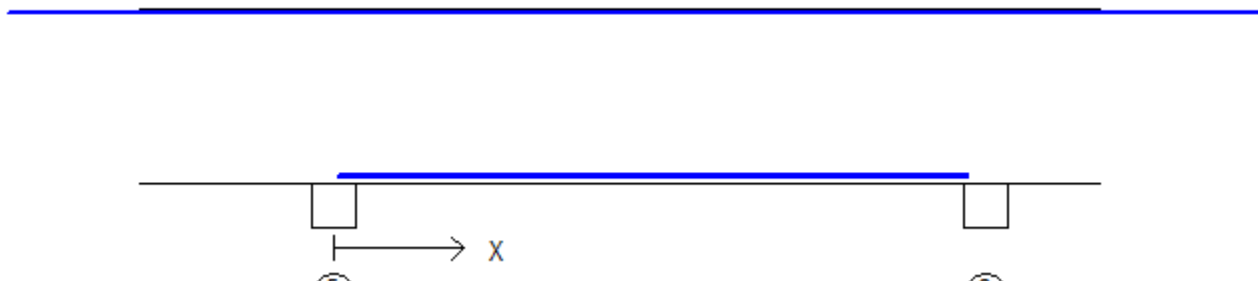
Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7300	7250	78	92
2	22	1	50	7300	7250	46	60

Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	46	60

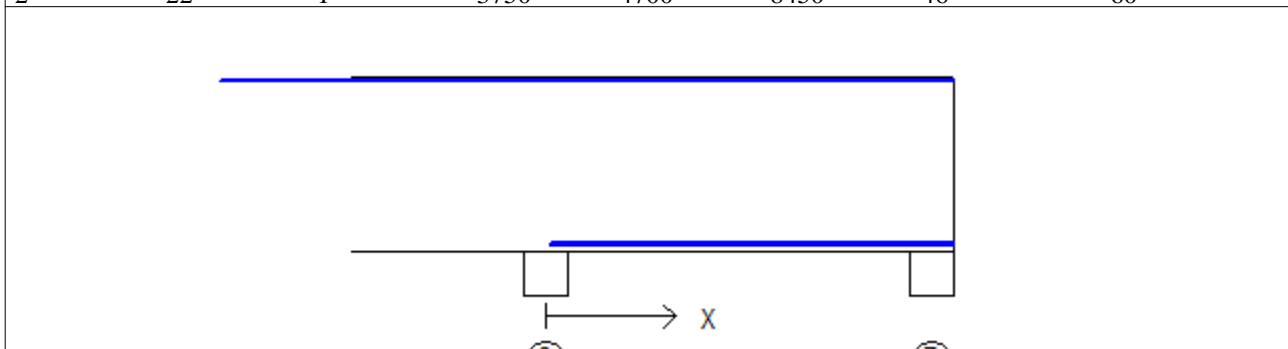


Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

1	22	2	50	7300	7250	78	92
2	22	1	50	7300	7250	46	60

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	4700	8450	46	60



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

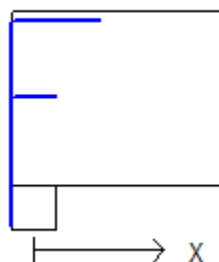
1	22	2	50	4700	4650	78	92
2	22	1	50	4700	4650	46	60

Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

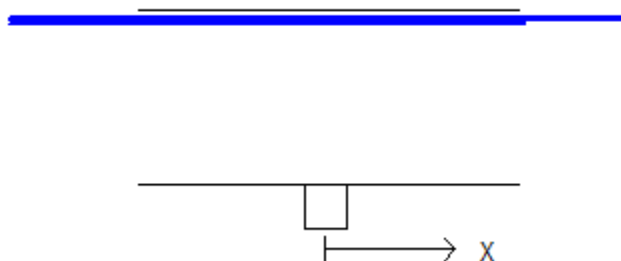
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

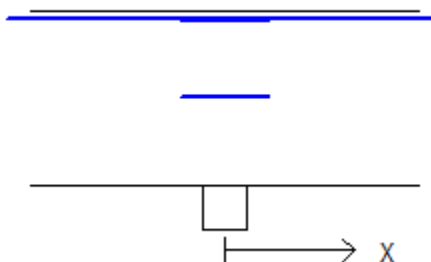
Støttearmering over opplegg nr: 1			<i>Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)</i>			
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-250	750	114	1
2	22	5	-250	250	986	1



Støttearmering over opplegg nr: 2			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-3650	3500	7150	78
2	22	3	-3650	3500	7150	114
1	22	4	-3650	2300	5950	146



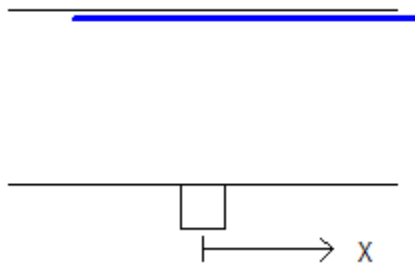
Støttearmering over opplegg nr: 3			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	3	-500	500	1000	114
2	22	5	-500	500	1000	986
2	22	2	-2500	2500	5000	78



Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

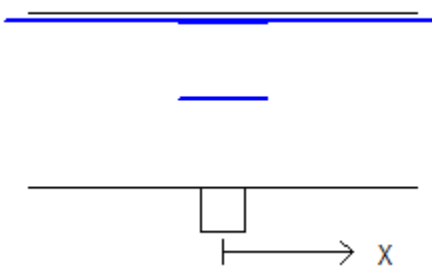
Støttearmering over opplegg nr: 4

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-1500	2500	4000	78
2	22	3	-1500	2500	4000	114



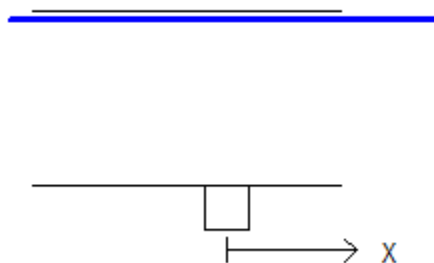
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	78
2	22	3	-500	500	1000	114
2	22	5	-500	500	1000	986



Støttearmering over opplegg nr: 6

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	78
2	22	3	-2500	2500	5000	114

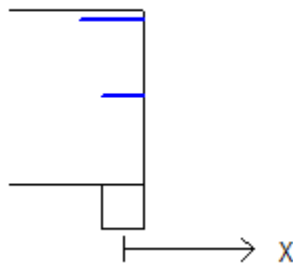


Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-500	250	114	0
2	22	5	-250	250	986	0



3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $39 \times D$ Forankringslengde i overkant: $56 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyer) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

1bøyer d 13, L=1070 avstand til kant: 70 mm

Opplegg nr 7

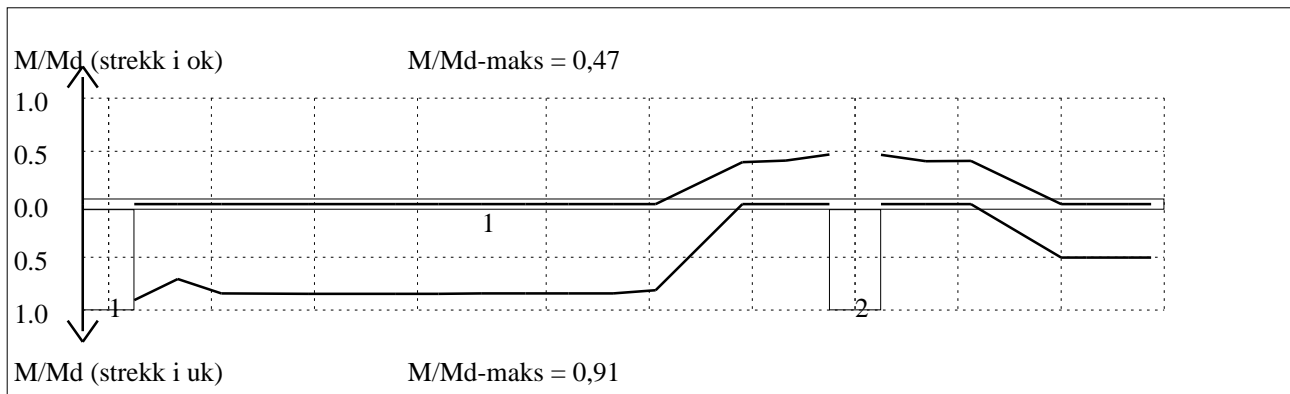
Det trengs ikke forankringsbøyer.

3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

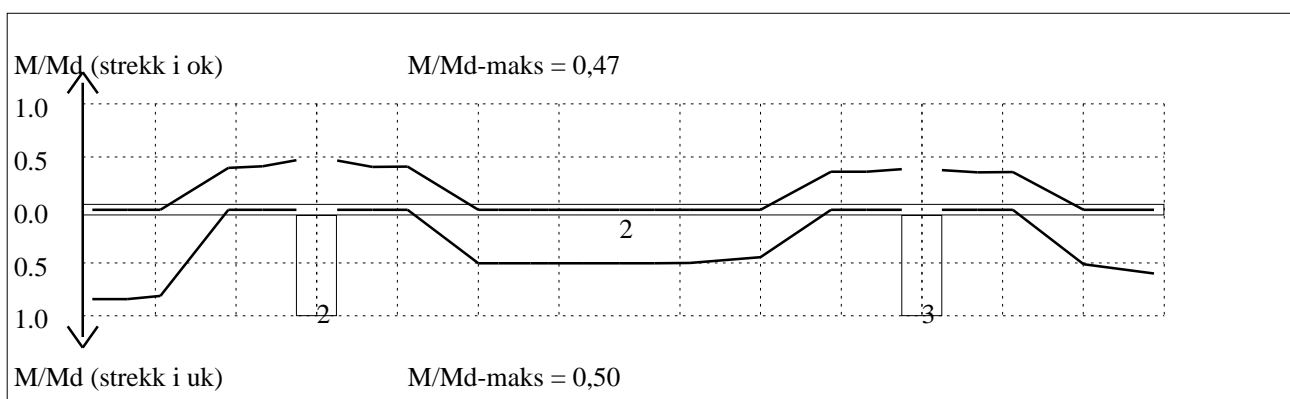
Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	760	760	504	504
2	760	760	504	504
3	760	760	504	504
4	760	760	504	504
5	760	760	504	504
6	760	760	504	504

Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

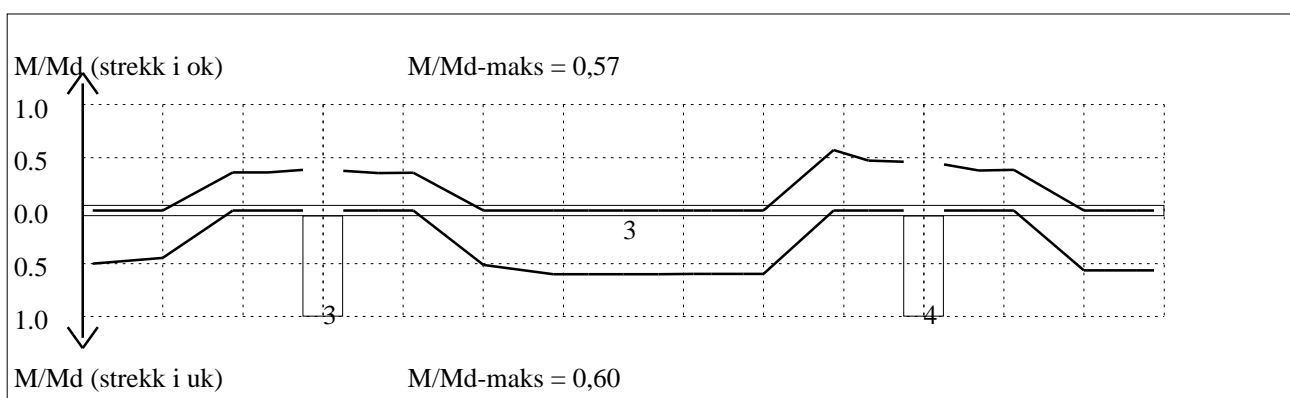
4.1 MOMENTKONTROLL



Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

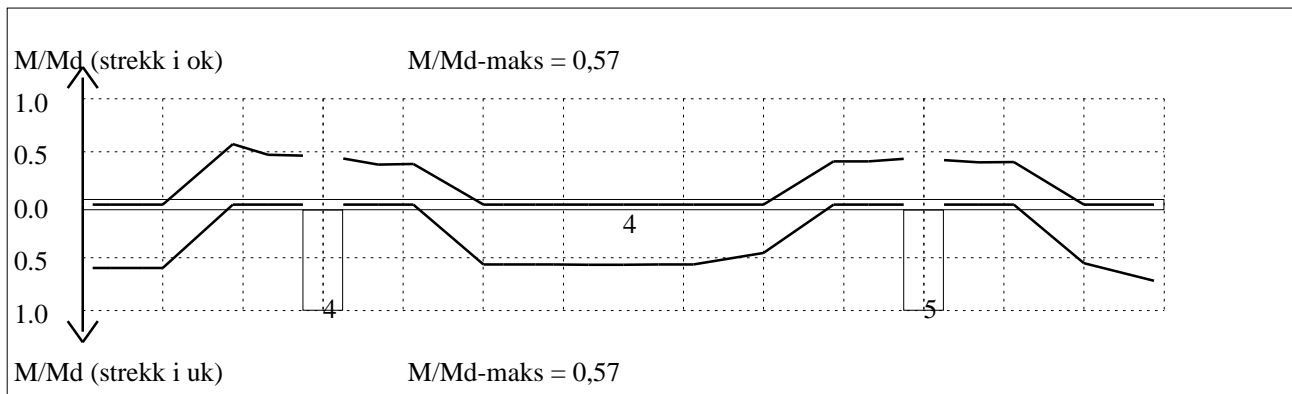


Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

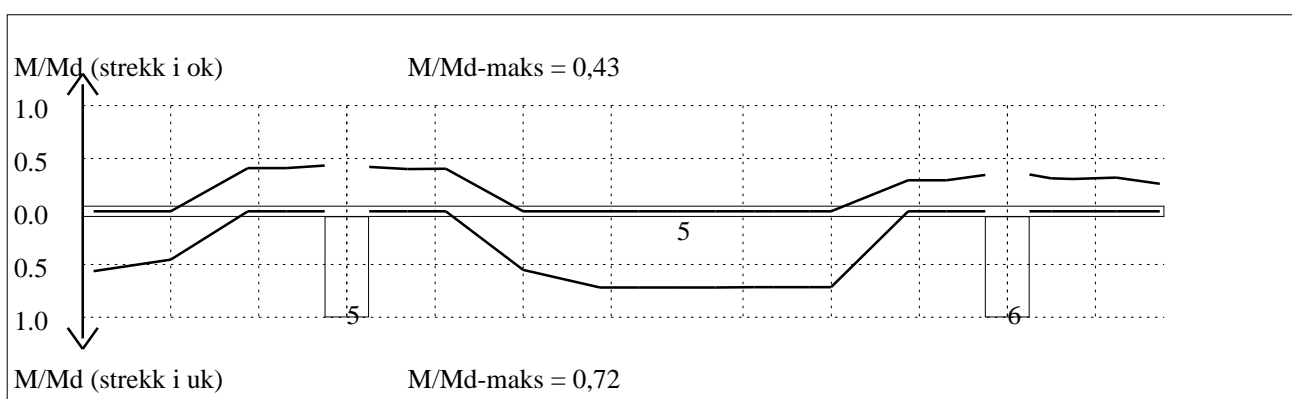


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

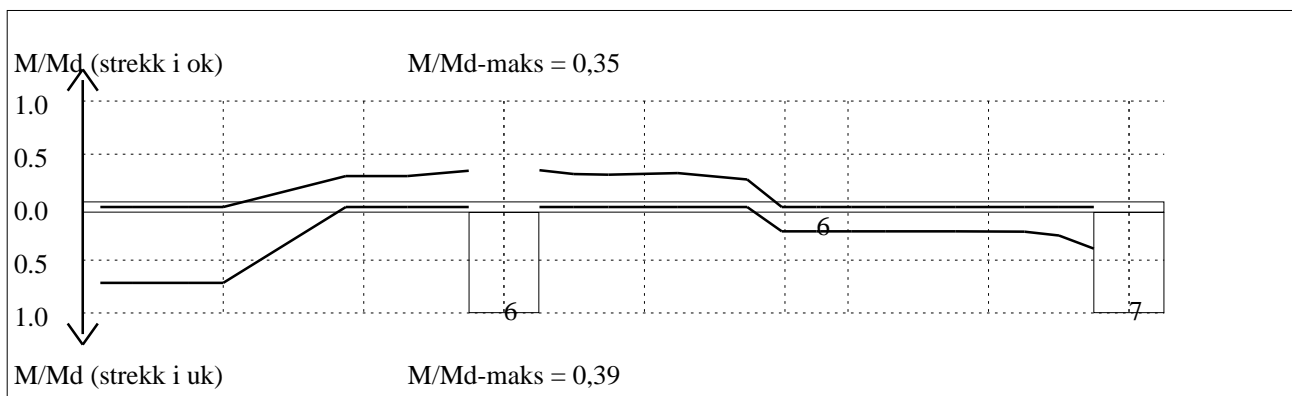
Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

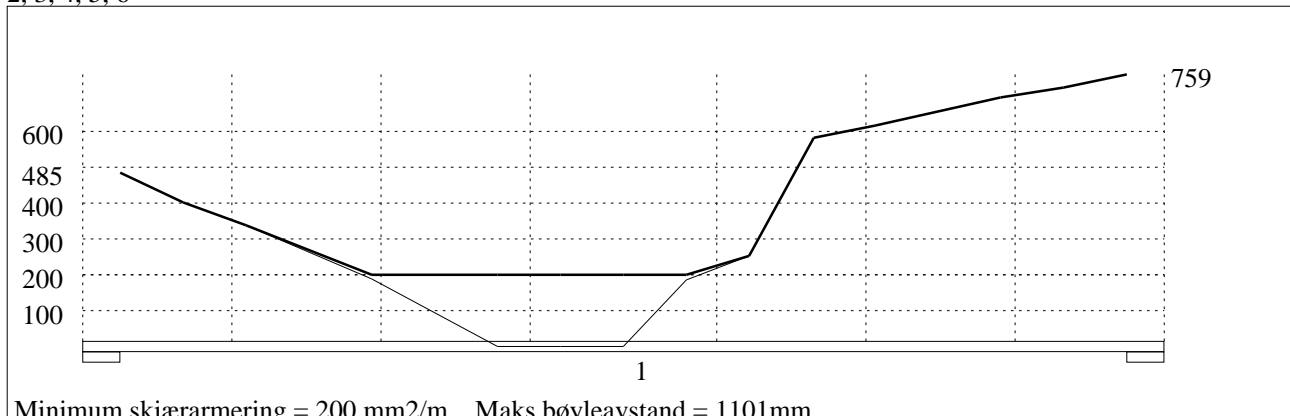


Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

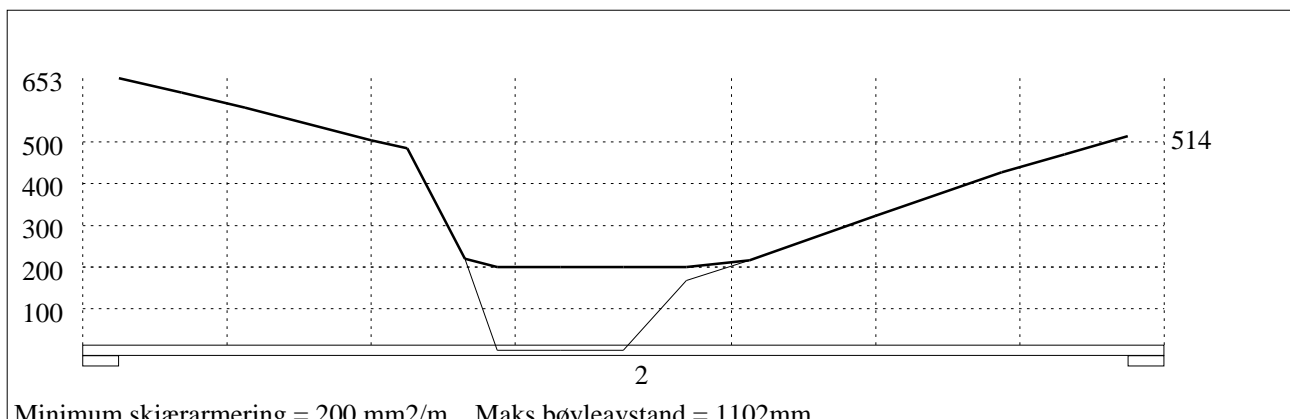
Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

4.2 SKJÆRARMERING

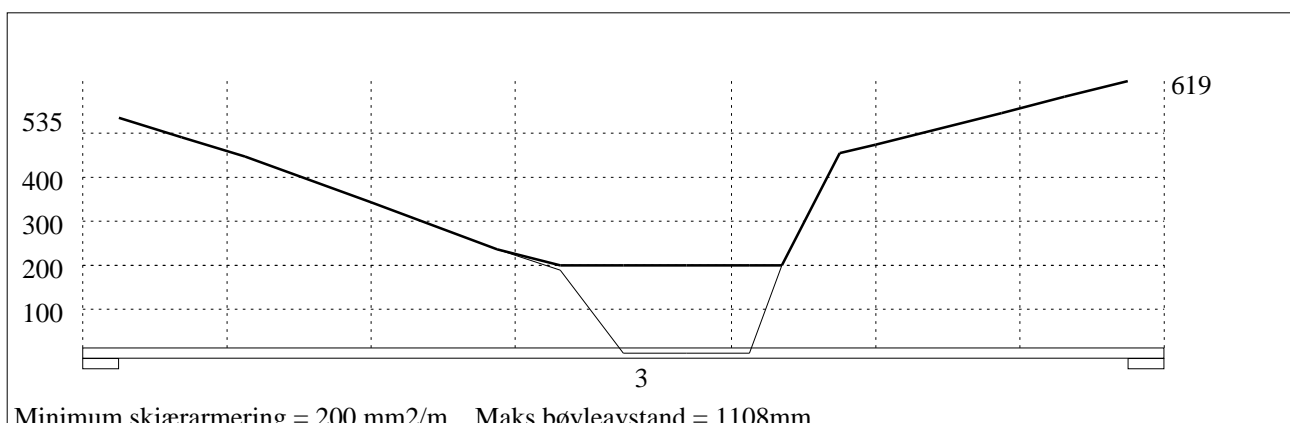
Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3, 4, 5, 6



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

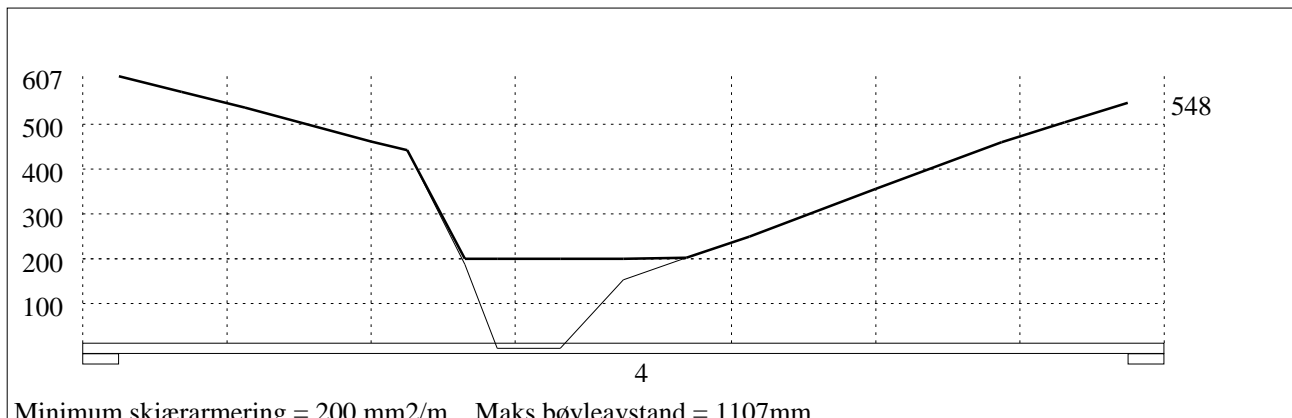


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

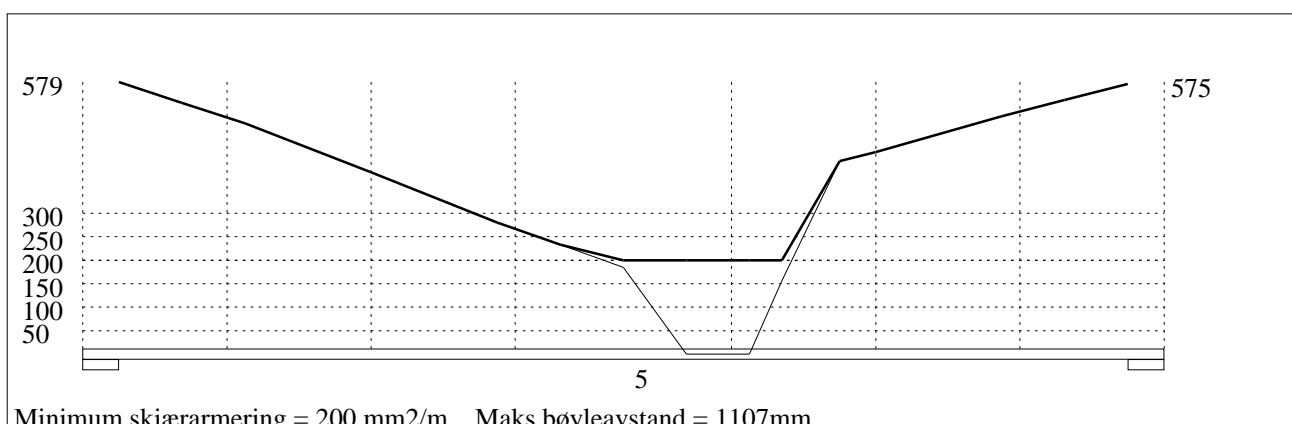


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

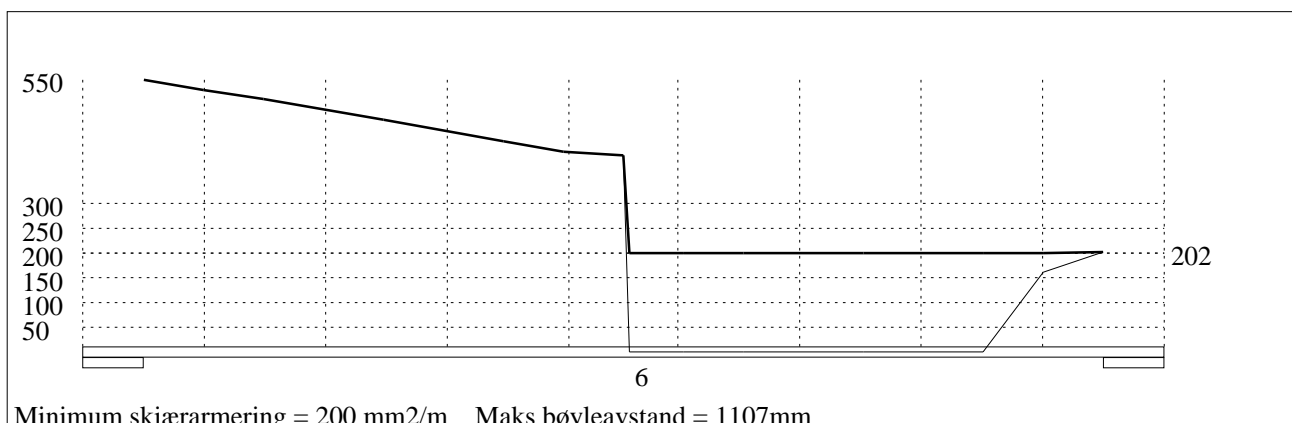
Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



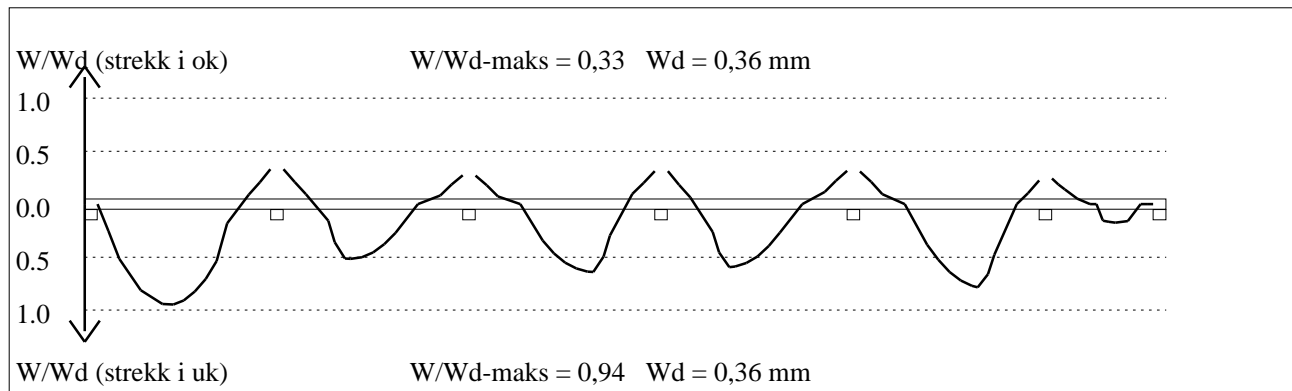
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 0.5 m

Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	4	5	5	5
2	1	2	2	2
3	2	3	3	3
4	2	2	2	2
5	2	3	3	3
6	0	0	0	0

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
					Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-385	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1203	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1380	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1124	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1433	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-947	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-190	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A48 - Bj.C.308. Nyttelast i begge felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

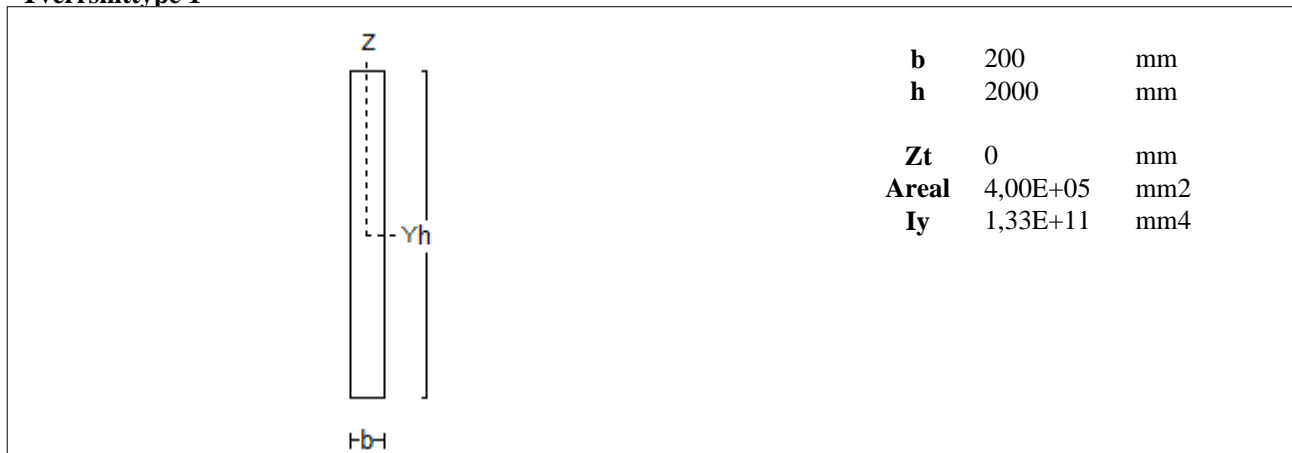
5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
					Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-385	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1203	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1380	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1124	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1433	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-947	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-190	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

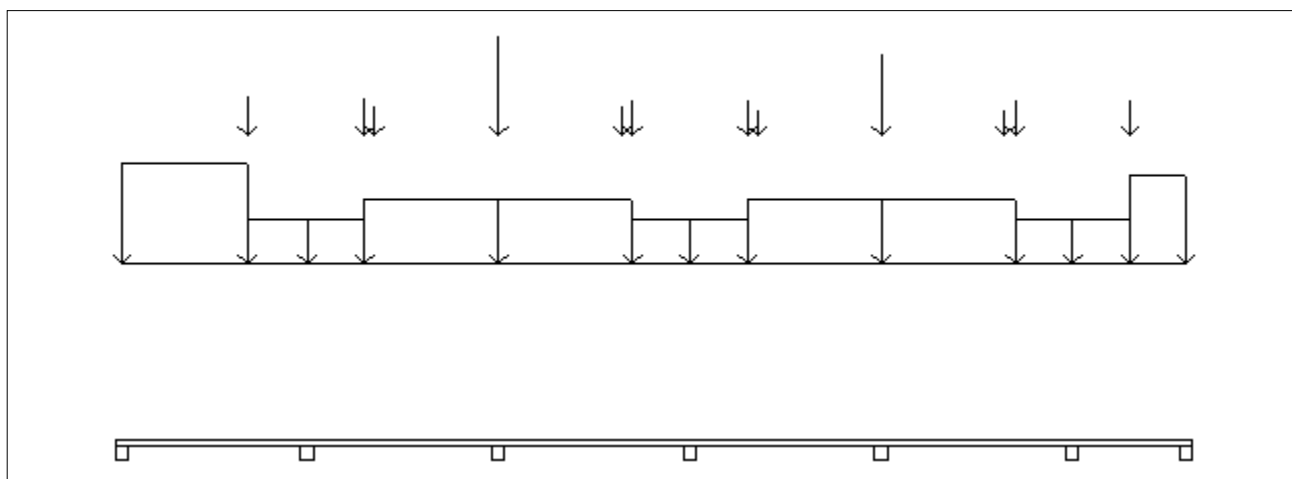
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Variabel last	1,00	1,00	1,00	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Pålitelighetsklasse: 3				PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
				PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger

PSI-Faktor Nyttelastkategorier i bygninger
Krav maks.nedbøyning Konsekvenser

Bjelkens romvekt: 2500 kg/m³

Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	10,00	0,00	0,00
2	10,00	0,00	0,00
3	10,00	0,00	0,00
4	10,00	0,00	0,00
5	10,00	0,00	0,00
6	10,00	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
232,40	0,00	4900	1
222,98	0,00	2250	2
178,80	0,00	2650	2
579,60	0,00	0	3
178,80	0,00	4850	3
213,57	0,00	5250	3
213,57	0,00	2250	4
148,50	0,00	2650	4
478,70	0,00	0	5
148,50	0,00	4850	5
213,57	0,00	5250	5
213,58	0,00	2250	6

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
116,20	116,20	0,00	0,00	0	4900	1
51,56	51,56	0,00	0,00	4900	7250	1
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	2
74,34	74,34	0,00	0,00	2250	7500	2
74,34	74,34	0,00	0,00	0	5250	3
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	3
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	4
74,34	74,34	0,00	0,00	2250	7500	4
74,34	74,34	0,00	0,00	0	5250	5
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	5
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	6
102,01	102,01	0,00	0,00	2250	4450	6

Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

1.4 MATERIALDATA

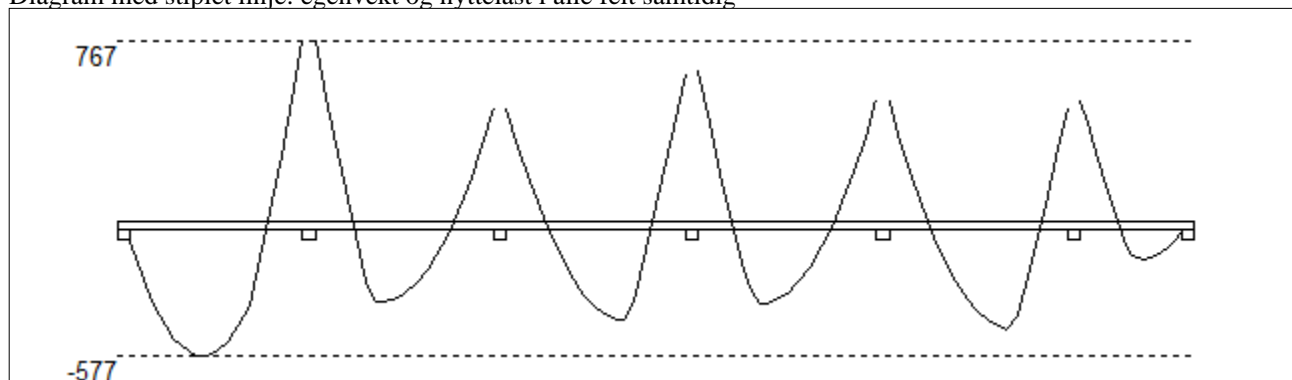
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	0	0
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	25	25
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	182			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,35
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00013
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	-577	-577	-577	-577
2	-343	-343	-343	-343
3	-419	-419	-419	-419
4	-355	-355	-355	-355
5	-461	-461	-461	-461
6	-164	-164	-164	-164

M_g: permanent last M_p: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

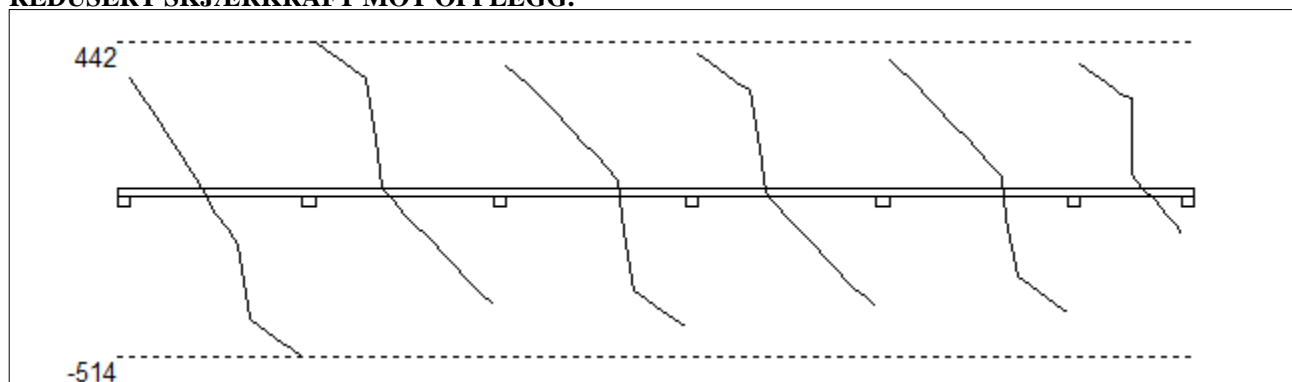
Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	0	0	0	0
2	767	767	767	767
3	480	480	480	480
4	638	638	638	638
5	514	514	514	514
6	508	508	508	508
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			351	333
2	-598	-514	575	442
3	-372	-353	388	369
4	-550	-420	525	402
5	-382	-363	404	385
6	-504	-380	392	371
7	-167	-143		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

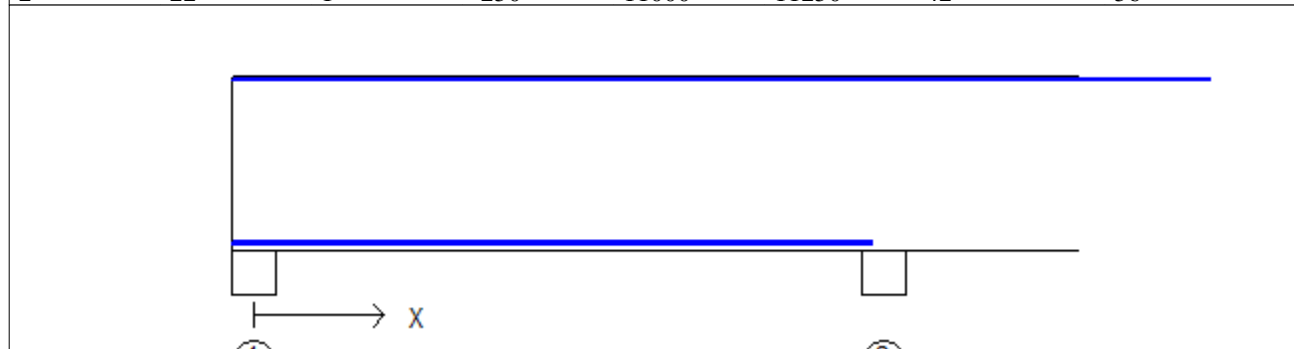
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: ikke angitt.

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-250	11000	11250	42	56



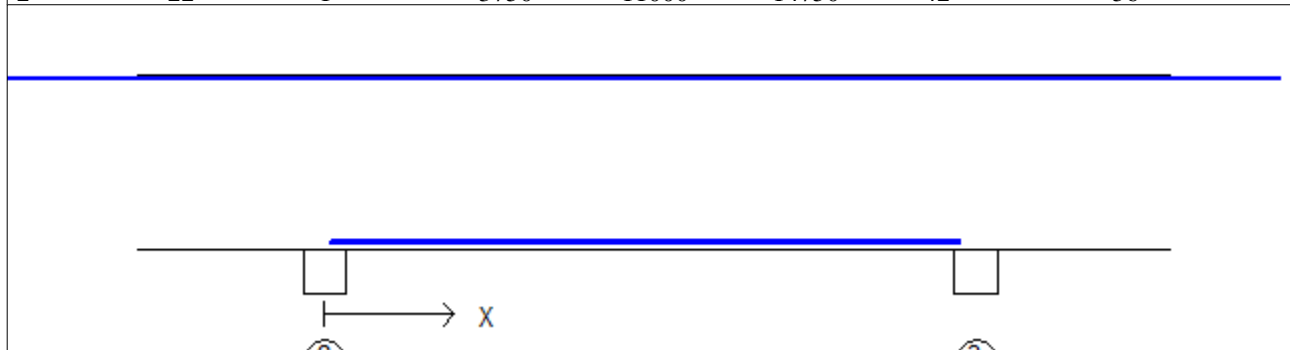
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	-250	7100	7350	74	88
2	22	1	-250	7100	7350	42	56

Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

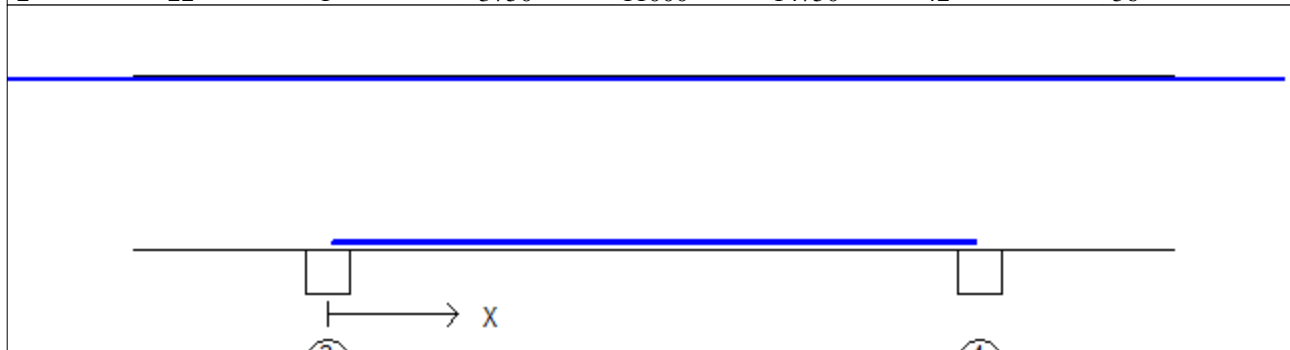
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	42	56


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7300	7250	74	88
2	22	1	50	7300	7250	42	56

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

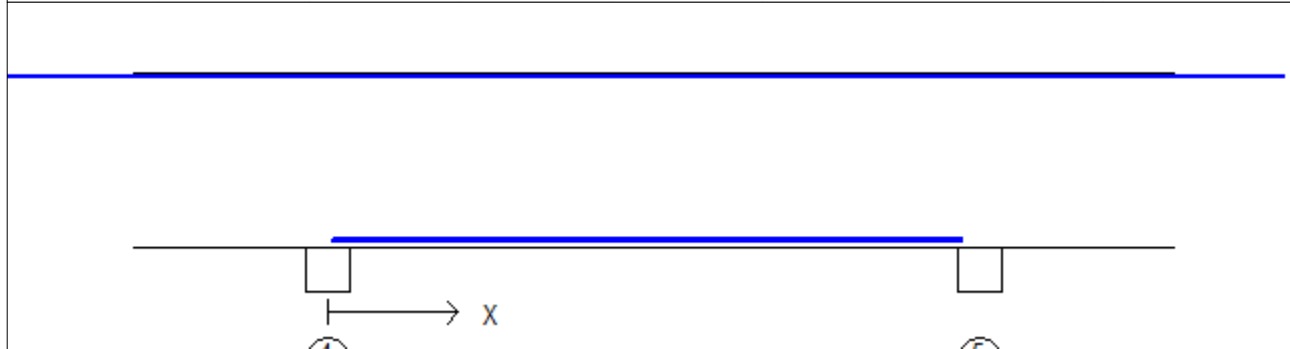
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	42	56


Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7450	7400	74	88
2	22	1	50	7450	7400	42	56

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	42	56

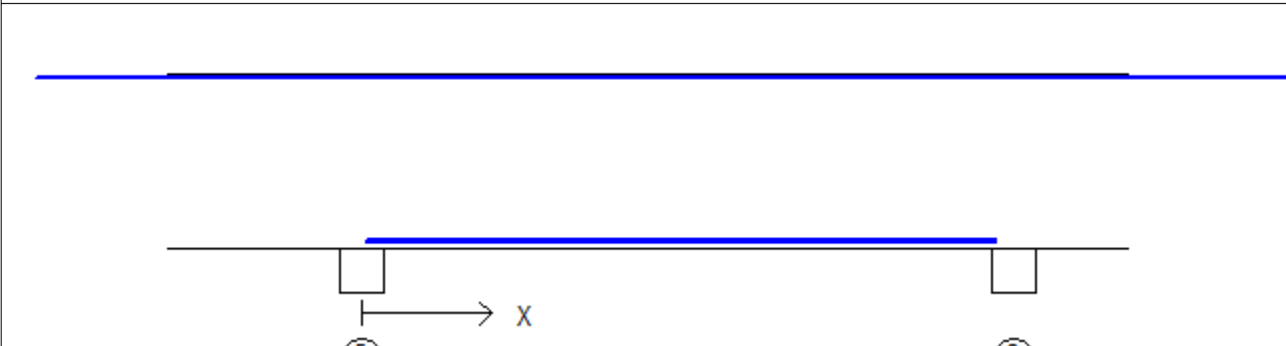

Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7300	7250	74	88
2	22	1	50	7300	7250	42	56

Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	42	56

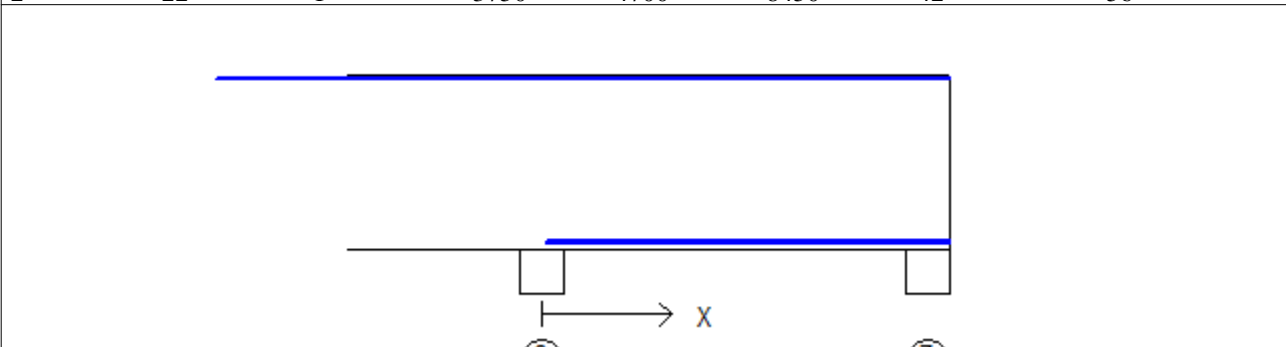


Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

1	22	2	50	7300	7250	74	88
2	22	1	50	7300	7250	42	56

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	4700	8450	42	56



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

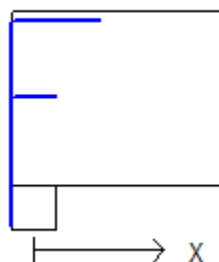
1	22	2	50	4700	4650	74	88
2	22	1	50	4700	4650	42	56

Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

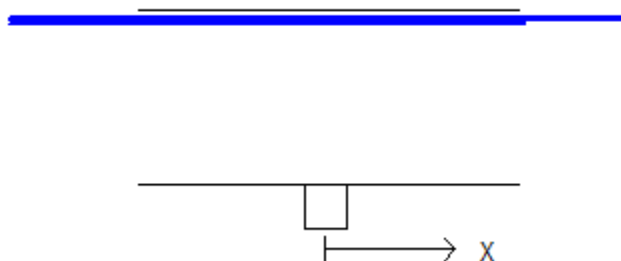
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

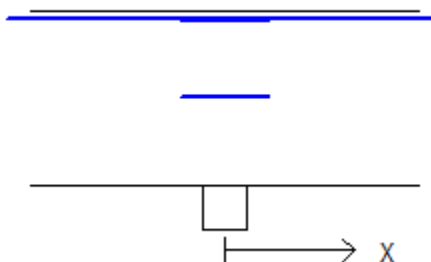
Støttearmering over opplegg nr: 1			Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)			
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-250	750	114	1
2	22	5	-250	250	986	1



Støttearmering over opplegg nr: 2			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
Antall	Ø (mm)	Lag				
2	22	2	-3650	3500	7150	74
2	22	3	-3650	3500	7150	114
1	22	4	-3650	2300	5950	146



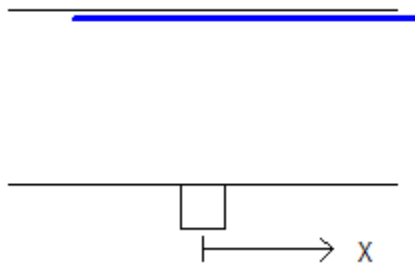
Støttearmering over opplegg nr: 3			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
Antall	Ø (mm)	Lag				
2	22	3	-500	500	1000	114
2	22	5	-500	500	1000	986
2	22	2	-2500	2500	5000	74



Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

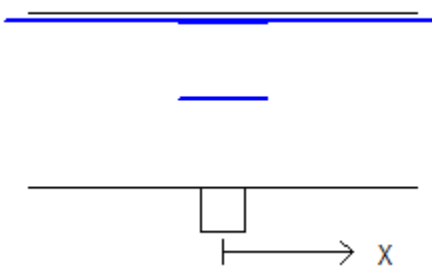
Støttearmering over opplegg nr: 4

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-1500	2500	4000	74
2	22	3	-1500	2500	4000	114



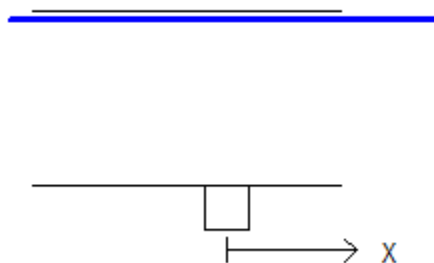
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	74
2	22	3	-500	500	1000	114
2	22	5	-500	500	1000	986



Støttearmering over opplegg nr: 6

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	74
2	22	3	-2500	2500	5000	114

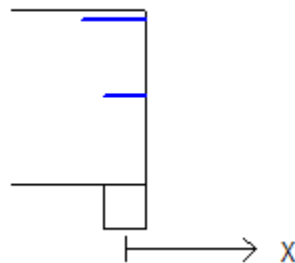


Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-500	250	114	0
2	22	5	-250	250	986	0



3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $41 \times D$ Forankringslengde i overkant: $58 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

1bøyler d 13, L=1070 avstand til kant: 70 mm

Opplegg nr 7

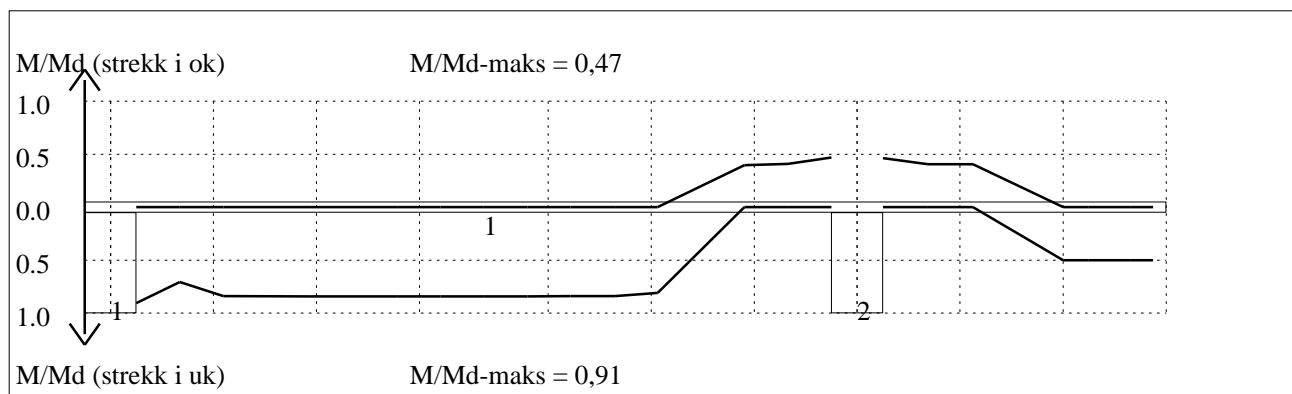
Det trengs ikke forankringsbøyler.

3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

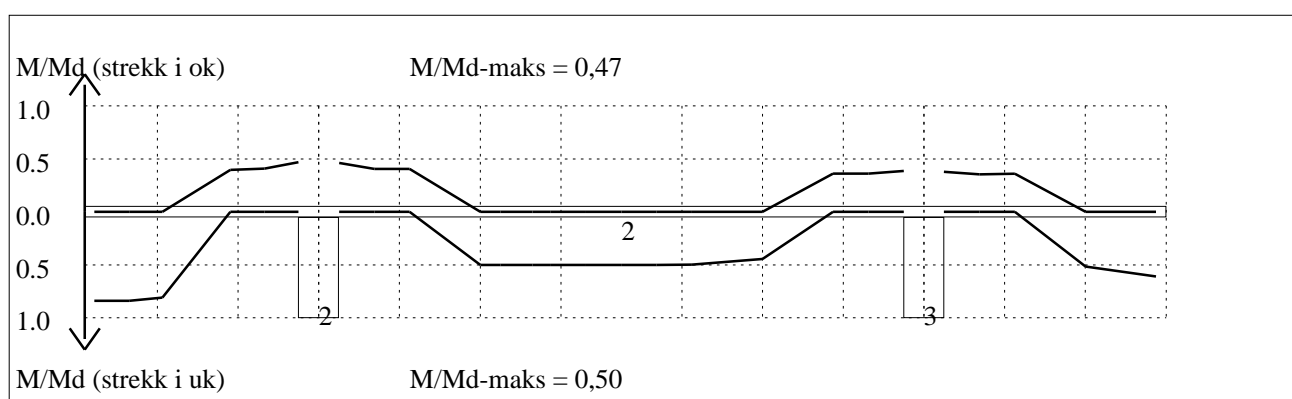
Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	760	760	505	505
2	760	760	505	505
3	760	760	505	505
4	760	760	505	505
5	760	760	505	505
6	760	760	505	505

Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

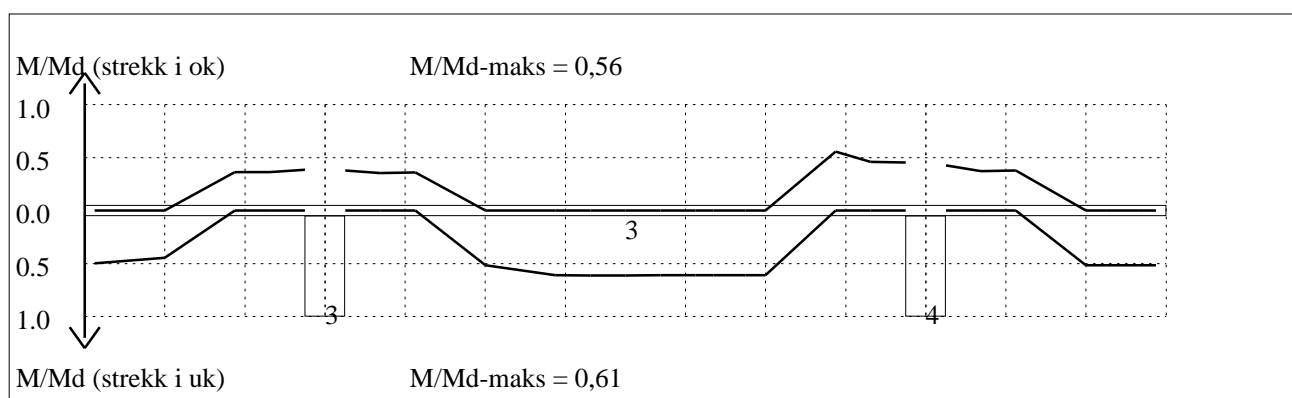
4.1 MOMENTKONTROLL



Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

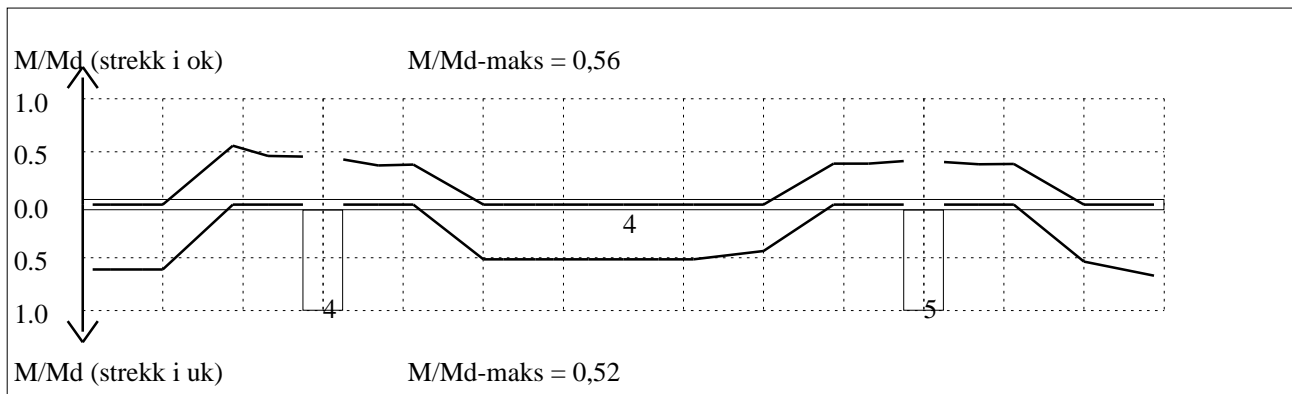


Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

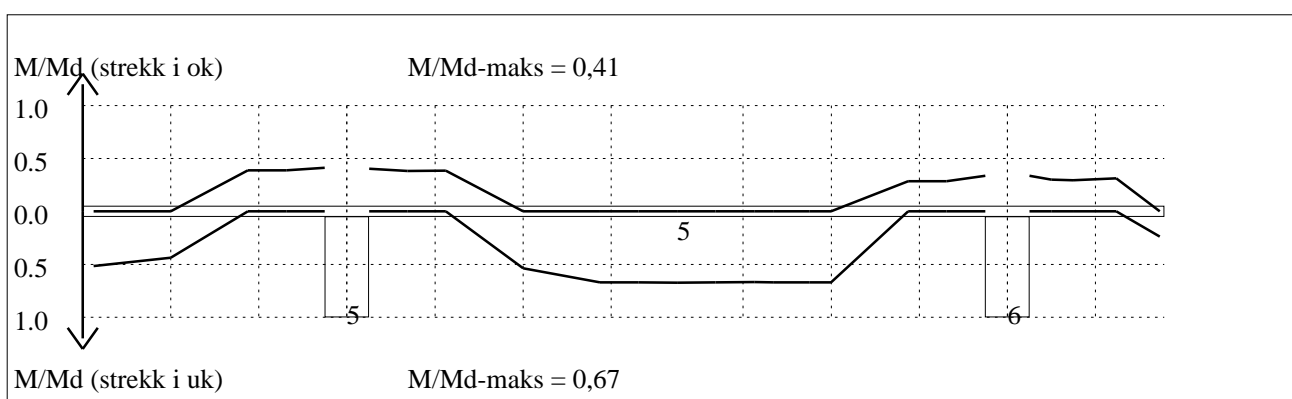


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

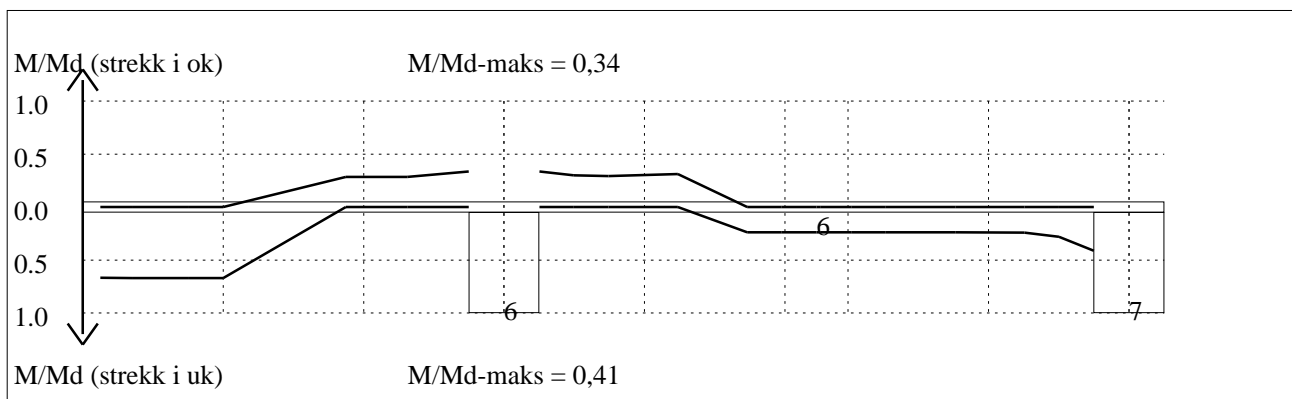
Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

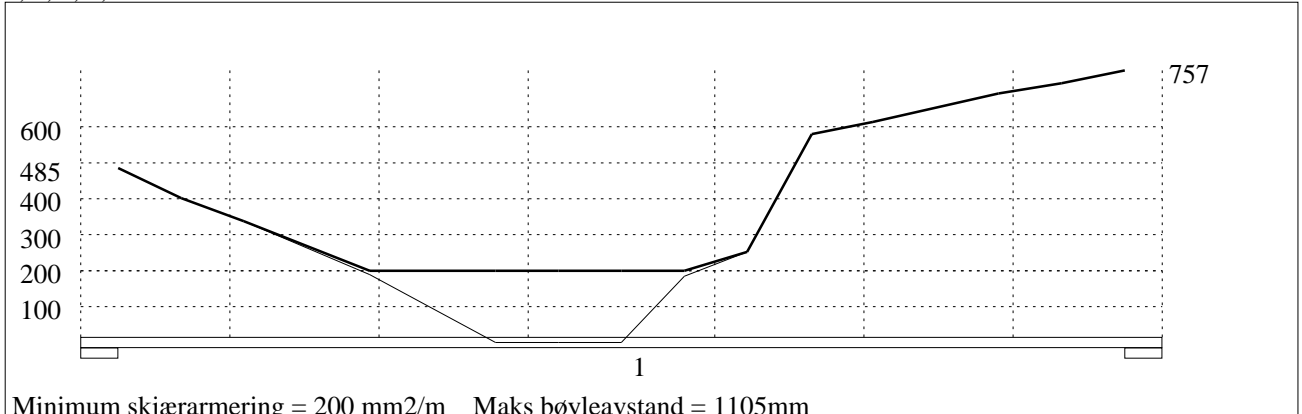


Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

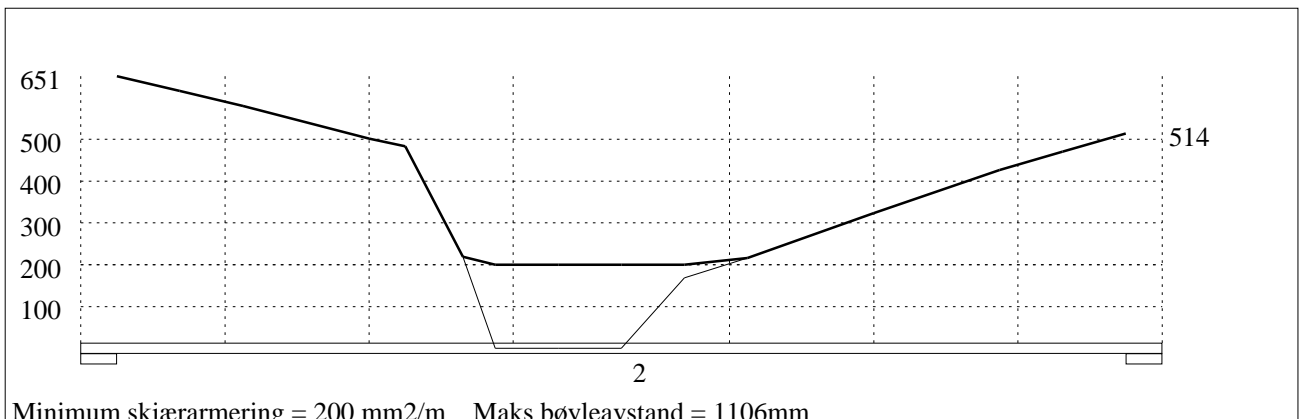
Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

4.2 SKJÆRARMERING

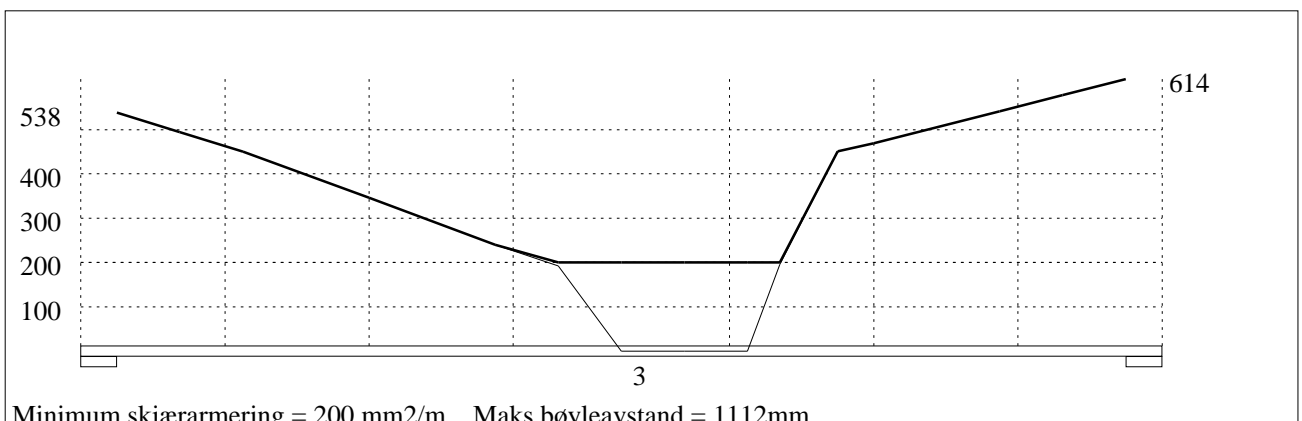
Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3, 4, 5, 6



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

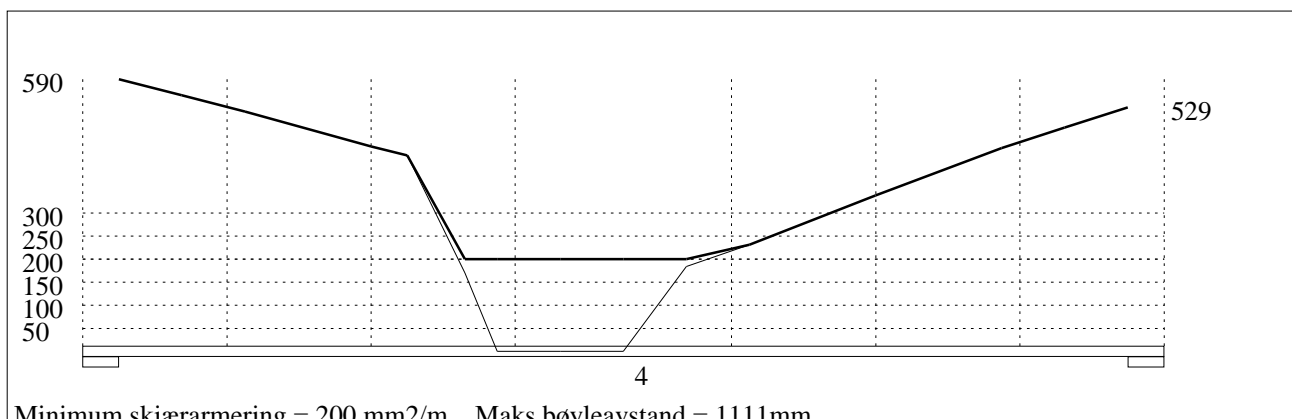


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



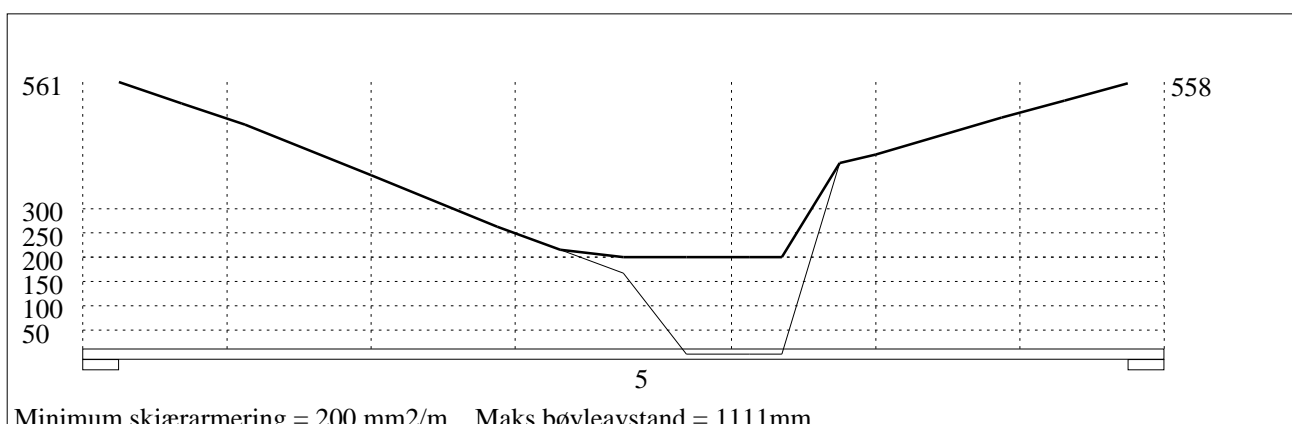
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



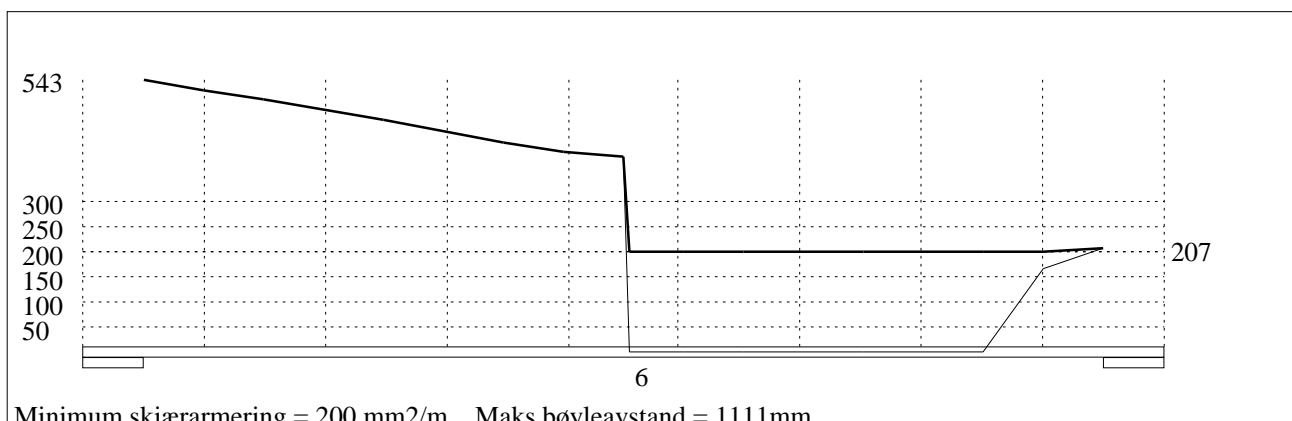
Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1111mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1111mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

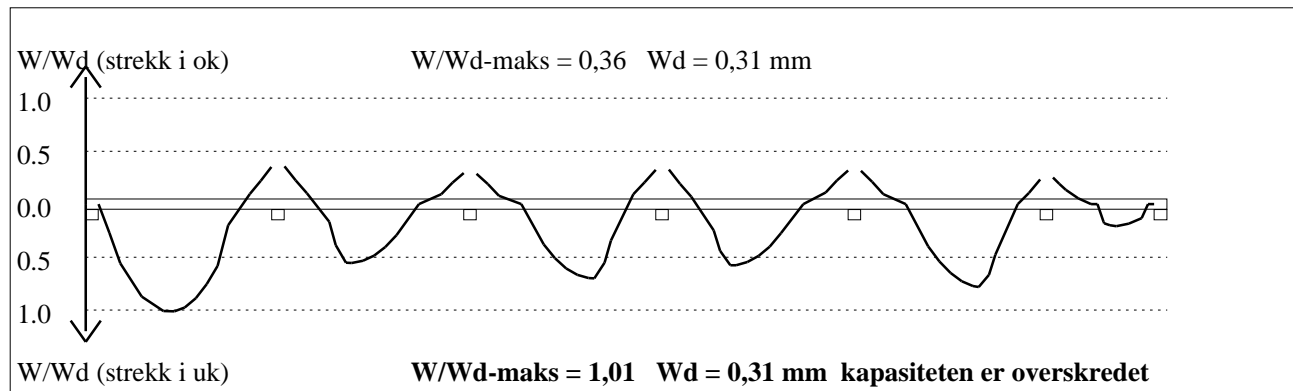


Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1111mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 0.5 m

Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	4	5	5	5
2	1	2	2	2
3	2	3	3	3
4	1	2	2	2
5	2	3	3	3
6	0	0	0	0

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-385	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1202	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1383	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1103	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1308	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-924	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-194	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A49 - Bj.C.308. Nyttelast i venstre felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

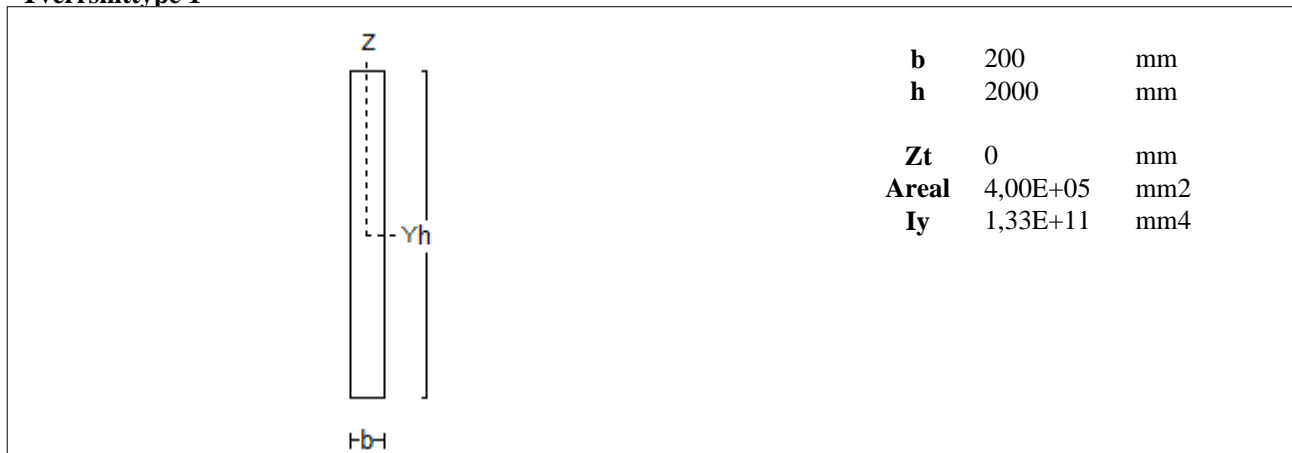
5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
					Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-385	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1202	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1383	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1103	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1308	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-924	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-194	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

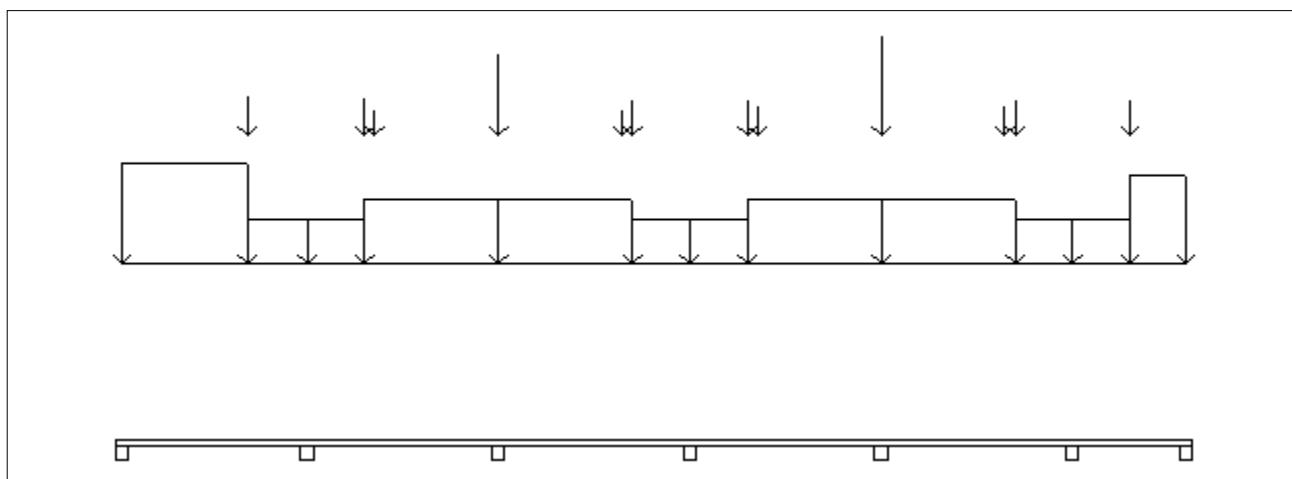
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLÉGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søylar på bjelkens underside				Søylar på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense	PSI-Faktor	Nyttelastkategorier i bygninger
Permanent last	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning	Konsekvenser
Variabel last	1,00	1,00	1,00		
Pålitelighetsklasse: 3					Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³

Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	10,00	0,00	0,00
2	10,00	0,00	0,00
3	10,00	0,00	0,00
4	10,00	0,00	0,00
5	10,00	0,00	0,00
6	10,00	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
232,40	0,00	4900	1
222,98	0,00	2250	2
148,50	0,00	2650	2
478,70	0,00	0	3
148,50	0,00	4850	3
213,57	0,00	5250	3
213,57	0,00	2250	4
178,80	0,00	2650	4
579,60	0,00	0	5
178,80	0,00	4850	5
213,57	0,00	5250	5
213,58	0,00	2250	6

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
116,20	116,20	0,00	0,00	0	4900	1
51,56	51,56	0,00	0,00	4900	7250	1
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	2
74,34	74,34	0,00	0,00	2250	7500	2
74,34	74,34	0,00	0,00	0	5250	3
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	3
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	4
74,34	74,34	0,00	0,00	2250	7500	4
74,34	74,34	0,00	0,00	0	5250	5
51,56	51,56	0,00	0,00	5250	7500	5
51,56	51,56	0,00	0,00	0	2250	6
102,01	102,01	0,00	0,00	2250	4450	6

Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

1.4 MATERIALDATA

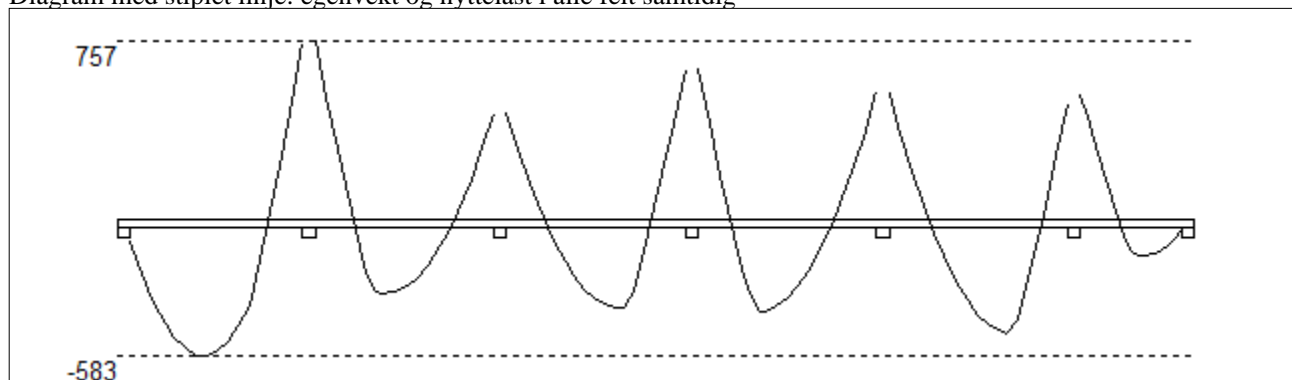
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	0	0
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	25	25
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	182			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,35
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00013
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm ($D = 22$ mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	-583	-583	-583	-583
2	-314	-314	-314	-314
3	-380	-380	-380	-380
4	-396	-396	-396	-396
5	-490	-490	-490	-490
6	-158	-158	-158	-158

M_g: permanent last M_p: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

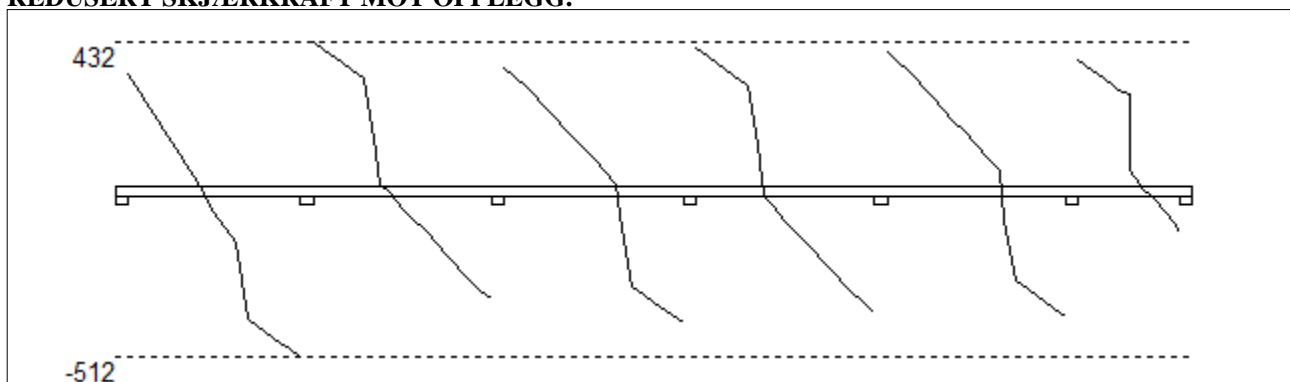
Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	M _g	M _g +M _p	M _g	M _g +M _p
1	0	0	0	0
2	757	757	757	757
3	452	452	452	452
4	636	636	636	636
5	541	541	541	541
6	524	524	524	524
7	0	0	0	0

Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			353	335
2	-597	-512	558	432
3	-359	-340	373	354
4	-534	-411	541	411
5	-397	-378	416	397
6	-521	-391	396	375
7	-163	-139		

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

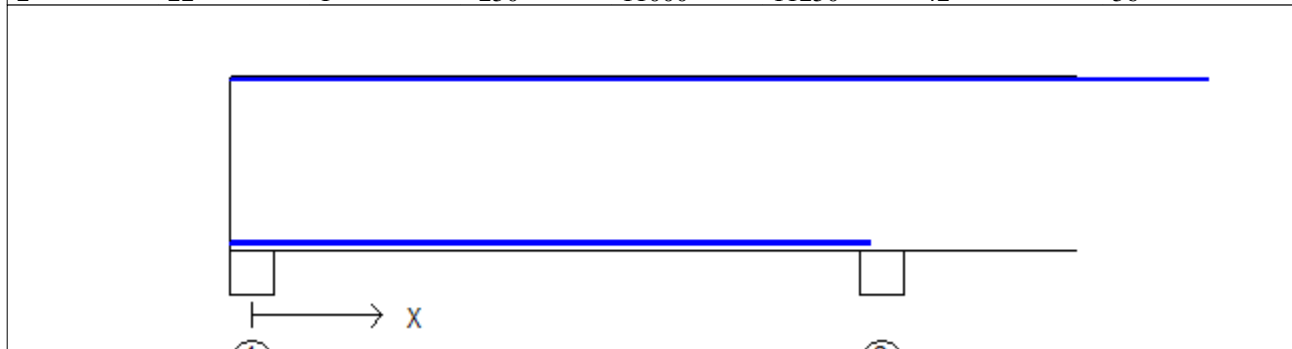
Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: ikke angitt.

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-250	11000	11250	42	56



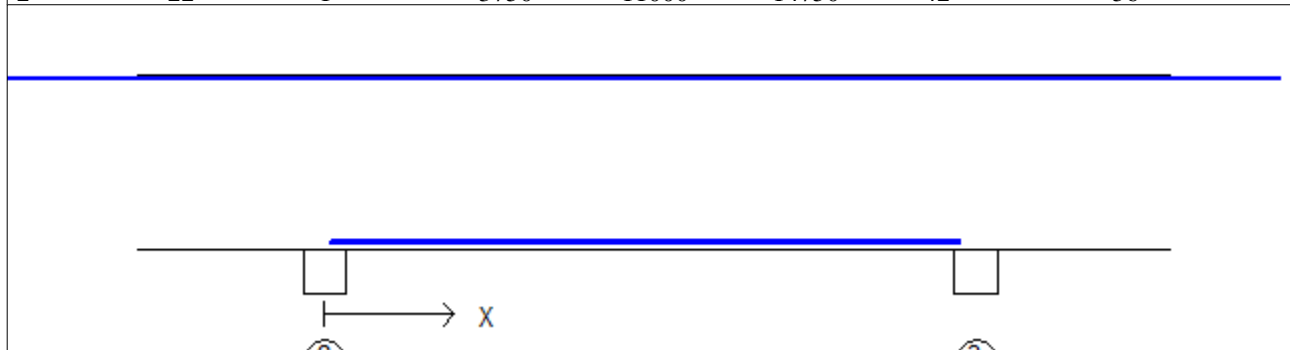
Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	-250	7100	7350	74	88
2	22	1	-250	7100	7350	42	56

Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	42	56

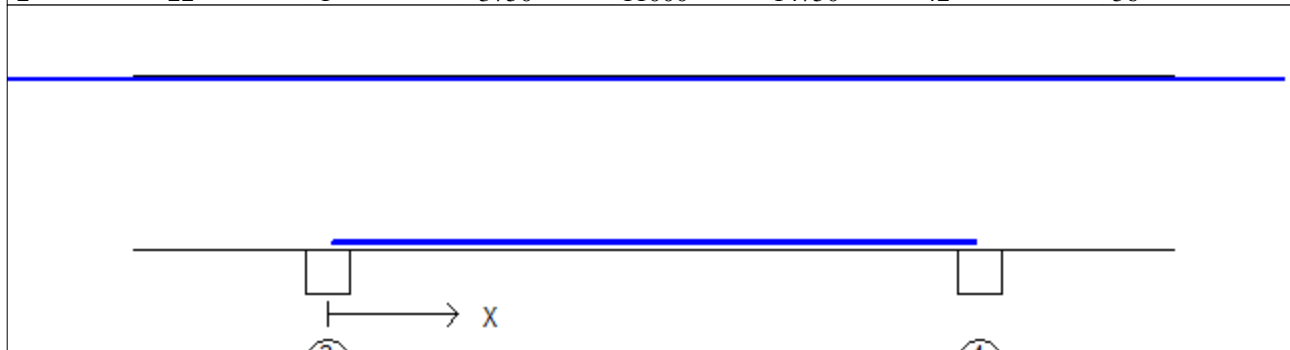


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7300	7250	74	88
2	22	1	50	7300	7250	42	56

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	42	56

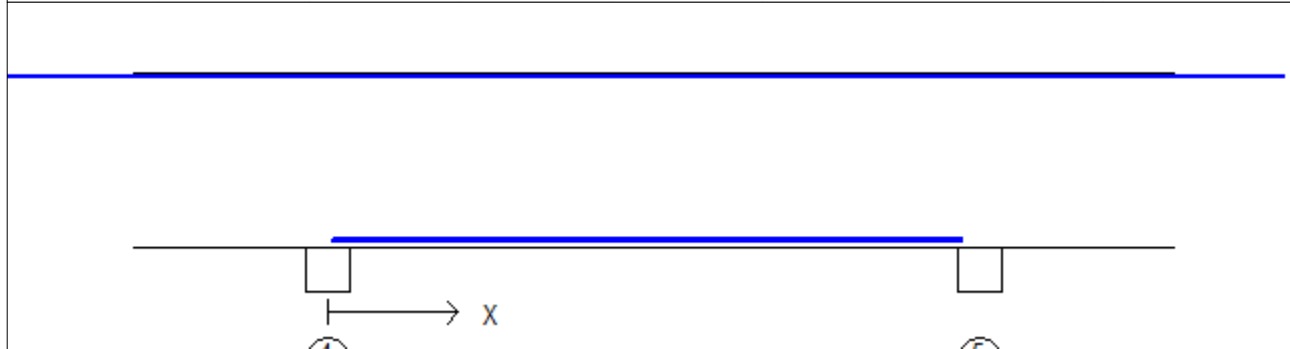


Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7450	7400	74	88
2	22	1	50	7450	7400	42	56

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	42	56



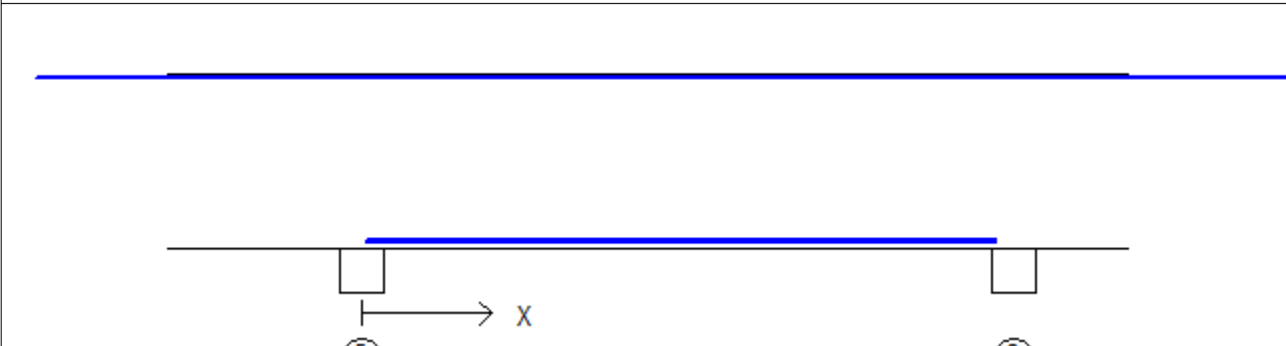
Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7300	7250	74	88
2	22	1	50	7300	7250	42	56

Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	11000	14750	42	56

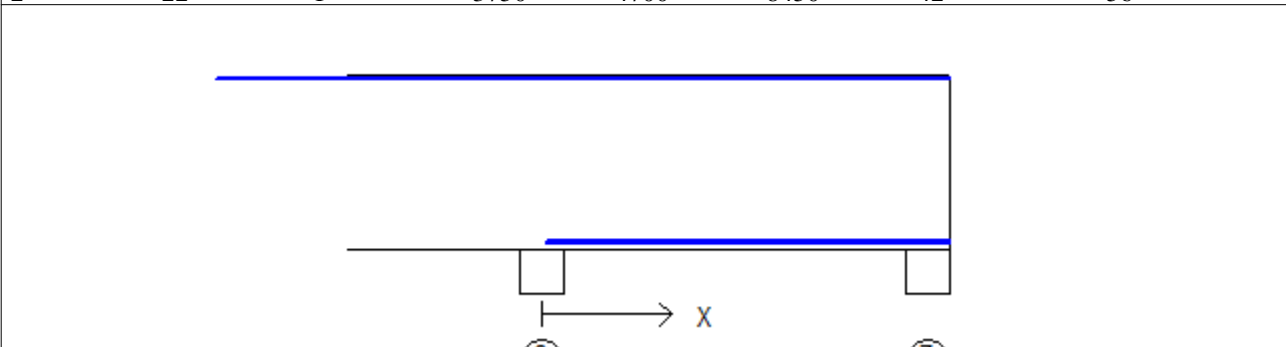


Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	7300	7250	74	88
2	22	1	50	7300	7250	42	56

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	22	1	-3750	4700	8450	42	56



Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

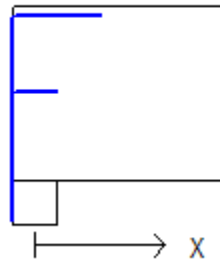
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
1	22	2	50	4700	4650	74	88
2	22	1	50	4700	4650	42	56

Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

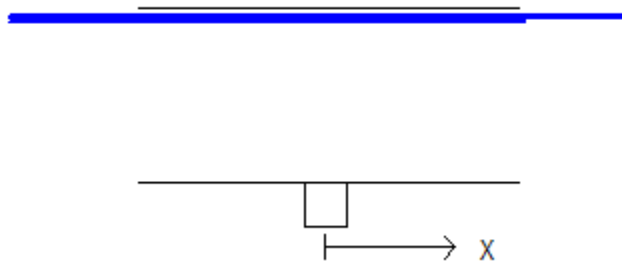
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

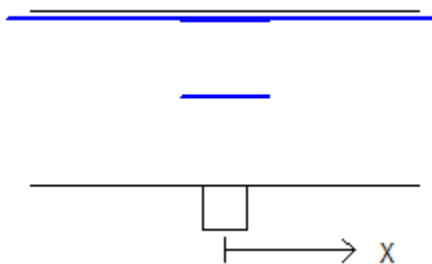
Støttearmering over opplegg nr: 1			Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)			
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-250	750	114	1
2	22	5	-250	250	986	1



Støttearmering over opplegg nr: 2			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
Antall	Ø (mm)	Lag				
2	22	2	-3650	3500	7150	74
2	22	3	-3650	3500	7150	114
1	22	4	-3650	2300	5950	146



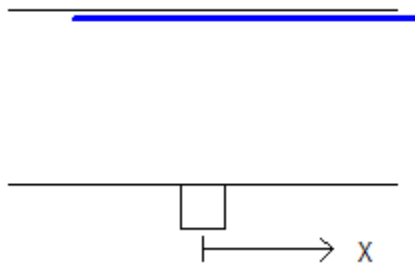
Støttearmering over opplegg nr: 3			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
Antall	Ø (mm)	Lag				
2	22	3	-500	500	1000	114
2	22	5	-500	500	1000	986
2	22	2	-2500	2500	5000	74



Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

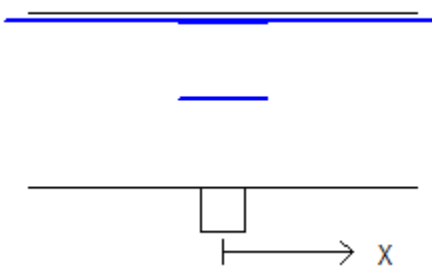
Støttearmering over opplegg nr: 4

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-1500	2500	4000	74
2	22	3	-1500	2500	4000	114



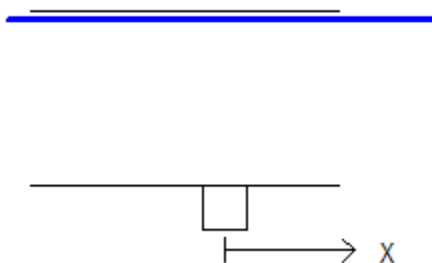
Støttearmering over opplegg nr: 5

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	74
2	22	3	-500	500	1000	114
2	22	5	-500	500	1000	986



Støttearmering over opplegg nr: 6

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
2	22	2	-2500	2500	5000	74
2	22	3	-2500	2500	5000	114

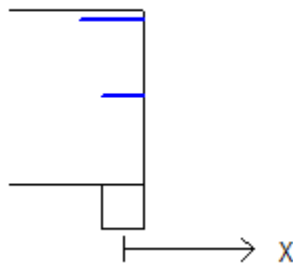


Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
2	22	3	-500	250	114	0
2	22	5	-250	250	986	0



3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $41 \times D$ Forankringslengde i overkant: $58 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyer) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

1bøyer d 13, L=1070 avstand til kant: 70 mm

Opplegg nr 7

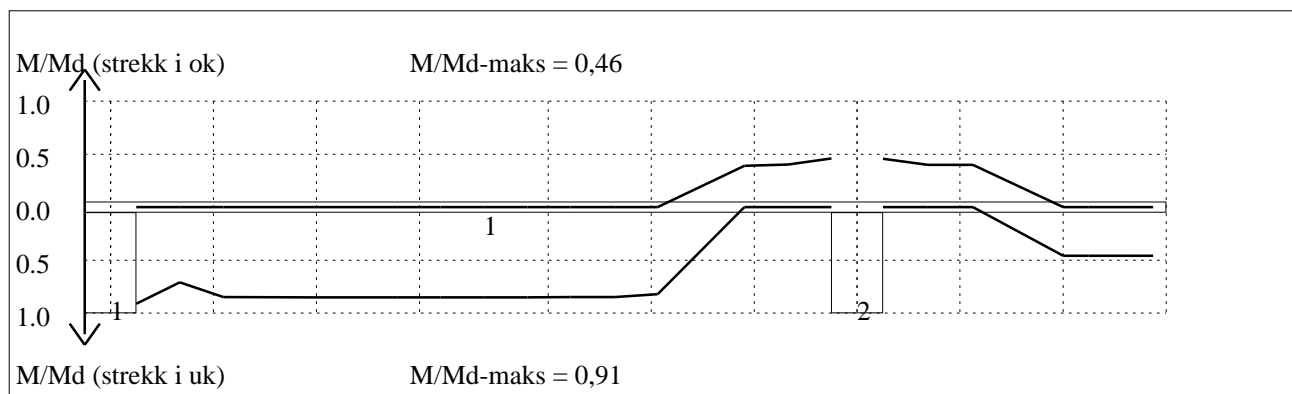
Det trengs ikke forankringsbøyer.

3.4 MINIMUMSARMERING (mm²) Det er regnet med minst 2 stenger inn over opplegg

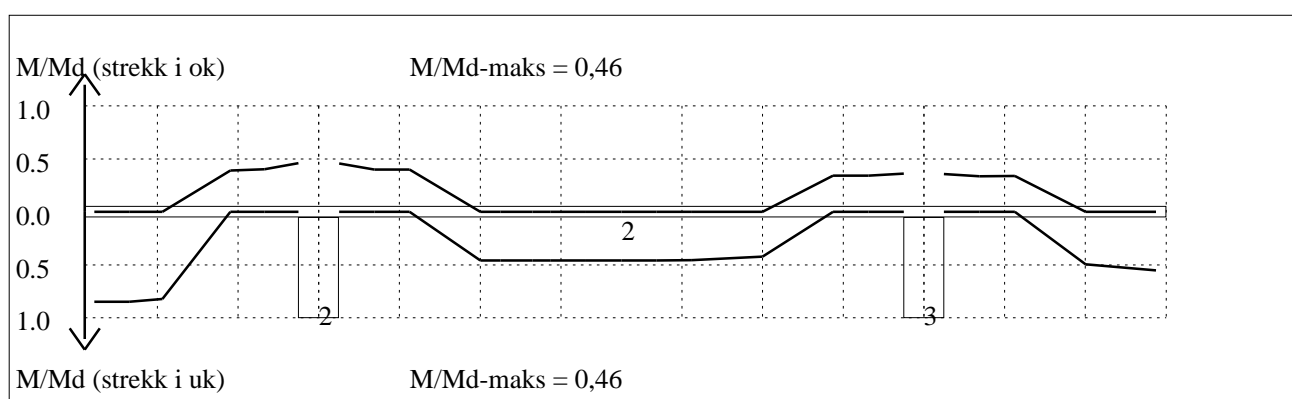
Felt nr	Uk-venstre opplegg	Uk-høyre opplegg	Underkant i felt	Overkant i felt
1	760	760	505	505
2	760	760	505	505
3	760	760	505	505
4	760	760	505	505
5	760	760	505	505
6	760	760	505	505

Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

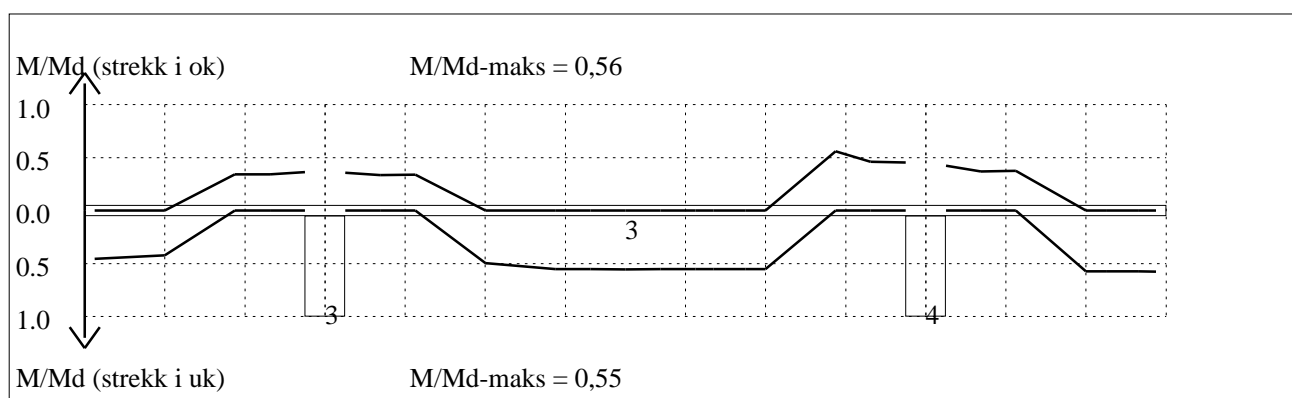
4.1 MOMENTKONTROLL



Momentkontroll for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

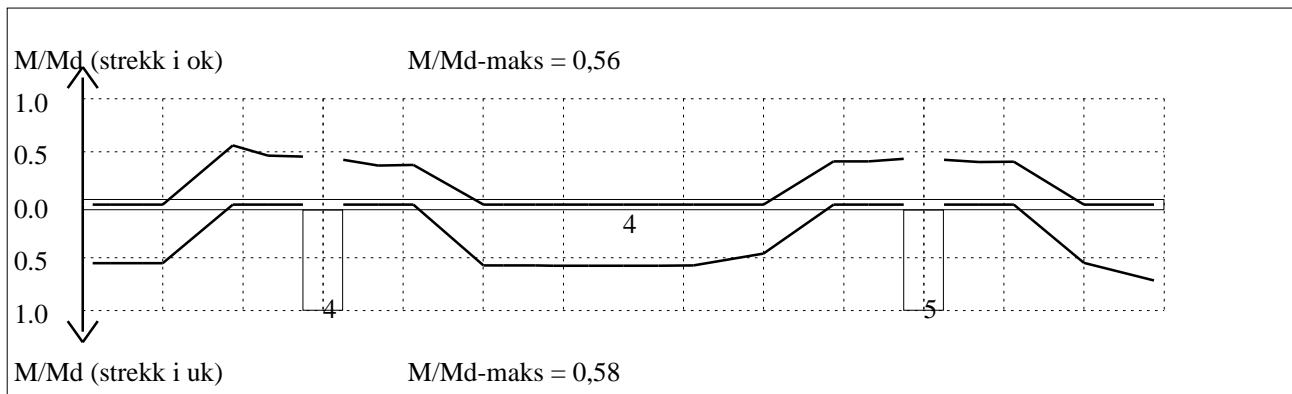


Momentkontroll for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

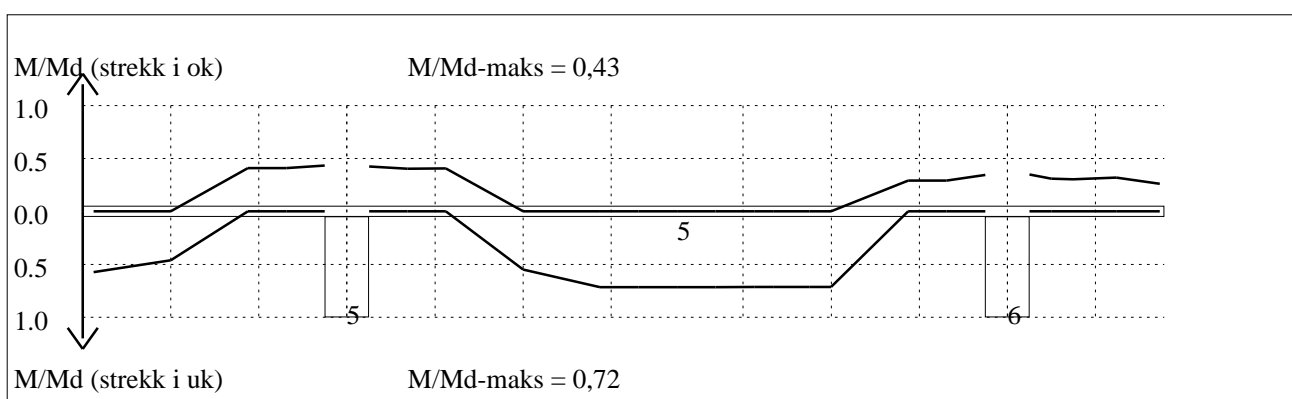


Momentkontroll for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

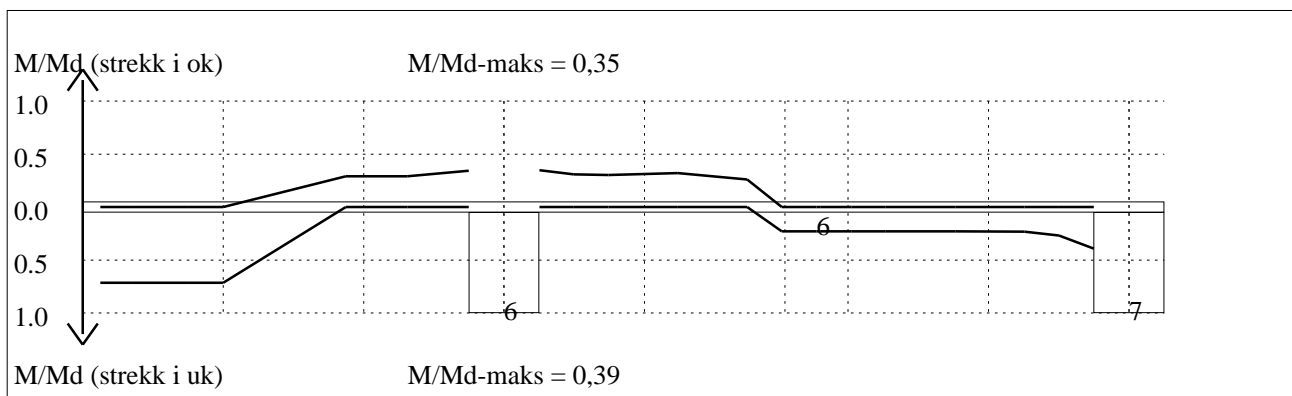
Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



Momentkontroll for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Momentkontroll for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

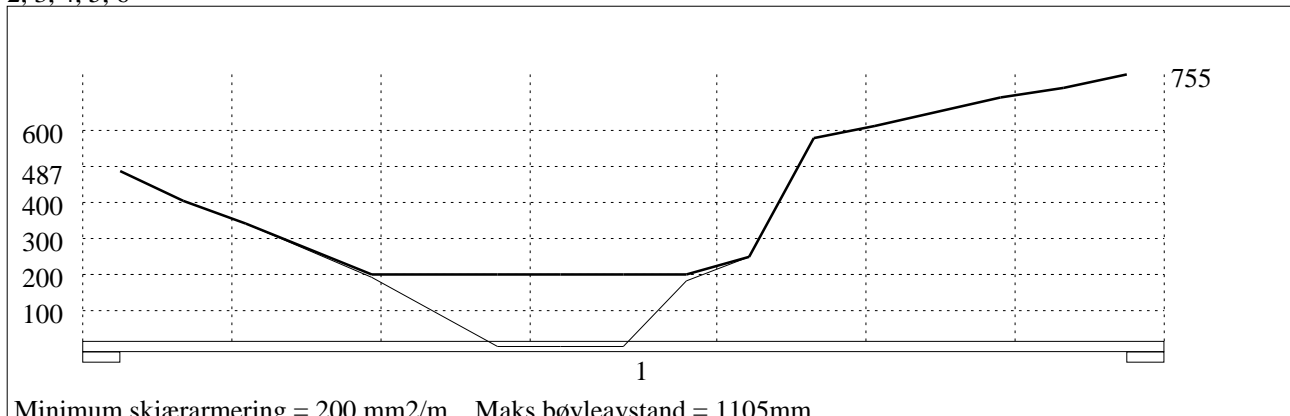


Momentkontroll for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

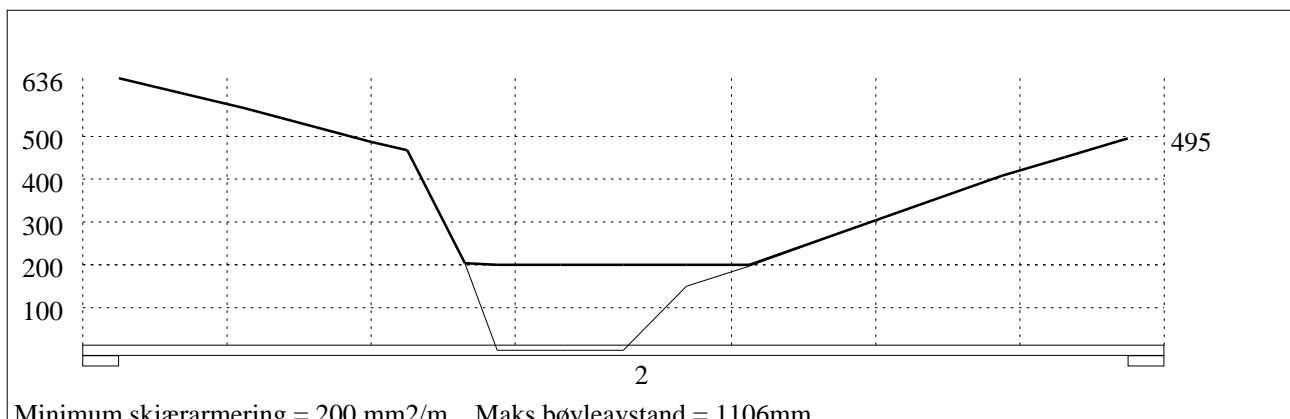
Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 13
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

4.2 SKJÆRARMERING

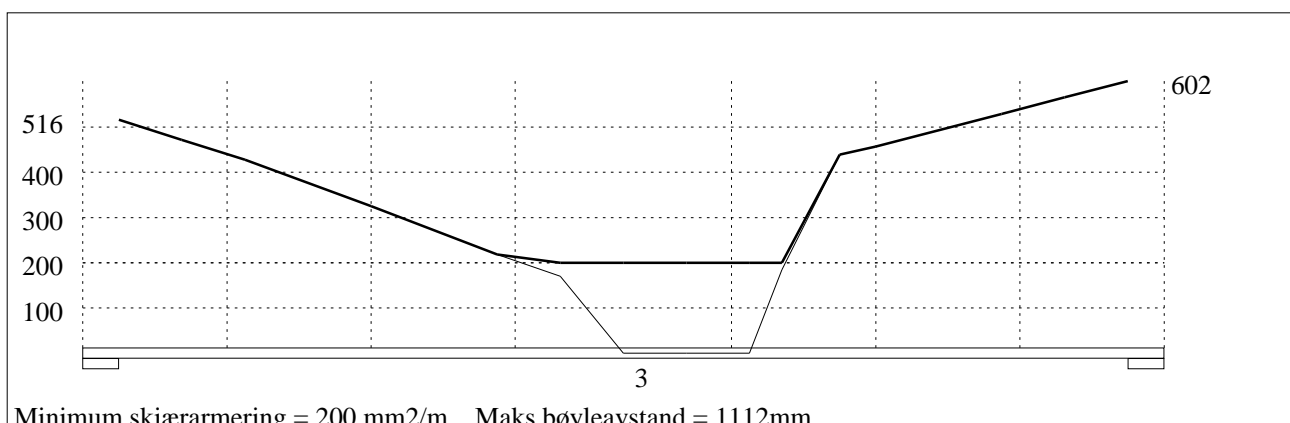
Krav om langsgående overflatearmering på bjelkestegets sider EN 1992-1-1 NA.9.7 (1). Gjelder for følgende felt: 1, 2, 3, 4, 5, 6



Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 1 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

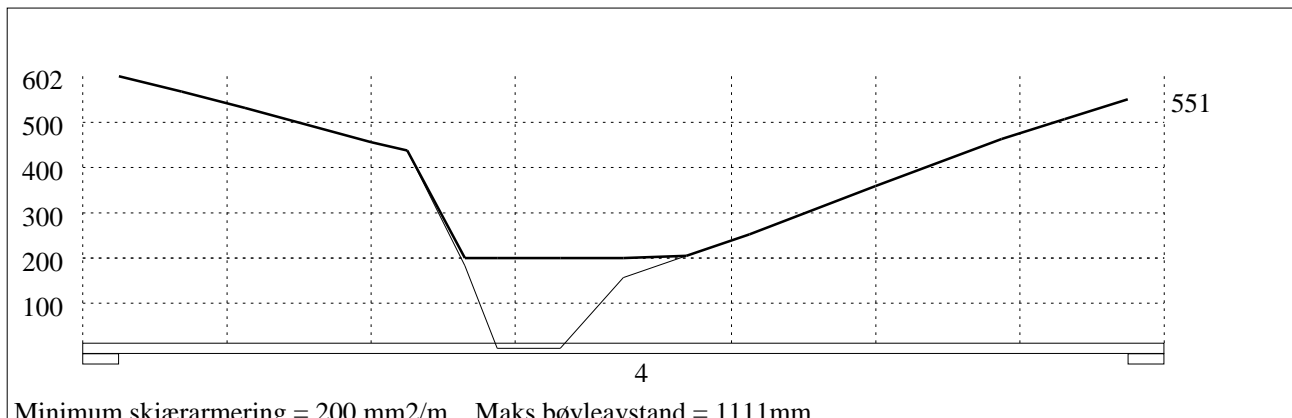


Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 2 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



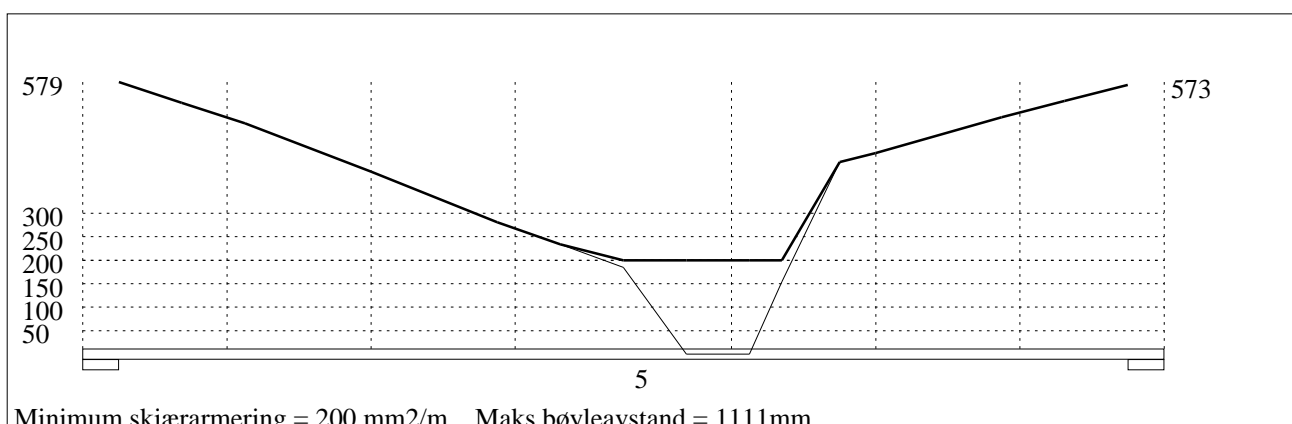
Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 14
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022



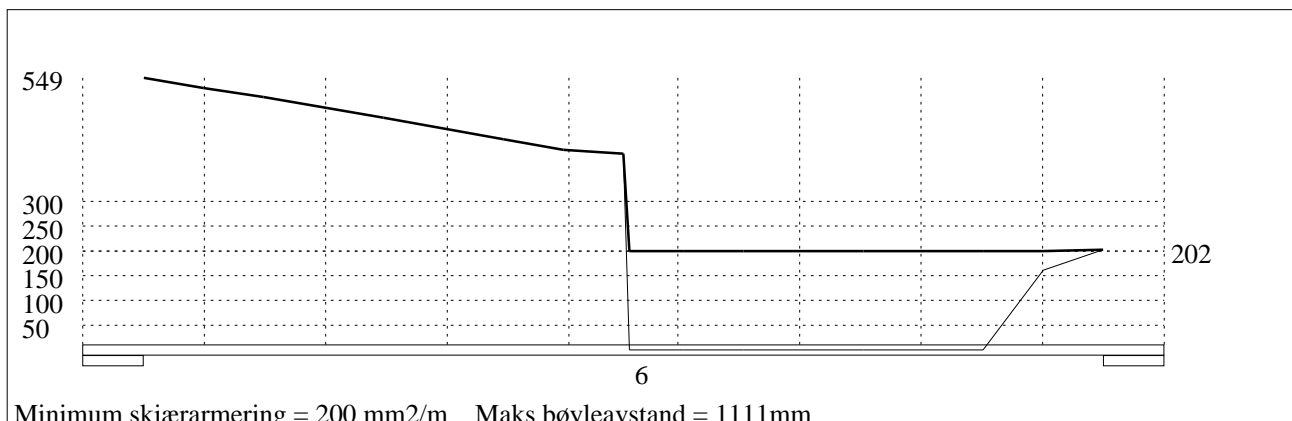
Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1111mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 4 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m



Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1111mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 5 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

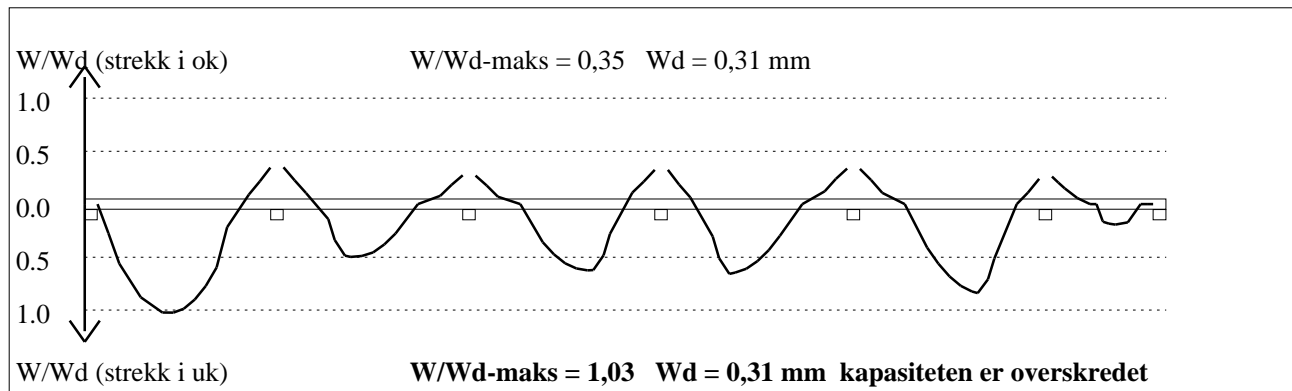


Minimum skjærarmering = 200 mm²/m Maks bøyleavstand = 1111mm

Skjærarmering (mm²/m) for felt nr 6 Avstand mellom vertikalstreker = 0.5 m

Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 15
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	4	5	5	5
2	1	1	1	1
3	2	2	2	2
4	2	2	2	2
5	2	3	3	3
6	0	0	0	0

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-387	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1183	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1254	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1104	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1437	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-946	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-191	0,00	0	0,00	0	0,00		

Tittel Vedlegg A50 - Bj.C.308. Nyttelast i høyre felt			Side 16
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 21-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
					Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-387	0,00	0	0,00			0	0,00
2	-1183	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	-1254	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	-1104	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	-1437	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	-946	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	-191	0,00	0	0,00	0	0,00		

Vedlegg A51- Skjærkontroll bjelker etter forbedring

Bjelke Bj.C.306

Bj.C.306 er armert med $\varnothing 10$ bøyler c 250. I tillegg tar noe av armeringen som blir bøyd opp i bjelken skjærkrefter. Dette er 2 $\varnothing 19$. **Se vedlegg B1. Tegning 261-A139**

$\varnothing 10$ bøyler c 250:

$$\varnothing := 10 \text{ mm} \qquad c := 250 \text{ mm} \qquad b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 8$$

$$A_{s,1} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2} \right)^2 \right) = (6.283 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

2 stk $\varnothing 19$:

$$\varnothing := 19 \text{ mm} \qquad n := 2$$

$$A_{s,2} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2} \right)^2 \right) = (5.671 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$A_s := A_{s,1} + A_{s,2} = 0.001 \text{ m}^2$$

$$A_{s,n\ddot{o}dv} := 2448 \text{ mm}^2$$

Se vedlegg A36

$$A_s \geq A_{s,n\ddot{o}dv} = 0$$

Armeringen som tar skjærkreftene i bjelke Bj.C.306 er ikke tilstrekkelig i forhold til den nødvendige armeringen som er beregnet i K-bjelke.

Bjelke Bj.C.307 nr. 1:

Bj.C.307 nr. 1 er armert med bøyler $\varnothing 13$ og $\varnothing 16$.

Se vedlegg B1. Tegning 255-A133

$\varnothing 13$ c 200:

$$\varnothing := 13 \text{ mm} \quad c := 200 \text{ mm} \quad b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 10$$

$$A_{s,1} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2} \right)^2 \right) = 0.001 \text{ m}^2$$

$\varnothing 16$ c 200:

$$\varnothing := 16 \text{ mm} \quad c := 200 \text{ mm} \quad b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 10$$

$$A_{s,2} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2} \right)^2 \right) = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_s := A_{s,1} + A_{s,2} = 0.003 \text{ m}^2$$

$$A_{s,n\varnothing dv} := 2739 \text{ mm}^2$$

Se vedlegg A40

$$A_s \geq A_{s,n\varnothing dv} = 1$$

Ok!

Bjelke Bj.C.307 nr. 2:

Bj.C.307 nr. 2 er armert med bøyler $\varnothing 13$ og $\varnothing 16$.

Se vedlegg B1. Tegning 255-A133

$\varnothing 13$ c 200:

$$\varnothing := 13 \text{ mm} \quad c := 200 \text{ mm} \quad b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 10$$

$$A_{s,1} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2} \right)^2 \right) = 0.001 \text{ m}^2$$

Ø16 c 200:

$$\emptyset := 16 \text{ mm}$$

$$c := 200 \text{ mm}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 10$$

$$A_{s,2} := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2} \right)^2 \right) = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_s := A_{s,1} + A_{s,2} = 0.003 \text{ m}^2$$

$$A_{s,n\emptyset dv} := 3064 \text{ mm}^2$$

Se vedlegg A43

$$A_s \geq A_{s,n\emptyset dv} = 1$$

Ok!

Bjelke Bj.C.308 :

Bj.C.308 er armert med bøyler Ø13 c250. Se vedlegg B1. Tegning 257-A134

Ø13 c 250:

$$\emptyset := 13 \text{ mm}$$

$$c := 250 \text{ mm}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$n := \frac{b}{c} \cdot 2 = 8$$

$$A_s := n \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2} \right)^2 \right) = 0.001 \text{ m}^2$$

$$A_{s,n\emptyset dv} := 759 \text{ mm}^2$$

Se vedlegg A48

$$A_s \geq A_{s,n\emptyset dv} = 1$$

Ok!

Vedlegg A52 - Bruksgrenselaster for bjelke Bj.C.306

Plate Pl.C.302 1. plate:

$$L_y := 7.25 \text{ m} \quad L_x := 7.25 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1 \quad \rightarrow \quad f := 1.0$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Egenlast} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

$$S_{Ed} := 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast: trapeslast over hele lengden -} \\ \text{dominerende last} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0.95 = (1.558 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast} \\ \text{Se vedlegg A4 og A5}$$

Regner ved å bruke en jevnt fordelt last over hele platen og deretter trekke fra den ekstra trekantlasten for snø

$$S_{Ed.2} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast for tak på tapehallen}$$

$$S_{Ed.tr} := S_{Ed.2} + (S_{Ed} - S_{Ed.2}) \cdot \frac{(8.84 \text{ m} - L_x)}{8.84 \text{ m}} \quad \text{korte siden av trapeset}$$

Total last:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed} = (1.606 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevntfordelt last}$$

$$q_{Ed.2} := S_{Ed} - S_{Ed.tr} = (3.887 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total trekantlast}$$

Vedlegg B5 s.320-321 Fast innspent i en ende for y-retning og fast innspent i en ende for x-retning

$$q_{yerm.1} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x)}{1.96} = (5.94 \cdot 10^4) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast} \\ \text{innspent opplegg i y-retning}$$

Vedlegg B5 s.334 Fast innspent i en ende for y-retning og fast innspent i en ende for x-retning -Trekantlast

$$q_{yerm.2} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x)}{3.94} = (7.153 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon fast
innspent opplegg i y-retning

Totalt fra Pl.C.302:

$$q_{302.1} := q_{yerm.1} + q_{yerm.2} = (6.655 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Plate Pl.C.304 1.plate:

$$L_y := 7.5 \text{ m} \quad L_x := 4.9 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1.531 \quad \rightarrow \quad f := 1.55 \quad \text{Runder verdien konservativt oppover}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Egenlast

Se vedlegg B3 s.87

$$S_{Ed.1} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast for tak tappehallen -
dominerende last

Se vedlegg A2

$$S_{Ed.2} := 6.687 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast: trapeslast over hele
lengden -dominerende last

Se vedlegg A2

$$V_{Ed} := 1.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vindlast i bruddgrense

Se vedlegg A4 og A5

I Beton-Kalender finnes det ikke formler for trekantlasten til denne platen. Regner dermed moment konservativt med å bruke en jevnt fordelt last over hele platen, uten å trekke fra den ekstra snølasten

Total last:

$$q_{Ed} := G_{Ed} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (1.475 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevntfordelt last}$$

Vedlegg B5 s.316-317 Fast innspent i begge ender for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning

$$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.47} = (4.916 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon fast
innspent opplegg i y-retning

Totalt for Pl.C.302 og Pl.C.304:

$$q_1 := q_{302.1} + q_{yerm} = (1.157 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Plate Pl.C.301: $L := 4.75 \text{ m}$

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Egenlast

Se vedlegg B3 s.87

$$S_{Ed.1} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast for tak tappehall

Se vedlegg A2

$$S_{Ed.2} := 2.113 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast fra tak bygg B -virker konservativt over hele

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0.95 = (1.558 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast

Se vedlegg A4 og A5

Totale laster:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + V_{Ed} = (1.132 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Total jevnt fordelt last

$$q_{Ed.2} := S_{Ed.2} = (2.113 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Trekantlast

Opplagerreaksjoner:

$$q_{1.A} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (2.688 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for jevnt
fordelt last

$$q_{2.A} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{3} = (3.346 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekantlast i
opplager mot bygg B

$$q_{2.B} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{6} = (1.673 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekant last i
opplager mot kant tak

$$q_{301.A} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.A})}{1 \text{ m}} + 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (3.823 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke
301 mot bygg B

$$q_{301.B} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.B})}{1 \text{ m}} + 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (3.655 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Jevnt fordelt last over bjelke 301 mot kant tak}$$

$$P_{306.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (1.433 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke 306}$$

$$P_{307.1} := P_{306.1} = (1.433 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke 307}$$

$$P_{306.2} := \frac{(q_{301.B} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (1.371 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke 306}$$

$$P_{307.2} := P_{306.2} = (1.371 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke 307}$$

Plate Pl.C.303 1. plate:

$$L_y := 7.5 \text{ m} \quad L_x := 7.25 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1.034 \quad \rightarrow \quad f := 1.05 \quad \text{Runder verdien konservativt oppover}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Egenlast} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

$$S_{Ed.1} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$S_{Ed.2} := 2.113 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast grunnet bygg B: trekantlast med lengde 1.34m}$$

$$V_{Ed} := 1.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (1.56 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast} \quad \text{Se vedlegg A4 og A5}$$

Tar konservativt trekantlasten til snø som en jevnt fordelt last over hele platen.

$$q_{Ed} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (1.343 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevntfordelt last}$$

Vedlegg B5 s.322-323. Fast innspent i begge ender for x-retning og ene enden for y-retningen. Andre retningen i y-retning er fritt opplagt.

$$q_{xerm.1} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{2.1} = (4.638 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon fast
innspent opplegg i x-retning.

Plate Pl.C.305 1. plate:

$$G_{Ed} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = (5 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast fra nytt dekke
Fra Byggforsk Blad 471.031

$$P_{Ed} := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Nyttelast fra takterrassen
-dominerende last

Se Vedlegg A1

$$S_{Ed} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast i bruddgrense

Se vedlegg A2

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0.95 = (1.558 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast i bruddgrense
Se vedlegg A4 og A5

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed} = (1.382 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Total jevntfordelt last

$$L := 10.25 \text{ m}$$

Platen er fritt opplagt på tre opplegg

$$V_{Ed.1} := 0.375 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (2.656 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Skjær i første og tredje
opplegg

$$V_{Ed.2} := 1.25 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (8.852 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Skjær i andre opplegg

Stålbjelken: $L := 7.5 \text{ m}$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (1.55 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast

$$q_{Ed} := G_{Ed} + \frac{V_{Ed.1}}{1 \text{ m}} = (2.811 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (1.054 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Punktlast fra første og tredje stålbjelke

$$q_{Ed} := G_{Ed} + \frac{V_{Ed.2}}{1 \text{ m}} = (9.007 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (3.378 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Punklast fra andre stålbjelke

Eksisterende plate Pl.C.305 1.plate:

$$L_y := 10.25 \text{ m} \quad L_x := 7.5 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1.367 \quad \rightarrow \quad f := 1.4$$

Runder verdien konservativt oppover

Last:

$$G_{Ed} := 6.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Egenlast

Se vedlegg B3 s.87

Vedlegg B5 s.318-319 Fast innspent i begge ender for y-retning og fritt opplagt i begge ender for x-retning

$$q_{xerm.2} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x)}{1.9} = (2.408 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon fast innspent opplegg

Totalt last fra Pl.C.303 og Pl.C.305:

$$q_2 := q_{xerm.1} + q_{xerm.2} = (7.045 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Plate Pl.C.303 2.plate:

$$L_x := 7.25 \text{ m} \quad L_y := 7.5 \text{ m} \quad f = 1.4$$

Laster:

$$G_{Ed} = (6.1 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast

Se vedlegg B3 s.87

$$V_{Ed} := 1.558 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vindlast

Se vedlegg A2

$$S_{Ed} := S_{Ed.1} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast

Se vedlegg A4 og A5

Tar konservativt trekantlasten til snø som en jevnt fordelt last over hele platen.

$$q_{Ed.2} := G_{Ed} + V_{Ed} + S_{Ed} = (1.092 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

Total jevntfordelt last

Vedlegg B5 s.322-323. Fast innspent i begge ender for x-retning og ene enden for y-retningen. Andre retningen i y-retning er fritt opplagt.

$$q_{xerm.3} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L_x)}{2.1} = (3.769 \cdot 10^4) N$$

Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i x-retning.

Total last fra Pl.C.303 og Pl.C.305:

$$q_3 := q_{xerm.2} + q_{xerm.3} = (6.177 \cdot 10^4) N$$

Plate Pl.C.301 4. plate:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{kN}{m}$$

Egenlast

Se vedlegg B3 s.87

$$S_{Ed.1} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Snølast for tak tappehall

Se vedlegg A2

$$V_{Ed} = (1.558 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Vindlast

Se vedlegg A4 og A5

Total last:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + V_{Ed} = (1.132 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

Total jevnt fordelt last

Opplagerreaksjoner:

$$q_1 := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (2.688 \cdot 10^4) N$$

Opplagerreaksjon for jevnt fordelt last

$$q_{301.A} := \frac{(q_1)}{1 \text{ m}} + 8 \frac{kN}{m} = (3.488 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke 301, med egenlast

$$P_{306.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (1.308 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke 306}$$

$$P_{307.3} := P_{306.1} = (1.308 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke 307}$$

$$P_{306.2} := P_{306.1} = (1.308 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke 306}$$

$$P_{307.4} := P_{306.1} = (1.308 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke 307}$$

Plate Pl.C.302 2. plate:

$$L_x = 7.25 \text{ m} \quad L_y := 7.25 \text{ m} \quad f := 1.0$$

Laster:

$$G_{Ed} = (6.5 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

$$S_{Ed} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast -dominerende last} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$V_{Ed} = (1.558 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast i bruddgrense} \quad \text{Se vedlegg A4 og A5}$$

$$q_{Ed} := S_{Ed} + V_{Ed} = (4.818 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevntfordelt last}$$

Vedlegg B5 s.320-321 Fast innspent i en ende for y-retning og fast innspent i en ende for x-retning

$$q_{xerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.96} = (1.782 \cdot 10^4) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplegg i x-retning}$$

Plate Pl.C.304 4.plate:

$$L_y := 7.5 \text{ m} \quad L_x := 4.9 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1.531 \quad \rightarrow \quad f := 1.55 \quad \text{Runder verdien konservativt oppover}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{kN}{m} \quad \text{Egenlast} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

$$V_{Ed} := 1.56 \frac{kN}{m} \quad \text{Vindlast} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$S_{Ed} := 3.26 \frac{kN}{m} \quad \text{Snølast} \quad \text{Se vedlegg A4 og A5}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + V_{Ed} + S_{Ed} = (1.132 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Total jevntfordelt last}$$

s.316-317. Fast innspent i begge ender for x-retning og fritt opplagt for begge ender for y-retning.

$$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.47} = (3.773 \cdot 10^4) N \quad \text{Opplagerreaksjoner fast innspent opplegg i y-retning.}$$

Total last Pl.C.302 og Pl.C.304:

$$q_4 := q_{xerm} + q_{yerm} = (5.556 \cdot 10^4) N$$

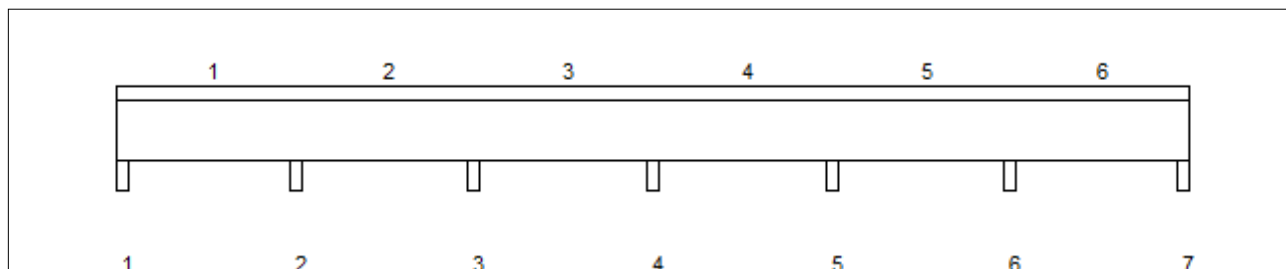
Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002
 Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Downloads\Beregning-bj.c.306-bruksgrense-etter-forbedring.kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttearmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

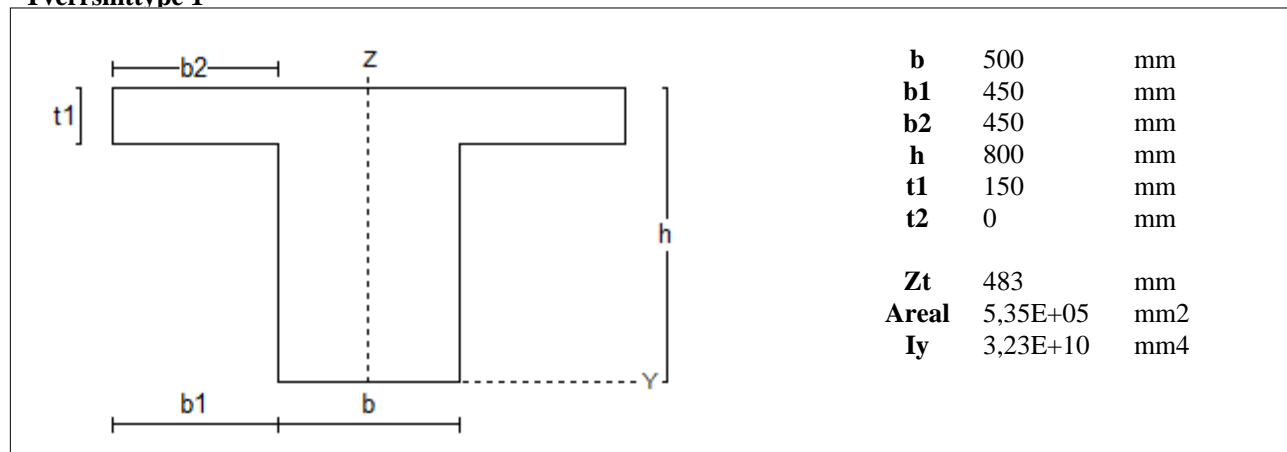
1.0 BJELKE MED 7 OPPLEGGSPUNKTER



1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	4	5	6	h.utkr.
Spennvidde	250	7250	7500	7500	7500	7500	7250	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1	1	1	1

Tverrsnitttype 1

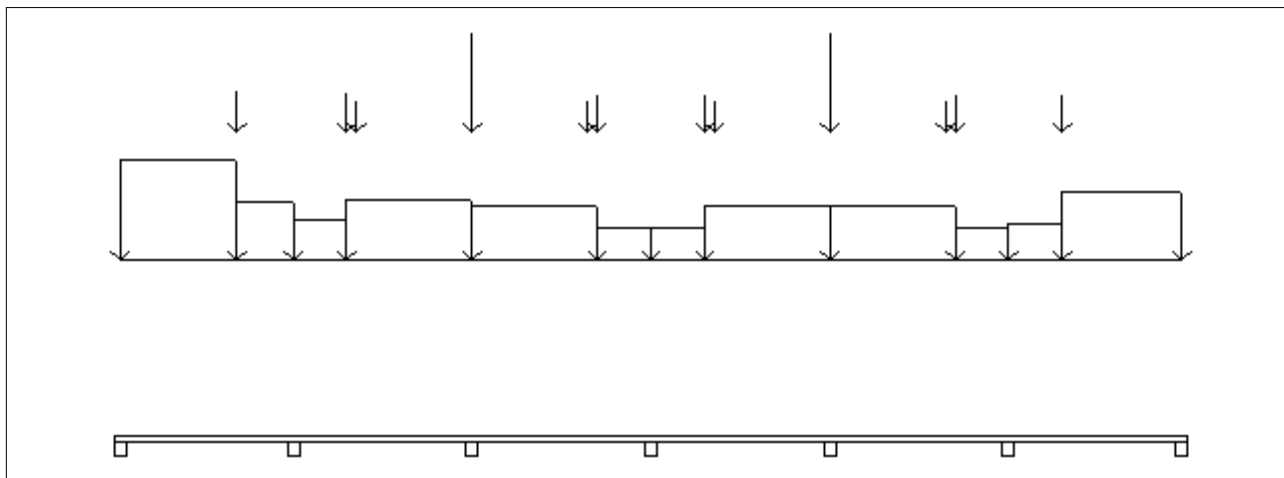


Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		500					
3	Fri		500					
4	Fri		500					
5	Fri		500					
6	Fri		500					
7	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer (brukervalgte)

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense
Permanent last	1,00	1,00	1,00
Variabel last	0,50	0,20	1,00

PSI-Faktor Kategori H1 : TAK - Snølaster
Krav maks.nedbøyning Konstruksjoner der det pga bruk eller utstyr stilles krav

Pålitelighetsklasse: 2

Bjelkens romvekt: 2500 kg/m³

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	13,38	0,00	0,00
2	13,38	0,00	0,00
3	13,38	0,00	0,00
4	13,38	0,00	0,00
5	13,38	0,00	0,00
6	13,38	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
57,92	84,78	4900	1
57,89	78,51	2250	2
41,85	63,55	2650	2
126,00	211,80	0	3
41,85	63,55	4850	3
87,89	42,91	5250	3
87,89	42,91	2250	4
41,85	63,55	2650	4
126,00	211,80	0	5
41,85	63,55	4850	5
87,89	42,91	5250	5
87,89	42,91	2250	6

Trapeslast (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
45,70	45,70	70,00	70,00	0	4900	1
24,04	24,04	42,51	42,51	4900	7250	1
22,44	22,44	23,94	23,94	0	2250	2
46,51	46,51	23,94	23,94	2250	7500	2
45,14	45,14	16,63	16,63	0	5250	3
21,06	21,06	16,63	16,63	5250	7500	3
21,06	21,06	16,63	16,63	0	2250	4
45,14	45,14	16,63	16,63	2250	7500	4
45,14	45,14	16,63	16,63	0	5250	5
21,06	21,06	16,63	16,63	5250	7500	5
24,05	24,05	17,82	17,82	0	2250	6
45,71	45,71	33,89	33,89	2250	7250	6

1.4 MATERIALDATA

Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeeringsklasse	XC3	XC3
Materialeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikk tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	244			
største tilslagsstørrelse, dg(mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,17
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00008
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

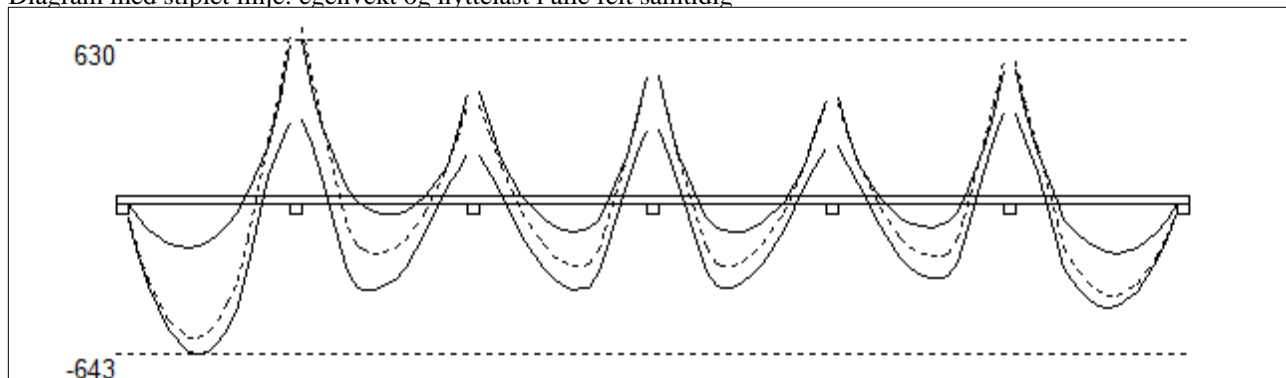
NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelest i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-247	-444	-247	-643
2	-159	-272	-159	-385
3	-189	-284	-189	-378
4	-188	-279	-188	-374
5	-166	-252	-166	-337
6	-259	-357	-259	-456

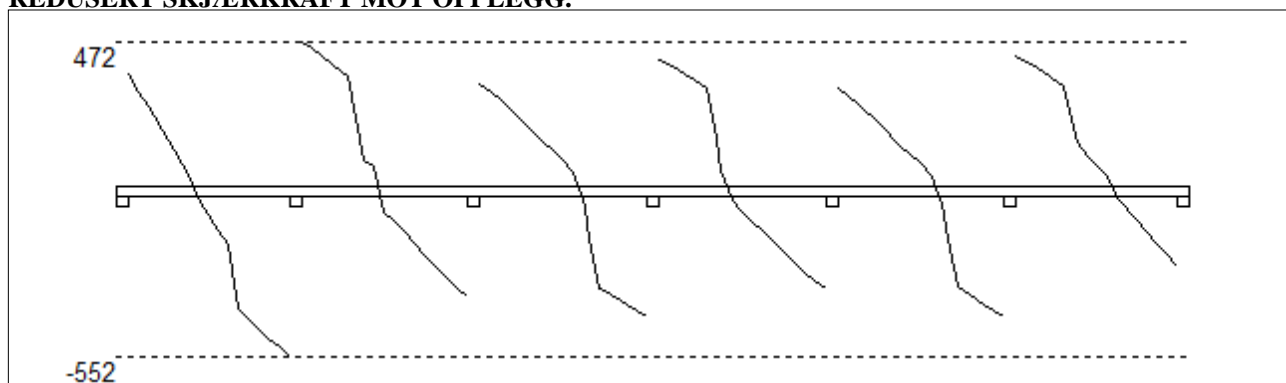
Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	326	513	326	630
3	259	360	259	416
4	318	429	318	485
5	261	347	261	390
6	356	461	356	510
7	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			376	366
2	-562	-552	482	472
3	-367	-358	345	335
4	-429	-419	424	414
5	-341	-331	332	322
6	-428	-418	436	426
7	-268	-258		

Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

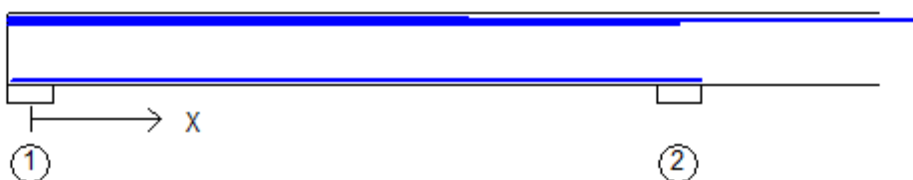
3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

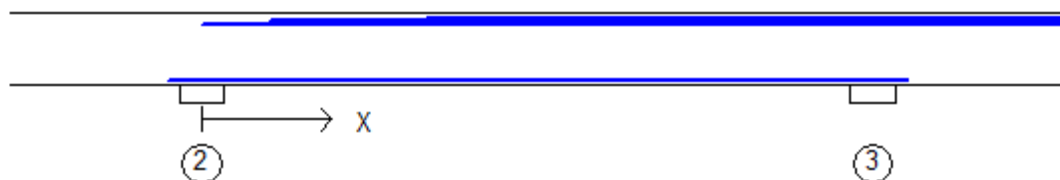
X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1							
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	-250	10000	10250	68	80
2	16	2	1000	6500	5500	70	80
2	10	1	-250	4900	5150	53	59
2	10	3	-250	7250	7500	122	128
2	10	3	1000	6000	5000	122	128
4	10	3	-250	4900	5150	122	128



Bestemt armering i underkant i felt nr: 1							
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-215	7500	7715	47	59
3	19	1	-215	7250	7465	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2							
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	10	1	2500	12500	10000	53	59
3	10	3	2500	12500	10000	122	128

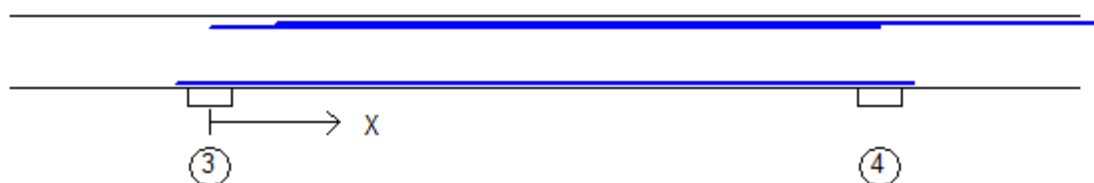


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2							
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1710	6020	4310	47	59

Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

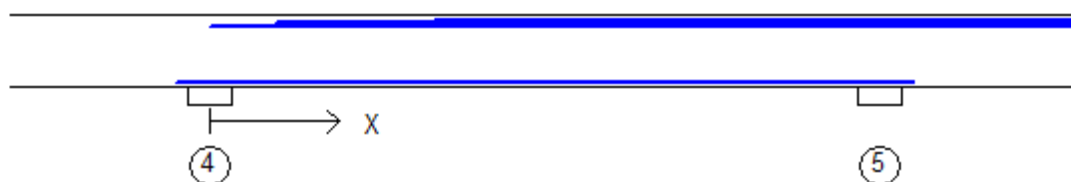
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128


Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1480	6050	4570	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	8	3	0	7500	7500	123	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	10	1	2500	12500	10000	53	59
3	10	3	2500	12500	10000	122	128

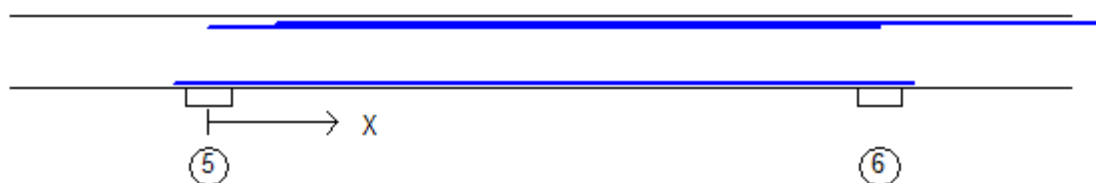

Bestemt armering i underkant i felt nr: 4

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1450	6030	4580	47	59

Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 5

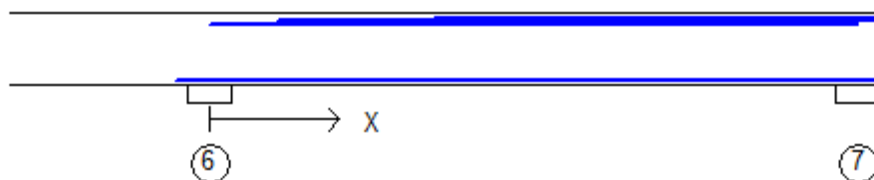
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	16	2	750	6750	6000	70	80
2	19	2	3000	10000	7000	68	80
2	10	3	0	7500	7500	122	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128


Bestemt armering i underkant i felt nr: 5

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	19	1	-380	7880	8260	47	59
3	19	1	1560	5850	4290	47	59

Bestemt armering i overkant i felt nr: 6

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	19	2	3000	7500	4500	68	80
2	16	2	750	6500	5750	70	80
2	10	3	0	7250	7250	122	128
2	10	3	1500	6000	4500	122	128
2	10	1	2500	7500	5000	53	59
4	10	3	2500	7250	4750	122	128


Bestemt armering i underkant i felt nr: 6

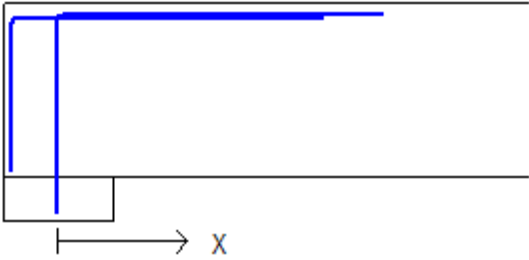
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	19	1	-380	7465	7845	47	59
3	19	1	1520	7465	5945	47	59

Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 8
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

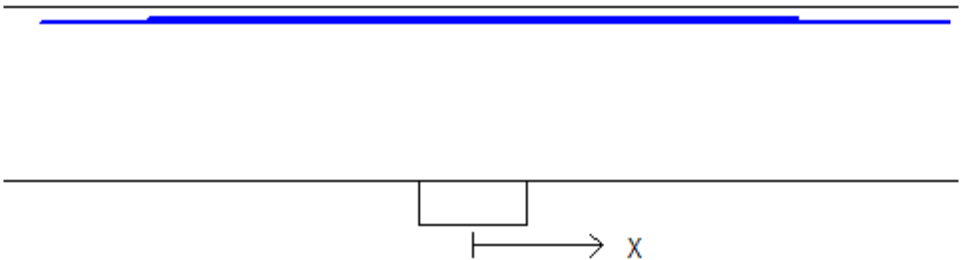
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1			Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)			
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-215	1220	68	1
3	19	2	-215	1220	68	0
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1500	53	1
2	10	1	0	1000	53	1



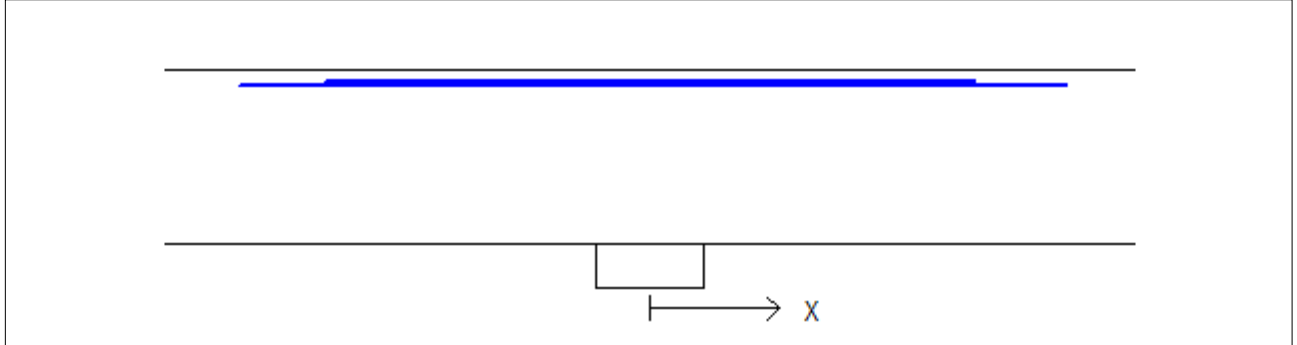
Støttearmering over opplegg nr: 2			X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2000	2200	4200	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1000	1500	2500	53
2	8	1	-1500	1000	2500	54



Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 9
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

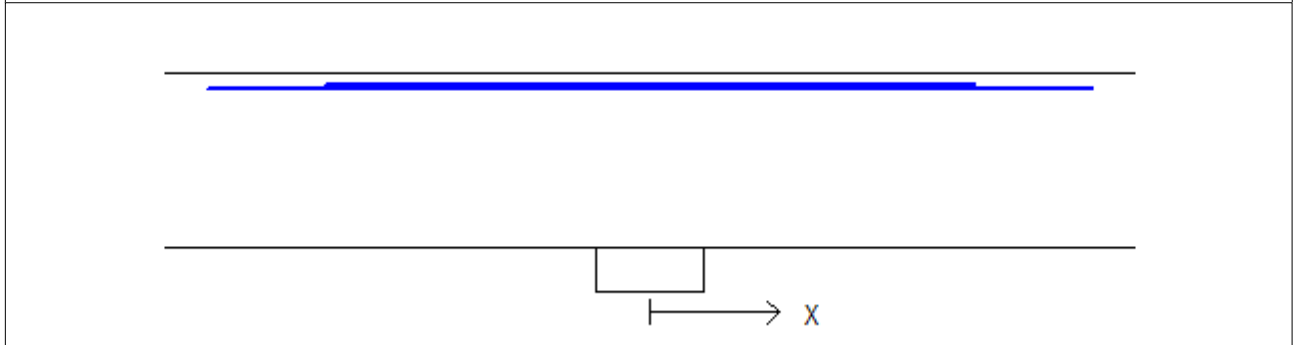
Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1900	1920	3820	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



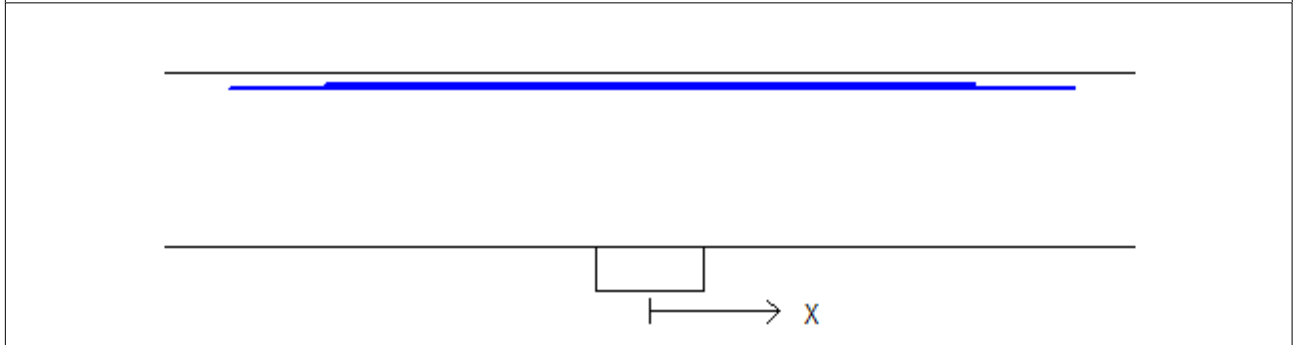
Støttearmering over opplegg nr: 4

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2040	2040	4080	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 5

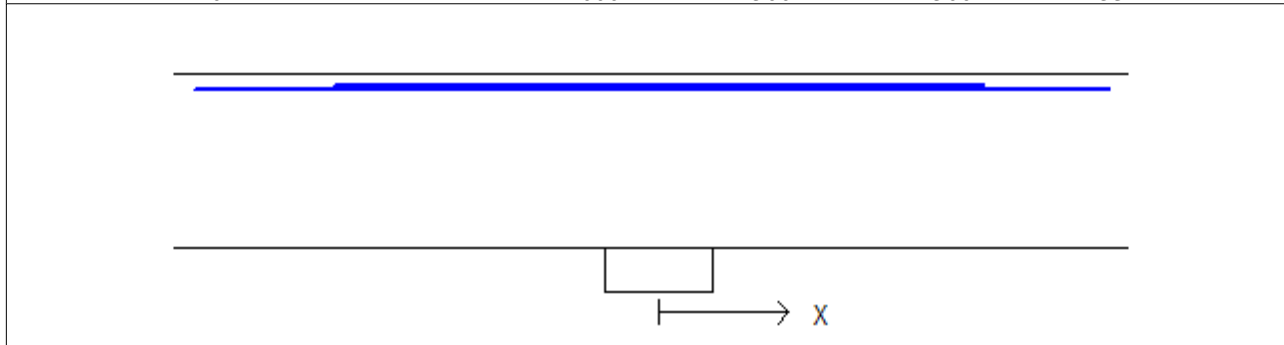
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-1940	1960	3900	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 10
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Støttearmering over opplegg nr: 6

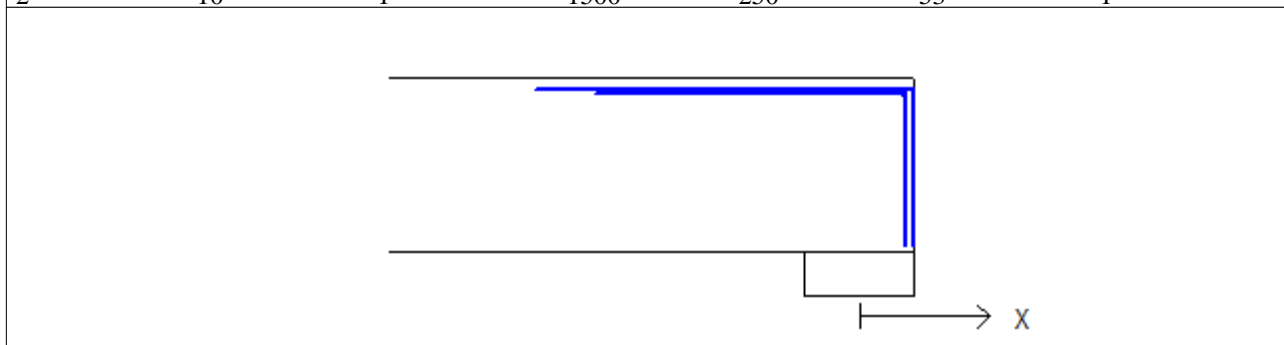
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	19	2	-2150	2080	4230	68
2	8	1	-1500	1500	3000	54
2	10	1	-1500	1000	2500	53
2	10	1	-1000	1500	2500	53



Støttearmering over opplegg nr: 7

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
1	19	2	-1220	215	68	1
3	19	2	-1220	215	68	0
2	10	1	-1000	250	53	0
2	10	1	-1500	250	53	1
2	10	1	-1500	250	53	1



3.2 FORANKRINGSLENGDE OG UTNYTTELSE AV ARMERING

D: armeringsdiameter

Forankringslengde i underkant: $37 \times D$ Forankringslengde i overkant: $52 \times D$

Kapasitetskurver for moment (M/Md):

- Det er tatt hensyn til skjærkraftbidrag
- M/Md (uk) viser utnyttelse av bestemt armering i uk
- M/Md (ok) viser utnyttelse av bestemt armering i ok

3.3 FORANKRINGSARMERING (bøyler) I UNDERKANT VED ENDEOPPLEGG

Opplegg nr 1

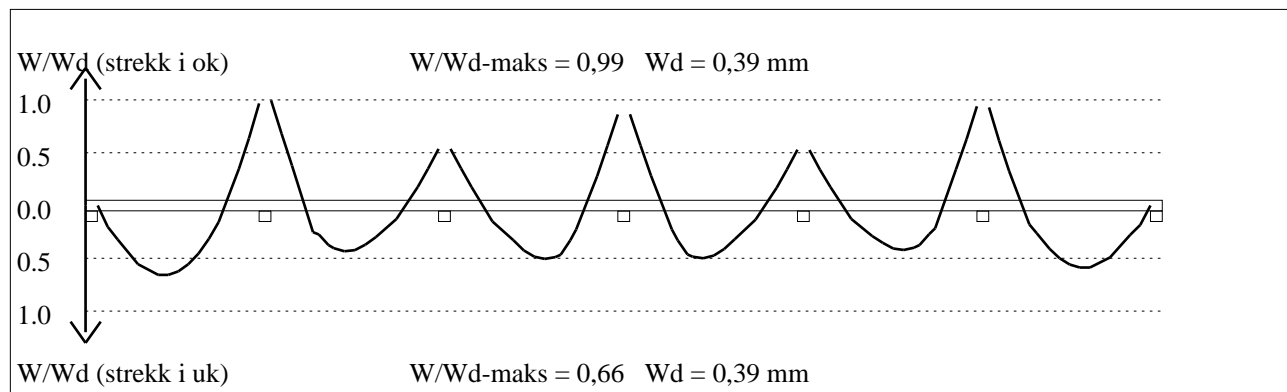
2bøyler d 19, L=0 avstand til kant: 70 mm

Opplegg nr 7

2bøyler d 19, L=0 avstand til kant: 70 mm

Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 17
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	6	9	13	14
2	3	6	6	9
3	4	7	8	9
4	4	7	8	9
5	3	6	7	8
6	6	10	11	12

5.1 OPPLGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt					
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)				
1	-174	0,00	-214	0,00			-233	0,00				
2	-520	0,00	-537	0,00	-341	0,00	-209	0,00				
3	-609	0,00	-398	0,00	-156	0,00	-322	0,00				
4	-542	0,00	-286	0,00	-156	0,00	-156	0,00				
5	-608	0,00	-385	0,00	-111	0,00	-324	0,00				
6	-568	0,00	-299	0,00	-150	0,00	-162	0,00				
7	-179	0,00	-100	0,00	-112	0,00						

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt					
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)				
1	-174	0,00	-214	0,00			-233	0,00				
2	-520	0,00	-537	0,00	-341	0,00	-209	0,00				
3	-609	0,00	-398	0,00	-156	0,00	-322	0,00				
4	-542	0,00	-286	0,00	-156	0,00	-156	0,00				
5	-608	0,00	-385	0,00	-111	0,00	-324	0,00				
6	-568	0,00	-299	0,00	-150	0,00	-162	0,00				

Tittel Vedlegg A53 - Bruksgrensekontroll Bj.C.306			Side 18		
Prosjekt		Ordre		Sign	Dato 20-05-2022

7	-179	0,00	-100	0,00	-112	0,00		
---	------	------	------	------	------	------	--	--

Vedlegg A54 - Laster i bruksgrense for bjelke Bj.C.307 nr.1

Plate Pl.C.304 1. plate:

$$q_{304.1} := 49.16 \text{ kN} \quad \text{Se beregning i vedlegg A52}$$

Plate Pl.C.304 2. plate:

$$L_x := 4.9 \text{ m} \quad L_y := 7.5 \text{ m} \quad f := 1.55$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Egenlast} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

$$S_{Ed} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast for tak tappehallen} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$S_{Ed.2} := 6.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast: trapeslast over hele lengden fra bygg B}$$

$$S_{Ed.3} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast grunnet bygg C: trekantlast med lengde på 1.34 m}$$

$$V_{Ed} := 1.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Vindlast} \quad \text{Se vedlegg A4 og A5}$$

I Beton-Kalender finnes det ikke formler for trekantlasten til snø fra bygg B til denne platen. Regner dermed moment konservativt med å bruke en jevnt fordelt last over hele platen, uten å trekke fra den ekstra snølasten

I tillegg blir konservativt trekantlasten til snø fra bygg C regnet som en jevnt fordelt last over hele platen

Total last:

$$q_{Ed} := G_{Ed} + S_{Ed.2} + S_{Ed.3} + V_{Ed} = (1.525 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevntfordelt last}$$

Vedlegg B5 s.316-317 Fast innspent i begge ender for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning

$$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.47} = (5.083 \cdot 10^4) \text{ N} \quad \text{Opplagerreaksjon fast innspent opplagg i y-retning}$$

Total last fra Pl.C.304 1. og 2. plate:

$$q_1 := q_{304.1} + q_{yerm} = (9.999 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Plate Pl.C.301 1.plate:

$$P_{307.1} := 142.7 \text{ kN} \quad \text{Se utregning i vedlegg A52}$$

$$P_{307.2} := 136.4 \text{ kN} \quad \text{Se utregning i vedlegg A52}$$

Plate Pl.C.301 2.plate:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} = (6.5 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

$$S_{Ed.1} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast for tak tappehall} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$S_{Ed.2} := 2.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast fra bygg B -virker konservativt over hele}$$

$$S_{Ed.3} := 0.72 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast fra bygg C -virker konservativt som en jevnt fordelt last}$$

$$V_{Ed} := 1.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Vindlast} \quad \text{Se vedlegg A4 og A5}$$

Totale laster:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.3} + V_{Ed} = (1.204 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

$$q_{Ed.2} := S_{Ed.2} = (2.11 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Trekantlast}$$

Opplagerreaksjoner:

$$q_{1.A} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (2.86 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for jevnt fordelt last

$$q_{2.A} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{3} = (3.341 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekantlast i opplager mot bygg B

$$q_{2.B} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{6} = (1.67 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekant last i opplager mot kant tak

$$q_{301.A} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.A})}{1 \text{ m}} + 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (3.994 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301 mot bygg B

$$q_{301.B} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.B})}{1 \text{ m}} + 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (3.827 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301 mot kant tak

$$P_{307.1.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (1.498 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

$$P_{307.2.1} := P_{307.1.1} = (1.498 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2

$$P_{307.1.2} := \frac{(q_{301.B} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (1.435 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

$$P_{307.2.2} := P_{307.1.2} = (1.435 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2

Total punktlast fra Pl.C.301 1. og 2. plate:

$$P_{301.1} := P_{307.1} + P_{307.1.1} = (2.925 \cdot 10^5) \text{ N}$$

$$P_{301.2} := P_{307.2} + P_{307.1.2} = (2.799 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Eksisterende plate Pl.C.305 1. og 2. plate:

$$q_{305} := 24.08 \text{ kN}$$

Se utregning i [vedlegg A52](#)

$$q_2 := q_{305} \cdot 2 = (4.816 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Plate Pl.C.305 1. plate:

$P_{305.1} := 105.4 \text{ kN}$ Punktlast fra første og tredje stålbjelke Se utregning i [vedlegg A52](#)

$P_{305.2} := 337.8 \text{ kN}$ Punktlast fra andre stålbjelke Se utregning i [vedlegg A52](#)

Plate Pl.C.305 2.plate:

$G_{Ed} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Egenlast fra nytt dekke [Se vedlegg A29](#)

$P_{Ed} := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Nyttelast fra takterrassen -dominerende last [Se vedlegg A1](#)

$S_{Ed.1} := S_{Ed} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$ Snølast [Se vedlegg A2](#)

$S_{Ed.2} := 0.714 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Snølast grunnet bygg C: trekantlast med lengde på 1.34 m

$V_{Ed} = (1.56 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$ Vindlast [Se vedlegg A4 og A5](#)

$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (1.453 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$ Total jevnt fordelt last

$L := 10.25 \text{ m}$

Platen er fritt opplagt på tre opplegg

$V_{Ed.1} := 0.375 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (2.793 \cdot 10^4) \text{ N}$ Skjær i første og tredje opplegg

$V_{Ed.2} := 1.25 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (9.311 \cdot 10^4) \text{ N}$ Skjær i andre opplegg

$L := 7.5 \text{ m}$

$G_{Ed} := 1.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Egenlast til stålbjelken

$q_{Ed} := G_{Ed} + \frac{V_{Ed.1}}{1 \text{ m}} = (2.948 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$

$$P_{305.3} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (1.106 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Punktlast fra fjerde og sjette stålbjelke}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + \frac{V_{Ed.2}}{1 \text{ m}} = (9.466 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$P_{305.4} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (3.55 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Punktlast femte stålbjelke}$$

Total punktlast fra Bj.C.305 1. og 2. plate:

$$P_1 := P_{305.1} + P_{305.3} = (2.16 \cdot 10^5) \text{ N}$$

$$P_2 := P_{305.2} + P_{305.4} = (6.928 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Plate Pl.C.301 4.plate:

$$P_{307.3} := 130.8 \text{ kN} \quad \text{Se utregning i vedlegg A52}$$

$$P_{307.4} := 130.8 \text{ kN} \quad \text{Se utregning i vedlegg A52}$$

Plate Pl.C.301 5. plate:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Egenlast} \quad \text{Se vedlegg B3 s.87}$$

$$S_{Ed.1} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Snølast for tak tappehall} \quad \text{Se vedlegg A2}$$

$$S_{Ed.2} := 0.72 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Snølast fra bygg C -regener konservativt med den største verdien}$$

$$V_{Ed} = (1.56 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Vindlast} \quad \text{Se vedlegg A4 og A5}$$

Total last:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (1.204 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Opplagerreaksjoner:

$$q_1 := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (2.86 \cdot 10^4) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for jevnt fordelt last

$$q_{301.A} := \frac{(q_1)}{1 \text{ m}} + 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (3.66 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301

$$P_{307.1.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (1.372 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

$$P_{307.2.1} := P_{307.1.1} = (1.372 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2

$$P_{307.1.2} := P_{307.1.1} = (1.372 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.1

$$P_{307.2.2} := P_{307.1.1} = (1.372 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307 nr.2

Totale laster fra Pl.C.301 4. og 5. plate:

$$P_{301.3} := P_{307.3} + P_{307.1.1} = (2.68 \cdot 10^5) \text{ N}$$

$$P_{301.4} := P_{307.4} + P_{307.1.2} = (2.68 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Plate Pl.C.304 4. plate:

$$q_{304.4} := 37.73 \text{ kN}$$

Se utregning i [vedlegg A52](#)

Plate Pl.C.304 5. plate:

$$L_y = 7.5 \text{ m}$$

$$L_x = 4.9 \text{ m}$$

$$f = 1.55$$

Laster:

$$G_{Ed} = (6.5 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast

Se vedlegg B3 s.87

$$V_{Ed} = (1.56 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast

Se vedlegg A4 og A5

$$S_{Ed.1} := S_{Ed} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Snølast

Se vedlegg A2

$$S_{Ed.2} := 0.72 \frac{kN}{m}$$

Snølast fra bygg C: trekantlast med lengre 1.34m

Tar konservativt trekantlasten til snø som en jevnt fordelt last over hele platen.

$$q_{Ed} := G_{Ed} + V_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} = (1.204 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Total jevntfordelt last}$$

Vedlegg B5 s.316-317. Fast innspent i begge ender for x-retning og fritt opplagt for begge ender i y-retning.

$$q_{yerm} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.86} = (3.172 \cdot 10^4) N$$

Opplagerreaksjoner fast innspent opplegg i y-retning.

Total last fra Bj.C.304 4. og 5. plate:

$$q_{304} := q_{304.4} + q_{yerm} = (6.945 \cdot 10^4) N$$

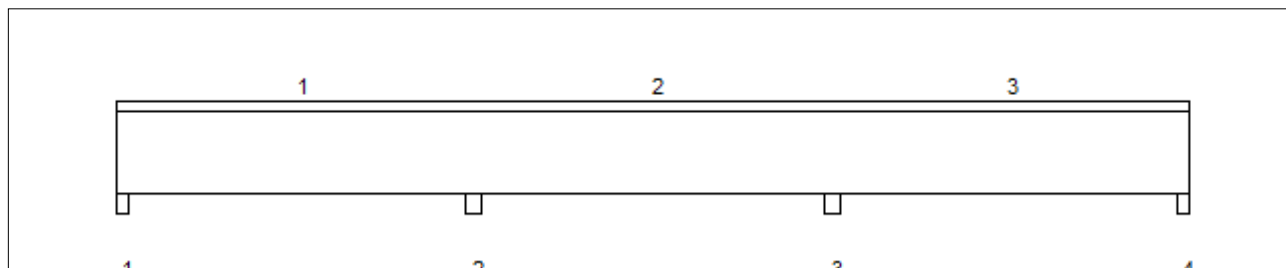
Tittel Vedlegg A55 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr. 1			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002
 Data er lagret på fil: C:\Users\anfja\Documents\BACHELOR\K-bjelke. Bj.C 307\Bj.C 307 nr. 1\Bj.C 307 etter forsterkning\Vedlegg\Bruksgrensekontroll\Beregning-bj.c.307-1.bjelke-bruksgrense-etter-forbedring.kbj

INNHold

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttearmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER

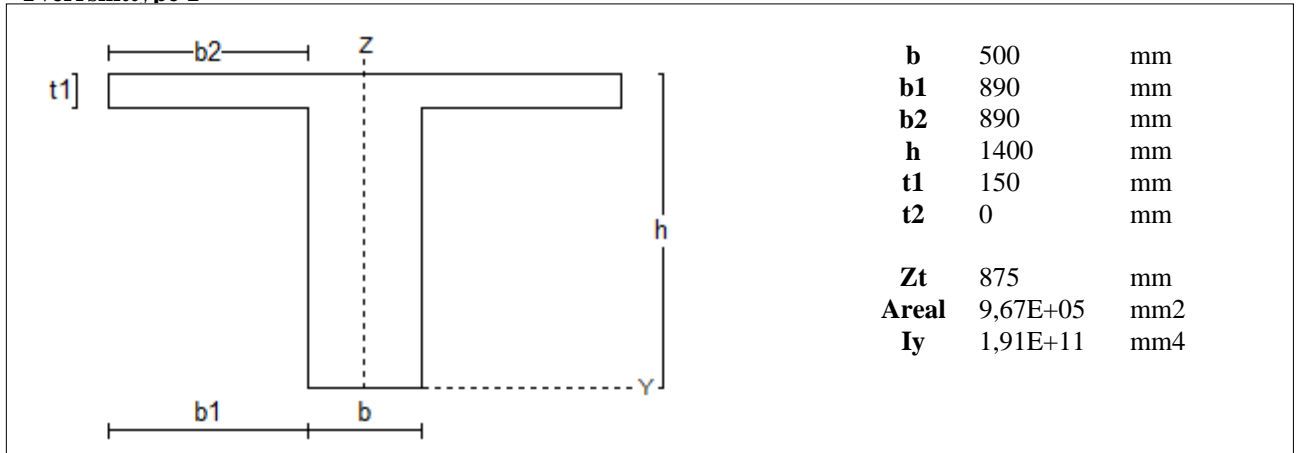


1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tittel Vedlegg A55 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr. 1			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

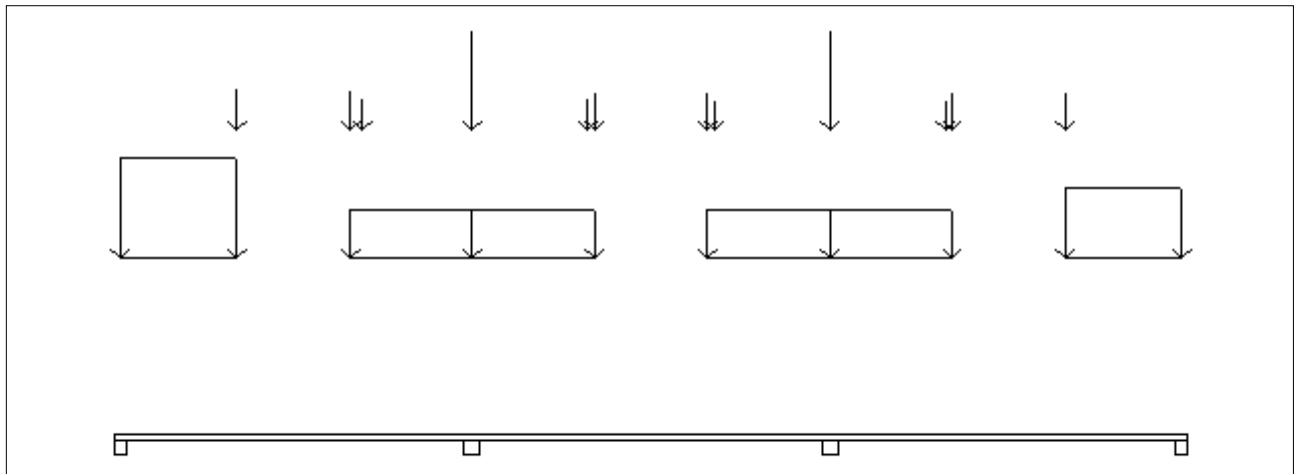
Tverrsnitttype 1



1.2 SØYLER OG OPPLEGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense
Permanent last	1,00	1,00	1,20
Variabel last	0,50	0,20	1,50

PSI-Faktor Kategori H1 : TAK - Snølaster
Krav maks.nedbøyning Konstruksjoner der det pga bruk eller utstyr stilles krav

Pålitelighetsklasse: 2	Bjelkens romvekt: 2500 kg/m ³
------------------------	--

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Tittel Vedlegg A55 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr. 1			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
175,79	116,67	4900	1
175,79	104,12	9650	1
83,70	132,30	10150	1
252,00	440,80	0	2
83,70	132,30	4850	2
175,75	92,25	5125	2
175,75	92,25	9875	2
83,70	123,30	10150	2
252,00	440,80	0	3
83,70	123,30	4850	3
175,75	92,25	5125	3
175,75	92,25	9875	3

Trapeslast (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
43,33	43,33	56,64	56,64	0	4900	1
48,16	48,16	0,00	0,00	9650	14750	1
48,16	48,16	0,00	0,00	0	5125	2
48,16	48,16	0,00	0,00	9875	15000	2
48,16	48,16	0,00	0,00	0	5125	3
38,79	38,79	30,66	30,66	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	1350			
største tilslagsstørrelse, dg(mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		2,39
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00002
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,0003
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekfasthet, f _{ctd}	0,76			

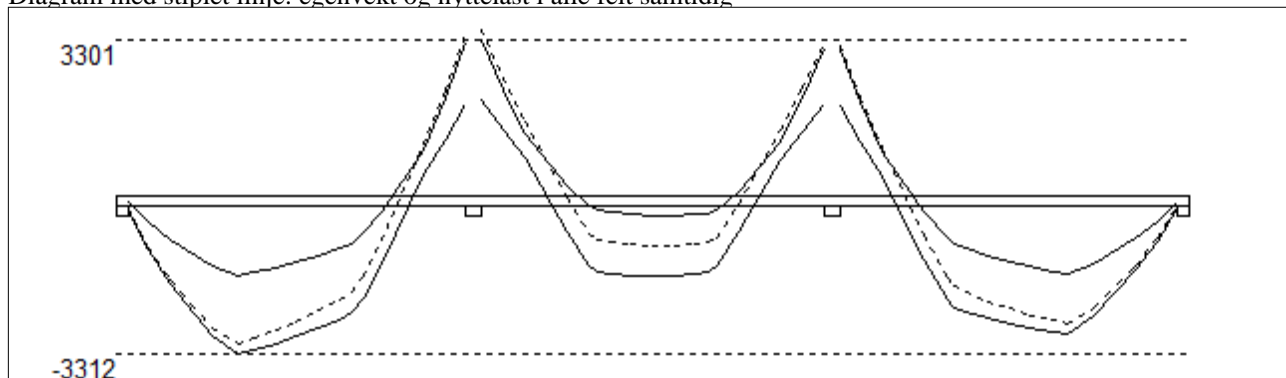
NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: D_{>=16} mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget >=50% av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

Tittel Vedlegg A55 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr. 1			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelast i alle felt samtidig



Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-1456	-1978	-1747	-3312
2	-571	-896	-685	-1662
3	-1430	-1822	-1716	-2892

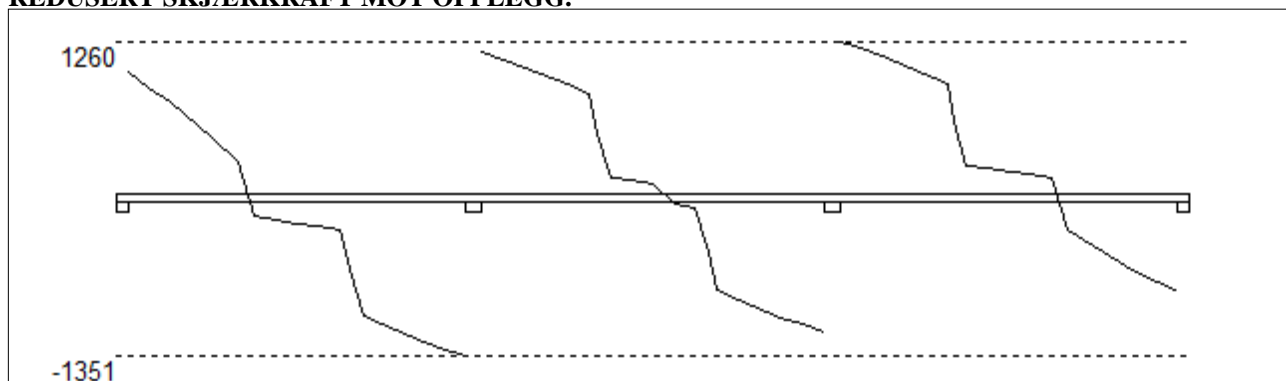
Mg: permanent last Mp: variabel last

Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	1818	2313	2182	3301
3	1805	2234	2166	3107
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.
REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLÈGG.



Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			1042	1004
2	-1389	-1351	1207	1169
3	-1183	-1145	1298	1260
4	-860	-822		

Tittel Vedlegg A55 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr. 1			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1							
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	250	14000	13750	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 1							
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	11360	11560	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	14750	14950	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2							
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

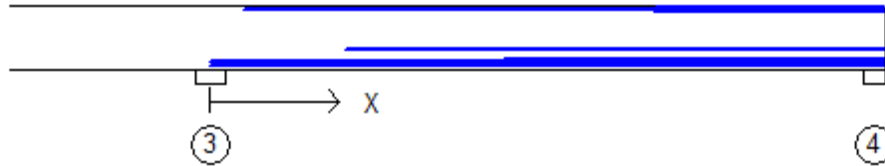


Bestemt armering i underkant i felt nr: 2							
Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A55 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr. 1			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	32	2	0	14950	14950	120	140
2	16	4	3000	14950	11950	430	440

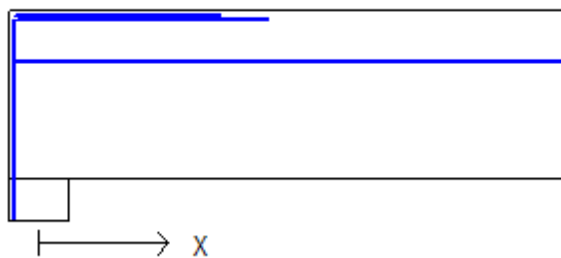
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÈGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

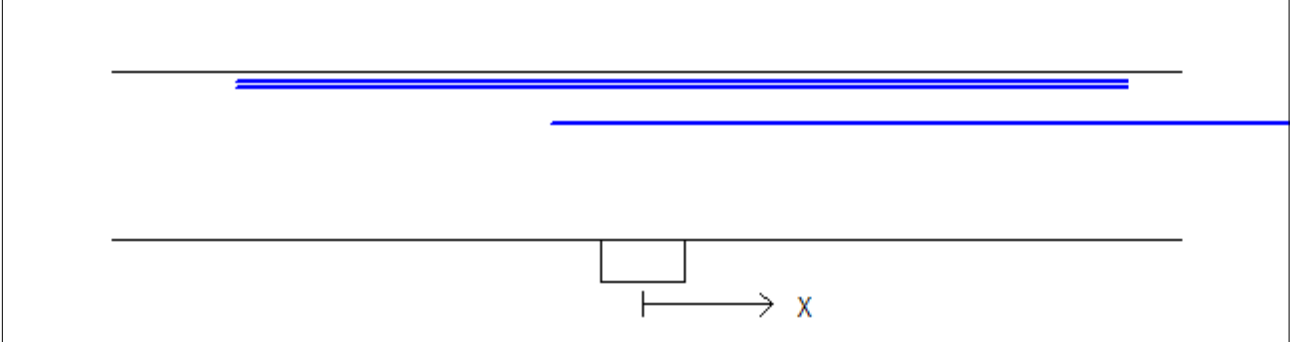
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A55 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr. 1			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

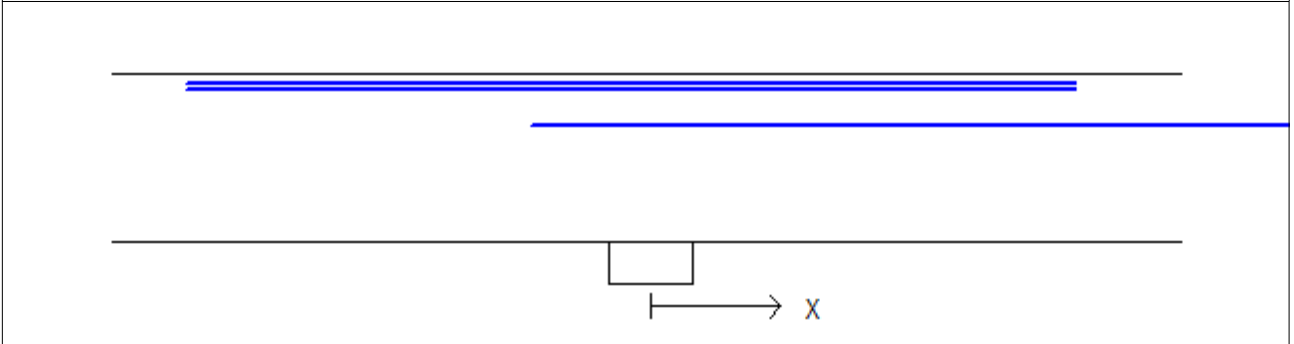
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

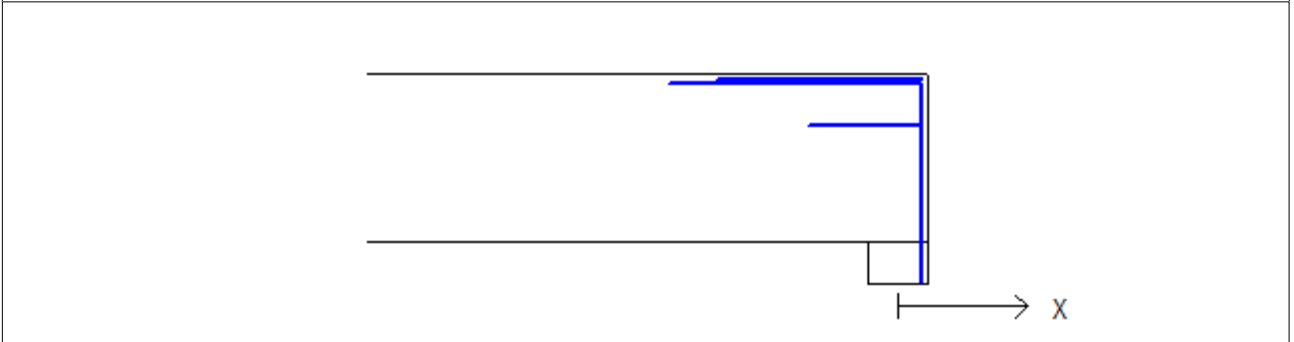
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



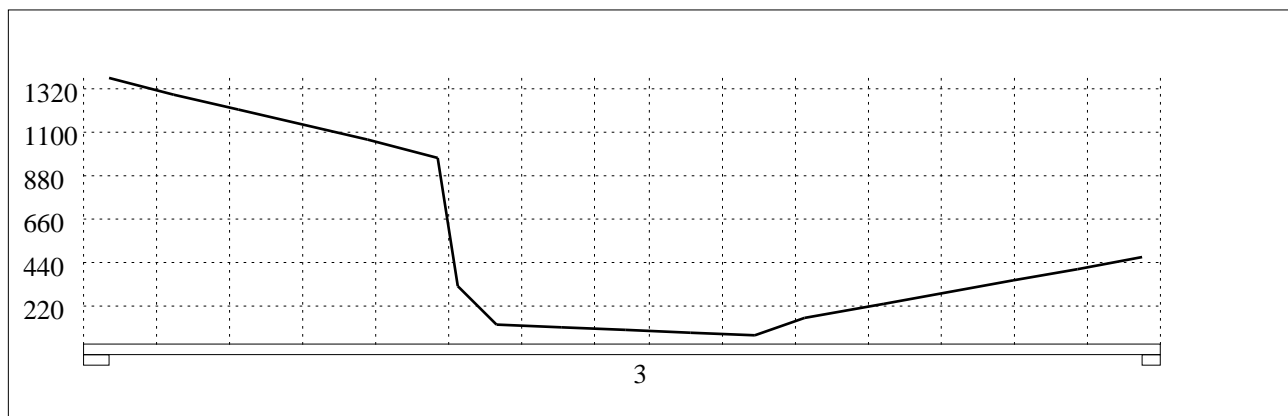
Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0

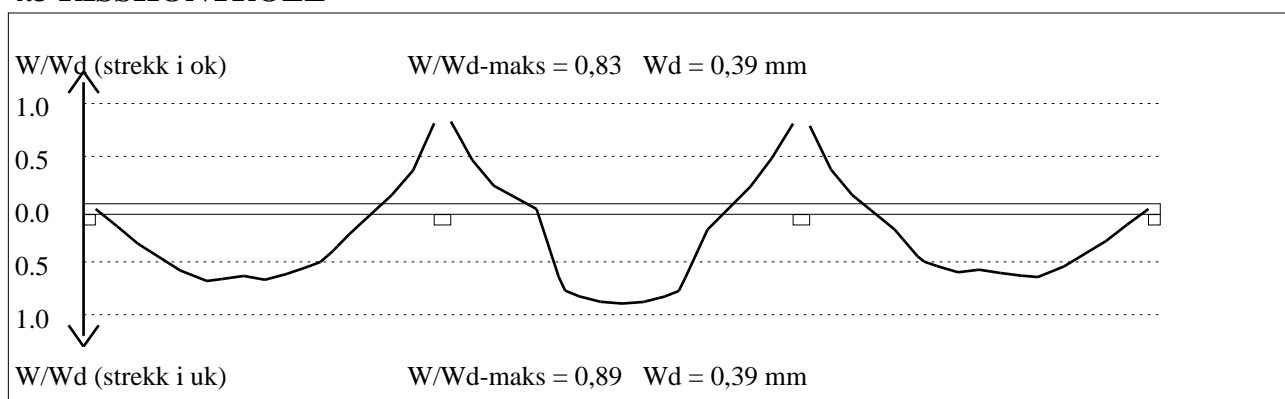


Tittel Vedlegg A55 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr. 1			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022



Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	14	22	26	27
2	9	13	15	20
3	13	21	24	25

5.1 OPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng, Mg: fra egenvekt. Np, Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-469	0,00	-322	0,00			-343	0,00				
2	-1728	0,00	-983	0,00	-341	0,00	-693	0,00				
3	-1719	0,00	-899	0,00	-248	0,00	-716	0,00				
4	-453	0,00	-206	0,00	-225	0,00						

Tittel Vedlegg A55 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr. 1			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

5.2 OPPLÈGGSKREFTER I BRUDDGRENSETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-563	0,00	-482	0,00			-514	0,00
2	-2073	0,00	-1474	0,00	-512	0,00	-1039	0,00
3	-2063	0,00	-1349	0,00	-372	0,00	-1074	0,00
4	-544	0,00	-309	0,00	-337	0,00		

Vedlegg A56 - Bruksgrenselaster Bj.C.307 nr. 2

Laster hentet fra vedlegg A10 2.plate og 3.plate:

2. Plate - midterst med bygg B:

$$L_y := 7.5 \text{ m} \quad L_x := 4.9 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1.531 \quad \rightarrow \quad f := 1.55 \quad \text{Runder verdien konservativt oppover}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (6.5 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast i bruksgrense.
Se vedlegg B3, s. 87

$$S_{Ed.1} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast i bruksgrense for tak
Tappehallen -dominerende last

$$S_{Ed.2} := \frac{10.03}{1.5} \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast i bruksgrense:
trapeslast over hele lengden -
dominerende last

$$S_{Ed.3} := \frac{0.75}{1.5} \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast grunnet bygg C: trekantlast
med lengde på 1.34 m

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0.95 = (1.558 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast i bruksgrense.
Se vedlegg A4 og A5.

Total last:

$$q_{Ed} := G_{Ed} + S_{Ed.2} + S_{Ed.3} + V_{Ed} = (15.245 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Se vedlegg B5 s.316-317 Fast innspent i begge ender for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning

$$q_{yerm.304.2} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.47} = (50.816 \cdot 10^3) \text{ N}$$

3. Plate - innerst:

$$L_x = 4.9 \text{ m} \quad L_y = 7.5 \text{ m} \quad f = 1.55$$

Laster:

$$G_{Ed} = (6.5 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Egenlast i bruksgrense}$$

$$S_{Ed.1} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Snølast i bruksgrense for tak Tappehallen}$$

$$S_{Ed.2} = (6.687 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Snølast i bruksgrense: trapeslast over hele lengden fra bygg B}$$

$$S_{Ed.3} := \frac{7.11}{1.5} \frac{kN}{m} \quad \text{Snølast i bruksgrense: trapeslast over hele lengden fra bygg C}$$

$$S_{Ed.tr} := S_{Ed.1} + S_{Ed.3} \cdot \frac{(8.84 \text{ m} - L_y)}{8.84 \text{ m}} \quad \text{Korte siden av trapeset}$$

Total last:

$$q_{Ed.3} := G_{Ed} + S_{Ed.2} + S_{Ed.3} + V_{Ed} = (19.485 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

$$q_{Ed.4} := S_{Ed.2} - S_{Ed.tr} = (2.708 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Total trekantlast}$$

Se vedlegg B5 s.312-313 Fast innspent i en ende for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning

$$q_{yerm.304.3.1} := \frac{(q_{Ed.3} \cdot L_x)}{1.43} = (66.766 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Se vedlegg B5 s.331 Fast innspent i en ende for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning -Trekantlast

$$x_4 := 2.03 - \frac{((2.03 - 1.8) \cdot 0.05)}{0.5}$$

$$q_{yerm.304.3.2} := \frac{(q_{Ed.4} \cdot L_x)}{x_4} = (6.612 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$q_{yerm.304.2} := 50.816 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.3.1} := 66.766 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.3.2} := 6.612 \frac{kN}{m}$$

$$q_{307.1} := q_{yerm.304.2} + q_{yerm.304.3.1} - q_{yerm.304.3.2} = (110.97 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 2.plate og 3.plate:

2.Plate -ytterst mot bygg B:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{kN}{m} = (6.5 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Egenlast i bruksgrense Se vedlegg B3 s.87

$$S_{Ed.1} := 3.26 \frac{kN}{m} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Snølast i bruksgrense for tak Tappehall Se vedlegg A2

$$S_{Ed.2} := \frac{3.17}{1.5} \frac{kN}{m}$$

Snølast i bruksgrense fra tak bygg B -virker konservativt over hele

$$S_{Ed.3} := \frac{1.08}{1.5} \frac{kN}{m}$$

Snølast i bruksgrense fra bygg C -virker konservativt som en jevnt fordelt last

$$V_{Ed} := 1.56 \frac{kN}{m} = (1.56 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Vindlast i bruksgrense Se vedlegg A4 og A5

Totale laster:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.3} + V_{Ed} = (12.04 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Total jevnt fordelt last

$$q_{Ed.2} := S_{Ed.2} = (2.113 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Trekantlast

Opplagerreaksjoner:

$$q_{1.A} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (28.595 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for jevnt fordelt last

$$q_{2.A} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{3} = (3.346 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekantlast i opplager mot bygg B

$$q_{2.B} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{6} = (1.673 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekant last i opplager mot kant tak

$$q_{301.A} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.A})}{1 \text{ m}} + 8 \frac{kN}{m} = (39.941 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301 mot bygg B

$$q_{301.B} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.B})}{1 \text{ m}} + 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (38.268 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke
Bj.C.301 mot kant tak

$$P_{307.1.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (149.779 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke
Bj.C.307

$$P_{307.2.1} := \frac{(q_{301.B} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (143.505 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307

3. Plate -innerst mot bygg B:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} = (6.5 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast i bruksgrense

$$S_{Ed.1} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast i bruksgrense for tak
Tappehall

$$S_{Ed.2} = (2.113 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast i bruksgrense fra bygg
B -virker konservativt over hele

$$S_{Ed.3} := \frac{5.61}{1.5} \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (3.74 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast i bruksgrense fra bygg C -regner
konservativt med den største verdien

$$V_{Ed} = (1.56 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast i bruksgrense

Totale laster:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.3} + V_{Ed} = (15.06 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Total jevnt fordelt last

$$q_{Ed.2} := S_{Ed.2} = (2.113 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Trekantlast

Opplagerreaksjoner:

$$q_{1.A} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (35.768 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for jevnt
fordelt last

$$q_{2.A} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{3} = (3.346 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekantlast i
opplager mot bygg B

$$q_{2.B} := \frac{(q_{Ed.2} \cdot L)}{6} = (1.673 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for trekant last i
opplager mot kant tak

$$q_{301.A} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.A})}{1 \text{ m}} + 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (47.114 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke
Bj.C.301 mot bygg B

$$q_{301.B} := \frac{(q_{1.A} + q_{2.B})}{1 \text{ m}} + 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (45.441 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke
Bj.C.301 mot kant tak

$$P_{307.1.2} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (176.676 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke
Bj.C.307

$$P_{307.2.2} := \frac{(q_{301.B} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (170.402 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke
Bj.C.307

$$P_{307.1.1} := 149.799 \text{ kN}$$

$$P_{307.2.1} := 144.505 \text{ kN}$$

$$P_{307.1.2} := 176.676 \text{ kN}$$

$$P_{307.2.2} := 170.402 \text{ kN}$$

$$P_{307.1} := P_{307.1.1} + P_{307.1.2} = (326.475 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307

$$P_{307.2} := P_{307.2.1} + P_{307.2.2} = (314.907 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307

Laster hentet fra vedlegg A30 2.plate og 3.plate:

2. Plate - midterst:

$$L_x := 7.5 \text{ m}$$

$$L_y := 10.25 \text{ m}$$

$$f := 1.4$$

Laster:

$$G_{Ed} := \frac{6.1}{1.2} \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (5.083 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast i bruksgrense Se vedlegg B3 s.87

Vedlegg B5 s.318-319 Fast innspent i begge ender for y-retning og fritt opplagt i
begge ender for x-retning

$$q_{xerm.305.2} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x)}{1.9} = (20.066 \cdot 10^3) \text{ N}$$

3. Plate - innerst:

$$L_x = 7.5 \text{ m} \quad L_y = 10.25 \text{ m} \quad f = 1.4$$

Laster:

$$G_{Ed} = (5.083 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Egenlast i bruksgrense}$$

Vedlegg B5 s.314-315 Fast innspent i en ende for y-retning og fritt opplagt i begge ender for x-retning

$$q_{xerm.305.3} := \frac{(G_{Ed} \cdot L_x)}{1.58} = (24.13 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$q_{307.2} := q_{xerm.305.2} + q_{xerm.305.3} = (44.196 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A29 2.plate og 3.plate

2.Plate -midterst:

$$G_{Ed} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = (5 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast fra nytt dekke i bruksgrense
Fra Byggforsk Blad 471.031

$$P_{Ed} := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (4 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Nyttelast fra takterrassen i bruksgrense
-dominerende last Se Vedlegg A1

$$S_{Ed} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast i bruksgrense
Se vedlegg A2

$$S_{Ed.2} := \frac{0.75}{1.05} \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast grunnet bygg C:
trekantlast med lengde på 1.34 m

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0.95 = (1.558 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast i bruksgrense
Se vedlegg A4 og A5

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} + S_{Ed} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (14.532 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Jevnt fordelt last}$$

$$L := 10.25 \text{ m}$$

$$V_{Ed,1} := 0.375 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (27.929 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Skjær i første og tredje opplegg

$$V_{Ed,2} := 1.25 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (93.097 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Skjær i andre opplegg

3. Plate -innerst:

$$G_{Ed} = (5 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast fra nytt dekke i bruksgrense

$$P_{Ed} := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (4 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Nyttelast fra takterrassen i bruksgrense -dominerende last

$$S_{Ed} := 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (8 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast i bruksgrense -trekantlast grunnet bygg C

$$V_{Ed} = (1.558 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast i bruksgrense

Regner konservativt med den største verdien av snølasten

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} + S_{Ed} + V_{Ed} = (18.558 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$V_{Ed,1} := 0.375 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (35.666 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$V_{Ed,2} := 1.25 \cdot q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (118.887 \cdot 10^3) \text{ N}$$

4. Bjelke -midterst mot bygg B

$$\text{HEA500} \quad L := 7.5 \text{ m}$$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (1.55 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast i bruksgrense

$$P_{Ed} := 27.929 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Last fra 2. plate

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} = (29.479 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (110.546 \cdot 10^3) \text{ N}$$

7.Bjelke -innerst mot bygg B

HEA500 $L := 7.5 \text{ m}$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{kN}{m} = (1.55 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Egenlast i bruksgrense}$$

$$P_{Ed} := 35.666 \frac{kN}{m} \quad \text{Last fra 3.plate}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} = (37.216 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (139.56 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{307.1} := 110.546 \text{ kN} + 139.56 \text{ kN} = (250.106 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Punktlast over bjelke Bj.C.307}$$

5.Bjelke -midterst i midten:

HEA500 $L := 7.5 \text{ m}$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{kN}{m} = (1.55 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Egenlast i bruddgrense}$$

$$P_{Ed} := 93.097 \frac{kN}{m} \quad \text{Last fra 2.plate}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} = (94.647 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (354.926 \cdot 10^3) \text{ N}$$

8.Bjelke -innerst i midten

HEA500 $L := 7.5 \text{ m}$

$$G_{Ed} := 1.55 \frac{kN}{m} = (1.55 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Egenlast i bruksgrense}$$

$$P_{Ed} := 118.887 \frac{kN}{m} \quad \text{Last fra 3.plate}$$

$$q_{Ed} := G_{Ed} + P_{Ed} = (120.437 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

$$V_{Ed} := q_{Ed} \cdot \frac{L}{2} = (451.639 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{307.2} := 354.926 \text{ kN} + 451.639 \text{ kN} = (806.565 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over
bjelke Bj.C.307

6.Bjelke -midterst mot kant tak:

Se beregning 4. bjelke

$$V_{Ed} := 110.546 \text{ kN}$$

9.Bjelke -innerst mot kant tak:

Se beregning 7. bjelke

$$V_{Ed} := 139.56 \text{ kN}$$

$$P_{307.3} := 110.546 \text{ kN} + 139.56 \text{ kN} = (250.106 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over
bjelke Bj.C.307

$$P_{307.1} = (250.106 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{307.2} = (806.565 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{307.3} = (250.106 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Laster hentet fra vedlegg A7 5.plate og 6.plate:

5.Plate -midterst i midten:

$$L := 4.75 \text{ m}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (6.5 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast i bruksgrense [Se vedlegg B3 s.87](#)

$$S_{Ed.1} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast i bruksgrense for tak Tappehall [Se vedlegg A2](#)

$$S_{Ed.2} := \frac{3.17}{1.5} \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast i bruksgrense fra tak bygg B -virker konservativt over hele

$$S_{Ed.2} := \frac{1.08}{1.5} \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast i bruksgrense fra bygg C -regner konservativt med den største verdien

$$V_{Ed} := 1.56 \frac{kN}{m} = (1.56 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Vindlast i bruksgrense
Se vedlegg A4 og A5

Total last:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (12.04 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Opplagerreaksjoner:

$$q_1 := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (28.595 \cdot 10^3) N$$

Opplagerreaksjon for jevnt fordelt last

$$q_{301.A} := \frac{(q_1)}{1 m} + 8 \frac{kN}{m} = (36.595 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301

$$P_{307.3.1} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 m)}{2} = (137.231 \cdot 10^3) N \quad \text{Punktlast over bjelke Bj.C.307}$$

$$P_{307.4.1} := P_{307.3.1} = (137.231 \cdot 10^3) N$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307

6. Plate -innerst i midten:

$$L := 4.75 m$$

Laster:

$$G_{Ed} = (6.5 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Egenlast i bruksgrense

$$S_{Ed.1} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Snølast i bruksgrense for tak Tappehall

$$S_{Ed.2} := \frac{5.61 kN}{1.5 m}$$

Snølast i bruksgrense fra bygg C -virker konservativt over hele

$$V_{Ed} = (1.56 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Vindlast i bruksgrense

Total last:

$$q_{Ed.1} := G_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} + V_{Ed} = (15.06 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Opplagerreaksjoner:

$$q_1 := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L)}{2} = (35.768 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Opplagerreaksjon for jevnt fordelt last

$$q_{301.A} := \frac{(q_1)}{1 \text{ m}} + 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (43.768 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Jevnt fordelt last over bjelke Bj.C.301

$$P_{307.3.2} := \frac{(q_{301.A} \cdot 7.5 \text{ m})}{2} = (164.128 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307

$$P_{307.4.2} := P_{307.3.2} = (164.128 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307

$$P_{307.3.1} := 137.231 \text{ kN}$$

$$P_{307.4.1} := 137.231 \text{ kN}$$

$$P_{307.3.2} := 164.128 \text{ kN}$$

$$P_{307.4.2} := 164.128 \text{ kN}$$

$$P_{307.3} := P_{307.3.1} + P_{307.3.2} = (301.359 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307

$$P_{307.4} := P_{307.4.1} + P_{307.4.2} = (301.359 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307

Laster hentet fra vedlegg A30 og A29 5.plate og 6.plate. Se beregning over for 2.plate og 3.plate.

$$q_{307.3} := q_{307.2} = (44.196 \cdot 10^3) \text{ N}$$

$$P_{307.1} = (250.106 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307

$$P_{307.2} = (806.565 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307

$$P_{307.3} := P_{307.1} = (250.106 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Punktlast over bjelke Bj.C.307

Laster hentet fra vedlegg A7 8.plate og 9.plate. Se beregning over for 5.plate og 6.plate

$$P_{307.5} := 301.359 \text{ kN}$$

$$P_{307.6} := 301.359 \text{ kN}$$

Laster hentet vedlegg A10 5.plate og 6.plate:

5. Plate - midterste:

$$L_y := 7.5 \text{ m} \quad L_x := 4.9 \text{ m} \quad f := 1.55$$

$$\frac{L_y}{L_x} = 1.531 \quad \rightarrow \quad f := 1.55 \quad \text{Runder verdien konservativt oppover}$$

Laster:

$$G_{Ed} := 6.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (6.5 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast i bruksgrense.
Se vedlegg B3, s. 87

$$S_{Ed.1} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (3.26 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Snølast i bruksgrense for tak
Tappehallen -dominerende last

$$S_{Ed.2} := \frac{1.08}{1.5} \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snølast fra bygg C: trekantlast med
lengre 1.34m

$$V_{Ed} := 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0.95 = (1.558 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast i bruksgrense.
Se vedlegg A4 og A5.

Tar konservativt trekantlasten til snø som en jevnt fordelt last over hele platen.

$$q_{Ed} := G_{Ed} + V_{Ed} + S_{Ed.1} + S_{Ed.2} = (12.038 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \quad \text{Total jevnt fordelt last}$$

Se vedlegg B5 s.316-317. Fast innspent i begge ender for x-retning og fritt opplagt for begge ender i y-retning.

$$q_{yerm.304.5} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.86} = (31.713 \cdot 10^3) \text{ N}$$

6. Plate -innerst

$$L_y = 7.5 \text{ m} \quad L_x = 4.9 \text{ m} \quad f = 1.55$$

Laster:

$$G_{Ed} = (6.5 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Egenlast i bruksgrense

$$V_{Ed} = (1.558 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Vindlast i bruksgrense

$$S_{Ed} := 8 \frac{kN}{m} = (8 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2} \quad \text{Snølast i bruksgrense}$$

$$S_{Ed.1} := \frac{6.03}{1.5} \frac{kN}{m}$$

Total last:

$$q_{Ed} := G_{Ed} + V_{Ed} + S_{Ed} = (16.058 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

$$q_{Ed.1} := S_{Ed.1} = (4.02 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

Se vedlegg B5 s. 312-313. Fast innspent i en ende for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning

$$q_{yerm.304.6.1} := \frac{(q_{Ed} \cdot L_x)}{1.43} = (55.024 \cdot 10^3) N$$

Se vedlegg B5 s. 331. Fast innspent i en ende for x-retning og fritt opplagt i begge ender for y-retning- Trekantlast.

$$x_4 := 2.03 - \frac{(0.23 \cdot 0.05)}{0.5} = 2.007$$

$$q_{yerm.304.6.2} := \frac{(q_{Ed.1} \cdot L_x)}{x_4} = (9.815 \cdot 10^3) N$$

$$q_{yerm.304.5} := 31.713 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.6.1} := 55.024 \frac{kN}{m} \quad q_{yerm.304.6.2} := 9.815 \frac{kN}{m}$$

$$q_{307.4} := q_{yerm.304.5} + q_{yerm.304.6.1} - q_{yerm.304.6.2} = (76.922 \cdot 10^3) \frac{kg}{s^2}$$

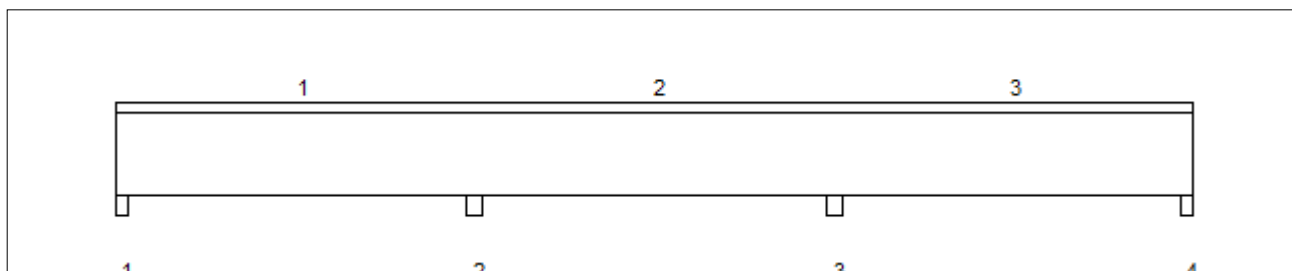
Tittel Vedlegg A57 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr.2			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 22-05-2022

Dataprogram: K-Bjelke versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1:2004 + NA:2008 og NS-EN 1990:2002

INNHOOLD

- 1.0 Figur med feltnummer og oppleggsnummer
- 1.1 Spennvidder og tverrsnittdata
- 1.2 Søylar og oppleggspunkt
- 1.3 Lastdata og Lastfaktorer
- 1.4 Materialdata
- 2.1 Momentdiagrammer
- 2.2 Skjærkraftdiagrammer
- 3.1-1 Bestemt armering i felt
- 3.1-2 Bestemt støttearmering
- 3.2 Forankringslengde
- 3.3 Forankringsarmering i underkant ved endeopplegg
- 3.4 Minimumsarmering
- 4.1 Momentkapasitetskurver (armeringens utnyttelsesgrad)
- 4.2 Skjærarmering
- 4.3 Risskontroll
- 4.4 Nedbøyning
- 5.1 Oppleggskrefter i bruksgrensetilstand
- 5.2 Oppleggskrefter i bruddgrensetilstand

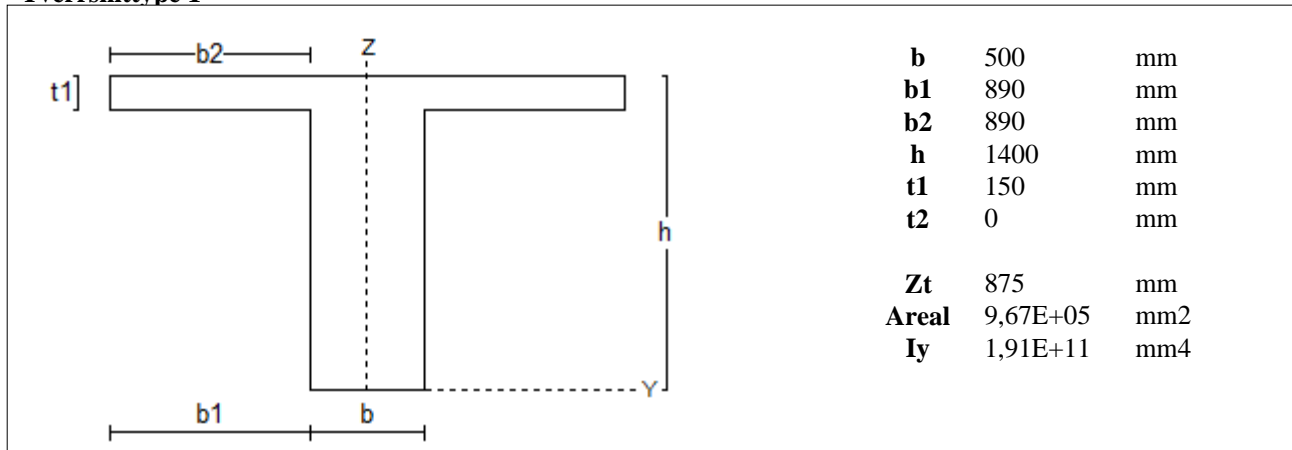
1.0 BJELKE MED 4 OPPLEGGSPUNKTER



1.1 SPENNVIDDER [mm], OG TVERRSNITTYPER

Felt nr	v.utkr.	1	2	3	h.utkr.
Spennvidde	250	14750	15000	14750	250
Tverrsnitttype	1	1	1	1	1

Tverrsnitttype 1

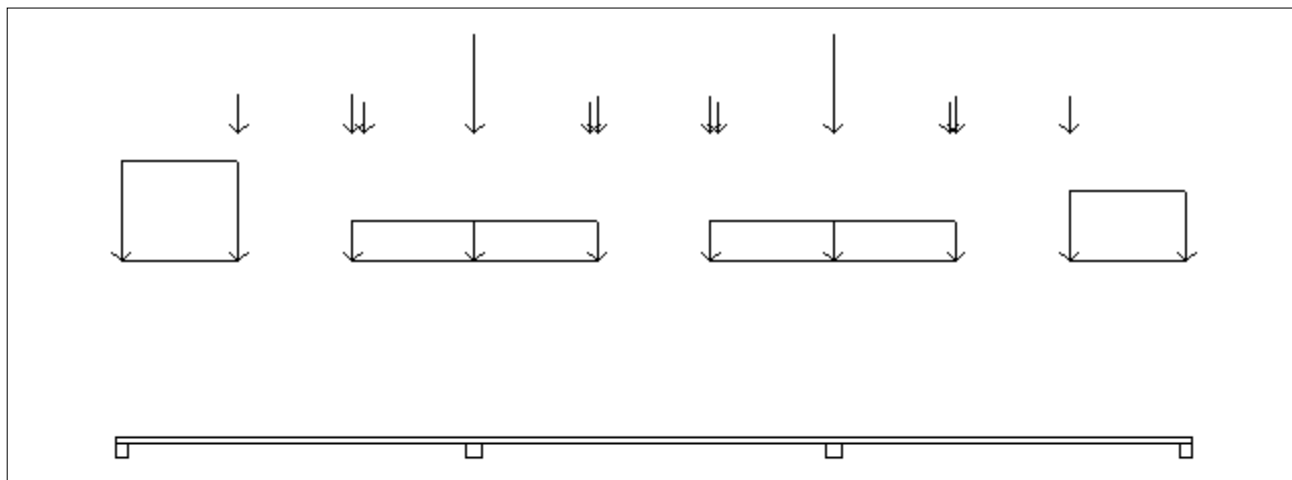


Tittel Vedlegg A57 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr.2			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 22-05-2022

1.2 SØYLER OG OPPLÈGGSPUNKT [mm]

Opplegg nr	Søyler på bjelkens underside				Søyler på bjelkens overside			
	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)	kode	lengde	h/diameter	b(tverretn)
1	Fri		500					
2	Fri		700					
3	Fri		700					
4	Fri		500					

1.3 LASTBILDE



Lastfaktorer

	Nedbøyning	Risskontroll	Bruddgrense
Permanent last	1,00	1,00	1,20
Variabel last	0,50	0,20	1,50

PSI-Faktor Kategori H1 : TAK - Snølaster
Krav maks.nedbøyning Konstruksjoner der det pga bruk eller utstyr stilles krav

Pålitelighetsklasse: 2

Bjelkens romvekt: 2500 kg/m³

Jevnt fordelt last (kN/m)

Felt nr	Egenvekt	Permanent last	Variabel last
1	24,18	0,00	0,00
2	24,18	0,00	0,00
3	24,18	0,00	0,00

Punktlast (kN)

x: avstand fra punktlast til venstre ende i felt

Permanent	Variabel	x (mm)	Felt
175,80	150,67	4900	1
176,78	138,13	9650	1
83,69	166,41	10150	1
251,86	554,71	0	2
83,69	166,41	4850	2
175,78	125,58	5125	2
175,78	125,58	9875	2
83,69	166,41	10150	2
251,86	554,71	0	3
83,69	166,41	4850	3
175,78	125,58	5125	3
175,78	125,58	9875	3

Tittel Vedlegg A57 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr.2			Side 3
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 22-05-2022

Trapeslaster (kN)

Permanent last i lastendepunkt		Variabel last i lastendepunkt		Avstand til feltende		Felt
g1 (kN/m)	g2 (kN/m)	p1 (kN/m)	p2 (kN/m)	x1 (mm)	x2 (mm)	nr
43,94	43,94	67,03	67,03	0	4900	1
44,20	44,20	0,00	0,00	9650	14750	1
44,20	44,20	0,00	0,00	0	5125	2
44,20	44,20	0,00	0,00	9875	15000	2
44,20	44,20	0,00	0,00	0	5125	3
39,40	39,40	37,53	37,53	9875	14750	3

1.4 MATERIALDATA

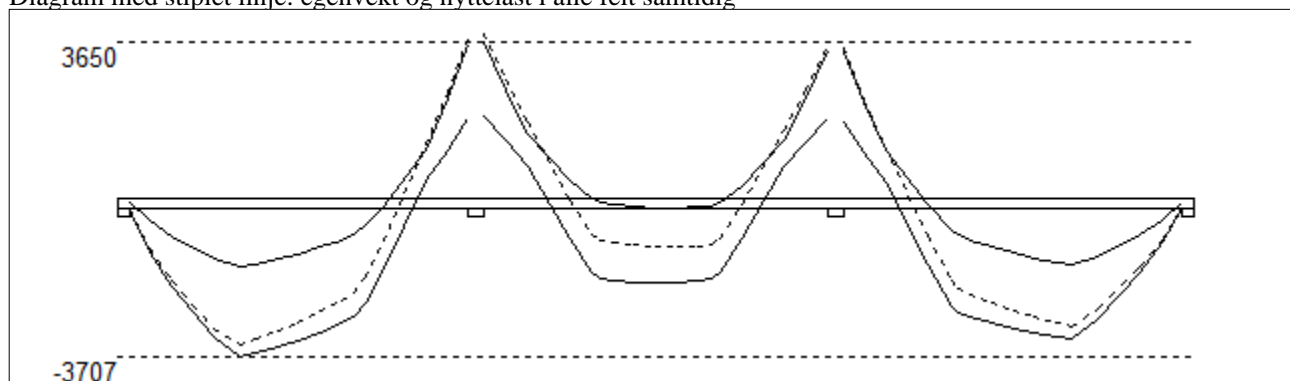
Korreksjonsfaktor for Emodul pga tilslag	1	Eksponeringsklasse	XC3	XC3
Materialkoeffisient betong	1,5	Lite korrosjonsømfintlig armering		
Materialkoeffisient stål	1,25	Dimensjonerende levetid		50
Betongkvalitet	B16 (C16/20)			
Tilslagets spesifikke tyngde (kg/m ³)	2400			
Sement i fasthetsklasse (R / N / S)	N	Min. overdekning	uk	ok
Armering flytegrense	400	Min krav	25	25
Bøyler flytegrense	400	Toleransekrav +/-	10	10
Relativ fuktighet %	40	Min. nominell overdekning	35	35
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28			
Effektiv høyde, h ₀ (EN 1992-1-1 3.1.4(5))	265			
største tilslagsstørrelse, d _g (mm)	22	Kryptall, FI 28_5000		3,13
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Svinntøyning, FI 0_28		-0,00007
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Svinntøyning, FI 28_5000		-0,00041
Middel verdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91			
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76			

NA.6.2.2(1) Følgende krav til tilslag i betongen er oppfylt:

1. Største tilslag etter NS-EN 12620: $D \geq 16$ mm (D= 22 mm)
2. Det grove tilslaget $\geq 50\%$ av total tilslagsmengde
3. Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet

2.1 MOMENTDIAGRAMMER FOR MAKS OG MIN MOMENT I BRUDDGRENSETILSTAND, MED NYTTELAST I UGUNSTIGE FELT

Diagram med stiplet linje: egenvekt og nyttelest i alle felt samtidig



Tittel Vedlegg A57 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr.2			Side 4
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 22-05-2022

Største negative feltmomenter (strekk i uk)(kNm)

Felt	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	-1457	-2110	-1749	-3707
2	-555	-987	-666	-1963
3	-1430	-1945	-1716	-3262

Mg: permanent last Mp: variabel last

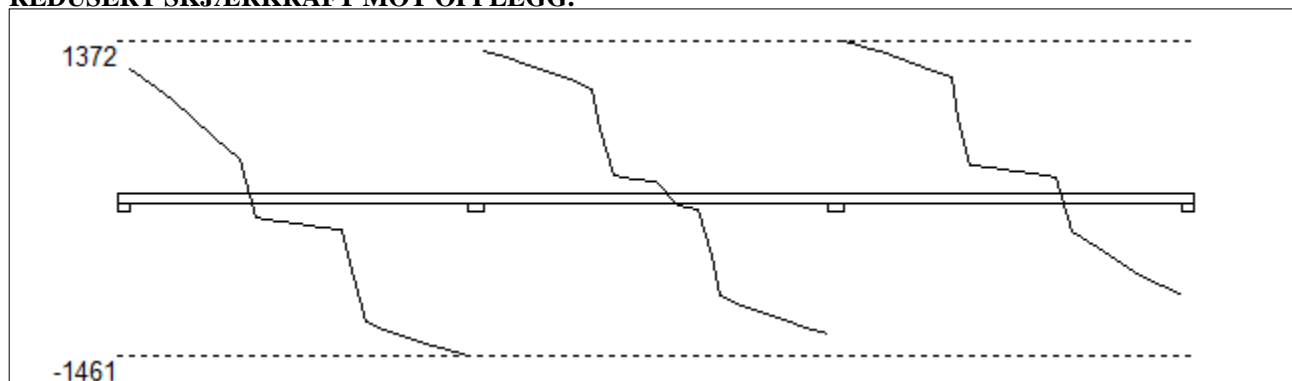
Største positive momenter ved kant av opplegg (kNm)

Opplegg	Bruksgrense		Bruddgrense	
	Mg	Mg+Mp	Mg	Mg+Mp
1	0	0	0	0
2	1790	2426	2148	3650
3	1774	2346	2129	3459
4	0	0	0	0

2.2 SKJÆRKRAFTDIAGRAM I BRUDDGRENSETILSTAND

MED NYTTELAST I UGUNSTIGSTE FELT.

REDUSERT SKJÆRKRAFT MOT OPPLEGG.


Største skjærkraft i bruddgrensetilstand (kN)

Opplegg	Venstre side av opplegg		Høyre side av opplegg	
	Vgamma	Vredusert	Vgamma	Vredusert
1			1159	1120
2	-1499	-1461	1311	1273
3	-1292	-1254	1411	1372
4	-960	-922		

Tittel Vedlegg A57 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr.2			Side 5
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 22-05-2022

3.1-1 BESTEMT ARMERING I FELT

Kantavstand er avstand fra senter av armering til underkant eller overkant

Toleranseavvik for overdekning: +/- 10 mm

X1 og X2 er regnet fra senter av venstre opplegg i betraktet felt.

Bestemt armering i overkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	-200	14000	14200	62	82
12	10	3	-250	4900	5150	122	128
6	10	1	-250	4900	5150	48	54
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54

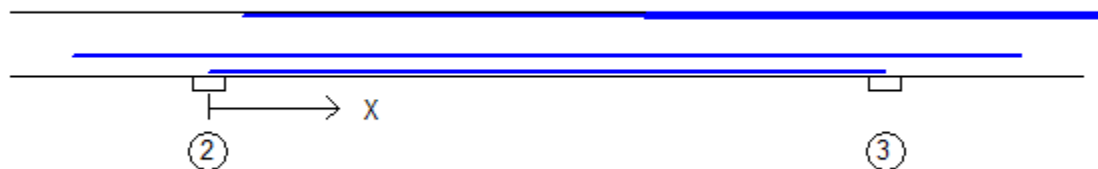


Bestemt armering i underkant i felt nr: 1

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	-200	14750	14950	63	83
2	32	2	-200	14750	14950	120	140
1	32	3	-200	7400	7600	170	190
2	16	4	-200	11750	11950	430	440
2	32	2	-200	11360	11560	120	140

Bestemt armering i overkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
2	25	2	750	14000	13250	66	82
10	10	3	9650	19900	10250	122	128
6	10	1	9650	19900	10250	48	54



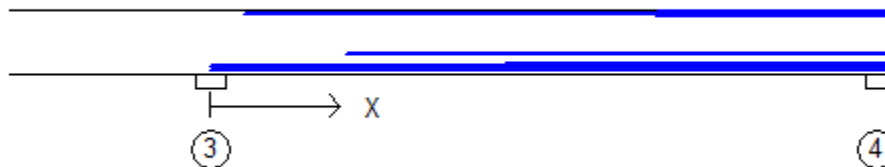
Bestemt armering i underkant i felt nr: 2

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
5	25	1	0	15000	15000	67	83
2	16	4	-3000	18000	21000	430	440

Tittel Vedlegg A57 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr.2			Side 6
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 22-05-2022

Bestemt armering i overkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
3	32	2	750	14950	14200	62	82
12	10	3	9850	14950	5100	122	128
6	10	1	9850	14950	5100	48	54



Bestemt armering i underkant i felt nr: 3

Antall	Diameter	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning	Kantavstand
4	32	1	0	14950	14950	63	83
2	32	2	2990	14950	11960	120	140
1	32	3	6500	14950	8450	170	190
2	16	4	3000	14950	11950	430	440
2	32	2	0	14950	14950	120	140

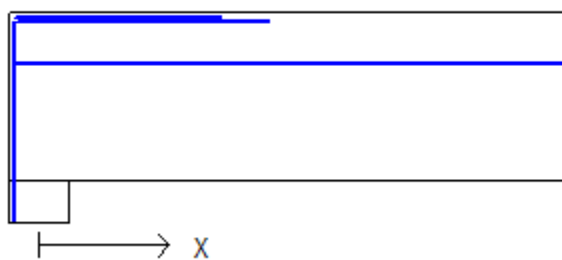
3.1-2 BESTEMT ARMERING I OVERKANT VED OPPLÉGG

Denne armeringen kommer i tillegg til overkantarmering i felt.

Støttearmering over opplegg nr: 1

Forankring = forankringsfaktor for venstre bjelkenende (0-1)

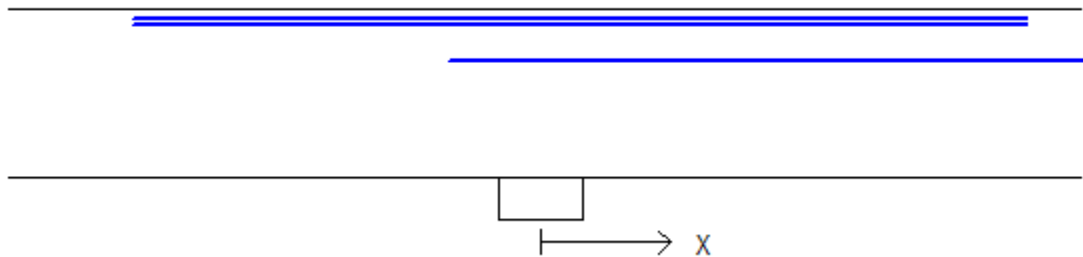
Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-200	1910	62	1
2	16	4	-200	14000	418	0
6	10	1	-200	1500	48	0



Tittel Vedlegg A57 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr.2			Side 7
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 22-05-2022

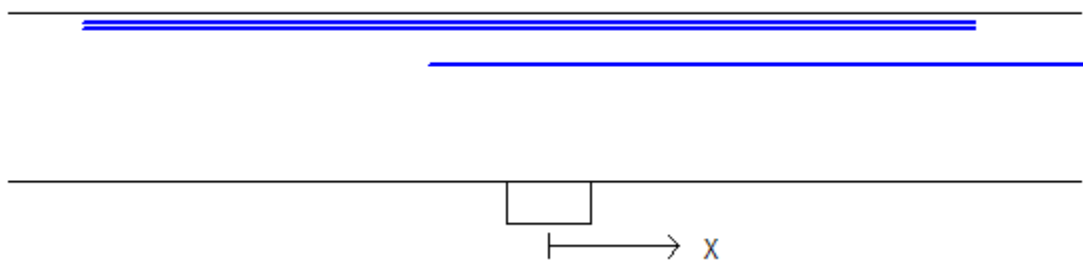
Støttearmering over opplegg nr: 2

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3380	4040	7420	62
4	32	3	-3380	4040	7420	108
2	16	4	-750	14000	14750	418



Støttearmering over opplegg nr: 3

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	L (mm)	Overdekning
4	32	2	-3860	3530	7390	62
4	32	3	-3860	3530	7390	108
2	16	4	-1000	14000	15000	418



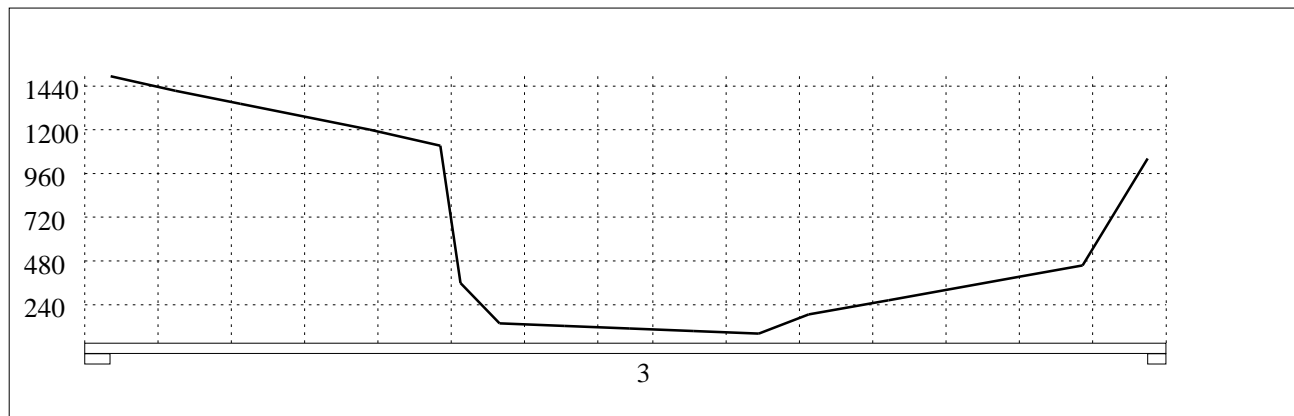
Støttearmering over opplegg nr: 4

Forankring = forankringsfaktor for høyre bjelkenende (0-1)

Antall	Ø (mm)	Lag	X1 (mm)	X2 (mm)	Overdekning	Forankring
5	32	2	-1910	200	62	1
2	16	4	-750	200	418	0
6	10	1	-1500	200	48	0

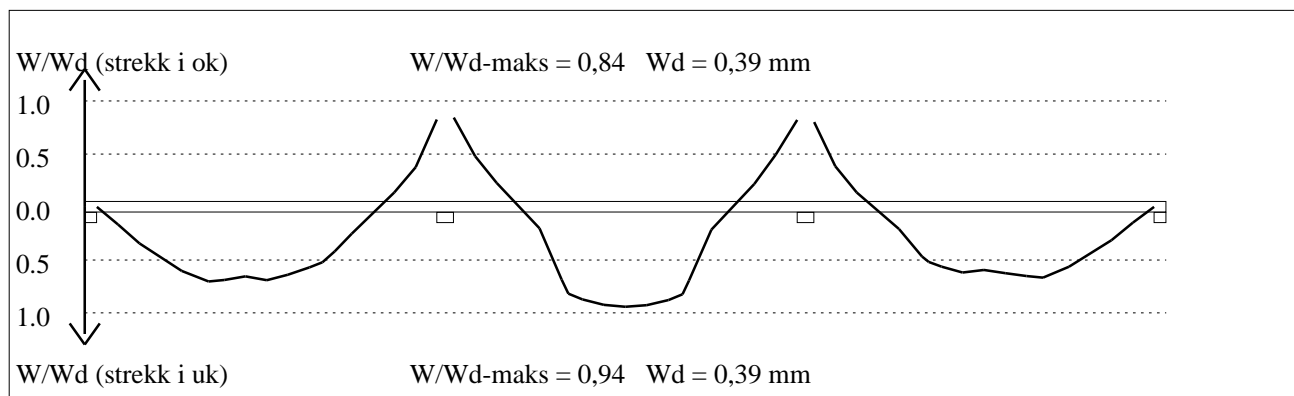


Tittel Vedlegg A57 - Bruksgrensek kontroll Bj.C.307 nr.2			Side 11
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 22-05-2022



Skjærarmoring i tverretning (mm²/m) for felt nr 3 Avstand mellom vertikalstreker = 1.0 m

4.3 RISSKONTROLL



4.4 NEDBØYNINGER I BRUKSGRENSETILSTAND (mm)

Felt	Permanent last		Permanent + variabel last (lang tid)	
	Kort tid	Lang tid	Nyttelast i alle felt	Nyttelast i betraktet felt
1	15	25	30	32
2	9	15	18	25
3	14	24	29	30

5.1 OPPLEGGSKREFTER I BRUKSGRENSETILSTAND (kN og kNm) (alle lastfaktorer = 1)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt				Variabel last i alle felt				Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt		Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-471	0,00	-391	0,00			-419	0,00				
2	-1689	0,00	-1250	0,00	-432	0,00	-886	0,00				
3	-1680	0,00	-1173	0,00	-332	0,00	-923	0,00				
4	-454	0,00	-263	0,00	-289	0,00						

Tittel Vedlegg A57 - Bruksgrensekontroll Bj.C.307 nr.2			Side 12
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 22-05-2022

5.2 OPPLGGSKREFTER I BRUDDGRENETILSTAND (kN og kNm)

Ng,Mg: fra egenvekt. Np,Mp: fra nyttelast

Oppleggs- punkt	Permanent last i alle felt		Variabel last i alle felt		Variabel last i ett felt ved siden av oppleggspunkt			
					Variabel last i venstre felt		Variabel last i høyre felt	
	Ng (kN)	Mg (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)	Np (kN)	Mp (kNm)
1	-565	0,00	-586	0,00			-629	0,00
2	-2027	0,00	-1876	0,00	-649	0,00	-1330	0,00
3	-2016	0,00	-1759	0,00	-498	0,00	-1384	0,00
4	-545	0,00	-395	0,00	-434	0,00		

Vedlegg A58 - Beregning Cross-metoden

Bjelke Bj.C.306

$$b := 500 \text{ mm} \quad h := 800 \text{ mm} \quad L_1 := 7250 \text{ mm} \quad L_2 := 7500 \text{ mm}$$

$$I_B := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 0.021 \text{ m}^4$$

Søyler:

$$b := 500 \text{ mm} \quad h := 500 \text{ mm} \quad L_S := 4500 \text{ mm}$$

$$I_S := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 0.005 \text{ m}^4$$

$$\frac{I_B}{I_S} = 4.096$$

Setter EI for bjelke lik 4.09 og EI for søyle lik 1.0

$$EI_B := 4.09 \quad EI_S := 1.0$$

Rotasjonsstivhet for bjelke:

$$K_{BA} := \frac{4 \cdot EI_B}{L_1} = 2.257 \frac{1}{\text{m}}$$

$$K_{GF} := K_{BA} = 2.257 \frac{1}{\text{m}}$$

$$K_{CB} := \frac{4 \cdot EI_B}{L_2} = 2.181 \frac{1}{\text{m}}$$

$$K_{DC} := K_{CB} = 2.181 \frac{1}{\text{m}} \quad K_{ED} := K_{CB} \quad K_{FE} := K_{CB}$$

Rotasjonsstivhet for søyle:

$$K_{HA} := \frac{3 \cdot EI_S}{L_S} = 0.667 \frac{1}{\text{m}}$$

Alle søylene har lik rotasjonsstivhet.

$$K_{IB} := K_{HA} = 0.667 \frac{1}{\text{m}} \quad K_{JC} := K_{HA} \quad K_{KD} := K_{HA}$$

$$K_{LE} := K_{HA} \quad K_{MF} := K_{HA} \quad K_{NG} := K_{HA}$$

Fordelingsfaktor, r:

$$r_{AH} := \frac{K_{HA}}{K_{HA} + K_{BA}} = 0.228$$

$$r_{AB} := \frac{K_{BA}}{K_{BA} + K_{HA}} = 0.772$$

$$r_{BA} := \frac{K_{BA}}{K_{BA} + K_{CB} + K_{IB}} = 0.442$$

$$r_{BI} := \frac{K_{IB}}{K_{IB} + K_{BA} + K_{CB}} = 0.131$$

$$r_{BC} := \frac{K_{CB}}{K_{CB} + K_{DC} + K_{JC}} = 0.434$$

$$r_{CB} := \frac{K_{CB}}{K_{CB} + K_{DC} + K_{JC}} = 0.434$$

$$r_{CJ} := r_{BI} = 0.131$$

$$r_{CD} := \frac{K_{DC}}{K_{DC} + K_{ED} + K_{KD}} = 0.434$$

$$r_{DC} := r_{CD} = 0.434$$

$$r_{DK} := r_{BI} = 0.131$$

$$r_{DE} := r_{CD} = 0.434$$

$$r_{ED} := r_{CB} = 0.434$$

$$r_{EL} := r_{CJ} = 0.131$$

$$r_{EF} := r_{CD} = 0.434$$

$$r_{FE} := r_{CB} = 0.434$$

$$r_{FM} := r_{CJ} = 0.131$$

$$r_{FG} := r_{CD} = 0.434$$

$$r_{GF} := r_{AB} = 0.772$$

$$r_{GN} := r_{AH} = 0.228$$

Felt 1 (A til B):

Lastene er hentet fra vedlegg A36

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q_1 := 133.5 \frac{kN}{m} + 13.38 \frac{kN}{m} = (1.469 \cdot 10^5) \frac{kg}{s^2}$$

$$q_2 := 68.569 \frac{kN}{m} + 13.38 \frac{kN}{m} = (8.195 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

$$q := q_1 - q_2 = (6.493 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

$$L_1 := 4900 \text{ mm} \quad L_2 := 7250 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.676$$

$$M_{AB.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (2.551 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.732 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over hele bjelken.

$$q_p := 68.569 \frac{kN}{m} \quad q_g := 13.38 \frac{kN}{m}$$

$$q := q_p + q_g = (8.195 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

$$M_{AB.2} := \frac{q \cdot L_2^2}{12} = (3.59 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA.2} := M_{AB.2} = (3.59 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 182.431 \text{ kN} \quad L_1 := 4900 \text{ mm} \quad L_2 := 7250 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 2.35 \text{ m}$$

$$M_{AB.3} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (9.392 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$M_{BA.3} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (1.958 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{AB} := M_{AB.1} + M_{AB.2} + M_{AB.3} = (7.08 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA} := M_{BA.1} + M_{BA.2} + M_{BA.3} = (7.28 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Felt 2 (C til D):

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q_1 := 89.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 13.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (1.027 \cdot 10^5) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$q_2 := 60.41 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 13.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (7.379 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$q := q_1 - q_2 = (2.889 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$L_1 := 5250 \text{ mm} \quad L_2 := 7500 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.7$$

$$M_{CB.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (1.241 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BC.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (8.825 \cdot 10^4) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over hele bjelken.

$$q_p := 60.41 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q_g := 13.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q := q_p + q_g = (7.379 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$M_{BC.2} := \frac{q \cdot L_2^2}{12} = (3.459 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.2} := M_{BC.2} = (3.459 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 173.02 \text{ kN} \quad L_1 := 5.25 \text{ m} \quad L := L_2 - L_1 = 2.25 \text{ m}$$

$$M_{BC.3} := \frac{P_1 \cdot L \cdot L_1^2}{L_2^2} = (1.908 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.3} := \frac{P_1 \cdot L^2 \cdot L_1}{L_2^2} = (8.175 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$P_2 := 129.9 \text{ kN}$$

$$L_1 := 2.65 \text{ m}$$

$$L := L_2 - L_1 = 4.85 \text{ m}$$

$$M_{BC.4} := \frac{P_2 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (1.44 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.4} := \frac{P_2 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (7.865 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$M_{BC} := M_{BC.1} + M_{BC.2} + M_{BC.3} + M_{BC.4} = (7.689 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB} := M_{CB.1} + M_{CB.2} + M_{CB.3} + M_{CB.4} = (6.304 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Felt 3 (C til D):

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q_1 := 78.36 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 13.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (9.174 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$q_2 := 49.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 13.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (6.285 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$q := q_1 - q_2 = (2.889 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$L_1 := 5250 \text{ mm}$$

$$L_2 := 7500 \text{ mm}$$

$$\xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.7$$

$$M_{CD.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (1.241 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (8.825 \cdot 10^4) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over hele bjelken.

$$q_p := 49.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q_g := 13.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q := q_p + q_g = (6.285 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$M_{CD,2} := \frac{q \cdot L_2^2}{12} = (2.946 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC,2} := M_{CD,2} = (2.946 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 129.9 \text{ kN} \quad L_1 := 4850 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 2.65 \text{ m}$$

$$M_{CD,3} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (7.865 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$M_{DC,3} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (1.44 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$P_2 := 163.609 \text{ kN} \quad L_1 := 5.25 \text{ m} \quad L := L_2 - L_1 = 2.25 \text{ m}$$

$$M_{CD,4} := \frac{P_2 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (7.731 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$M_{DC,4} := \frac{P_2 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (1.804 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CD} := M_{CD,1} + M_{CD,2} + M_{CD,3} + M_{CD,4} = (5.747 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC} := M_{DC,1} + M_{DC,2} + M_{DC,3} + M_{DC,4} = (7.072 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Felt 4 (D til E):

Like laster som for felt 3 bare motsatt

$$M_{DE} := M_{DC} = (7.072 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{ED} := M_{CD} = (5.747 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Felt 5 (E til F):

$$M_{EF} := M_{CD} = (5.747 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{FE} := M_{DC} = (7.072 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Felt 6 (F til G):

Jevnt fordelt last over deler av bjelken. Verdier hentet fra K-bjelke

$$q_1 := 100.759 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 13.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (1.141 \cdot 10^5) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$q_2 := 52.999 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 13.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (6.638 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$q := q_1 - q_2 = (4.776 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$L_1 := 5000 \text{ mm} \quad L_2 := 7250 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.69$$

$$M_{GF.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (1.9 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{FG.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.325 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over hele bjelken. Verdier hentet fra K-bjelke

$$q_p := 52.999 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q_g := 13.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q := q_p + q_g = (6.638 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$M_{FG.2} := \frac{q \cdot L_2^2}{12} = (2.908 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{GF.2} := M_{FG.2} = (2.908 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken. Verdier hentet fra K-bjelke

$$P_1 := 163.609 \text{ kN} \quad L_1 := 2250 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 5 \text{ m}$$

$$M_{FG.3} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (1.751 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{GF.3} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (7.879 \cdot 10^4) \text{ J}$$

$$M_{FG} := M_{FG.1} + M_{FG.2} + M_{FG.3} = (5.983 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{GF} := M_{GF.1} + M_{GF.2} + M_{GF.3} = (5.596 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Bjelke Bj.C 307 nr. 1

$$b := 500 \text{ mm} \quad h := 1400 \text{ mm}$$

$$I_B := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 0.114 \text{ m}^4$$

$$L_1 := 14750 \text{ mm} \quad L_2 := 15000 \text{ mm}$$

Søyler:

De ytterste søylene har et tversnitt på 500x500 mm, mens de midterste søylene har tv.snitt 500x700 mm. [Se vedlegg A40](#)

$$b_y := 500 \text{ mm} \quad h_y := 500 \text{ mm}$$

$$b_m := 500 \text{ mm} \quad h_m := 700 \text{ mm}$$

$$L_s := 8150 \text{ mm}$$

$$I_y := \frac{1}{12} \cdot b_y \cdot h_y^3 = 0.005 \text{ m}^4$$

$$I_m := \frac{1}{12} \cdot b_m \cdot h_m^3 = 0.014 \text{ m}^4$$

$$EI_1 := \frac{I_B}{I_y} = 21.952$$

$$EI_2 := \frac{I_y}{I_y} = 1$$

$$EI_3 := \frac{I_m}{I_y} = 2.744$$

Rotasjonsstivhet for bjelke:

$$K_{AB} := \frac{4 \cdot EI_1}{L_1} = 5.953 \frac{1}{\text{m}}$$

$$K_{BC} := \frac{4 \cdot EI_1}{L_2} = 5.854 \frac{1}{\text{m}}$$

$$K_{CD} := \frac{4 \cdot EI_1}{L_1} = 5.953 \frac{1}{m}$$

Rotasjonsstivhet for søyler:

$$K_{AE} := \frac{3 \cdot EI_2}{L_s} = 0.368 \frac{1}{m}$$

$$K_{DH} := K_{AE} = 0.368 \frac{1}{m}$$

$$K_{BF} := \frac{3 \cdot EI_3}{L_s} = 1.01 \frac{1}{m}$$

$$K_{CG} := K_{BF} = 1.01 \frac{1}{m}$$

Fordelingsfaktor, r:

$$r_{AE} := \frac{K_{AE}}{K_{AE} + K_{AB}} = 0.058$$

$$r_{AB} := \frac{K_{AB}}{K_{AB} + K_{AE}} = 0.942$$

$$r_{BA} := \frac{K_{AB}}{K_{AB} + K_{BC} + K_{BF}} = 0.464$$

$$r_{BF} := \frac{K_{BF}}{K_{BF} + K_{AB} + K_{BC}} = 0.079$$

$$r_{BC} := \frac{K_{BC}}{K_{BC} + K_{AB} + K_{BF}} = 0.457$$

$$r_{CB} := \frac{K_{BC}}{K_{BC} + K_{CD} + K_{CG}} = 0.457$$

$$r_{CG} := \frac{K_{CG}}{K_{CG} + K_{BC} + K_{CD}} = 0.079$$

$$r_{CD} := \frac{K_{CD}}{K_{CD} + K_{BC} + K_{CG}} = 0.464$$

$$r_{DC} := \frac{K_{CD}}{K_{CD} + K_{DH}} = 0.942$$

$$r_{DH} := \frac{K_{DH}}{K_{DH} + K_{CD}} = 0.058$$

Felt 1 (A til B):

Lastene er hentet fra vedlegg A40

Jevnt fordelt last over deler av bjelken

$$q := 132.3 \frac{kN}{m}$$

$$L_1 := 4900 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.332$$

$$M_{AB.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (9.724 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (2.641 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q := 57.79 \frac{kN}{m}$$

$$L_1 := 5100 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.346$$

$$M_{BA.2} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (4.5 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{AB.2} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.283 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over hele bjelken.

$$q_g := 24.18 \frac{kN}{m}$$

$$q := q_g = (2.418 \cdot 10^4) \frac{kg}{s^2}$$

$$M_{AB.3} := \frac{q \cdot L_2^2}{12} = (4.384 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA.3} := M_{AB.3} = (4.384 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 374.48 \text{ kN} \quad L_1 := 4900 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 9.85 \text{ m}$$

$$M_{AB.4} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (8.183 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA.4} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (4.071 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 355.658 \text{ kN} \quad L_1 := 9650 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 5.1 \text{ m}$$

$$M_{AB.5} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (4.103 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA.5} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (7.764 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 265.28 \text{ kN} \quad L_1 := 10150 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 4.6 \text{ m}$$

$$M_{AB.6} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (2.619 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA.6} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (5.778 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{AB} := M_{AB.1} + M_{AB.2} + M_{AB.3} + M_{AB.4} + M_{AB.5} + M_{AB.6} = (3.03 \cdot 10^6) \text{ J}$$

$$M_{BA} := M_{BA.1} + M_{BA.2} + M_{BA.3} + M_{BA.4} + M_{BA.5} + M_{BA.6} = (2.914 \cdot 10^6) \text{ J}$$

Felt 2 (B til C):

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q := 57.79 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

τ

$$L_1 := 5125 \text{ mm} \quad L_2 := 15000 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.342$$

$$M_{BC.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (4.575 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.286 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q := 57.79 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_1 := 5125 \text{ mm} \quad L_2 := 15000 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.342$$

$$M_{CB.2} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (4.575 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BC.2} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.286 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over hele bjelken.

$$q_g := 24.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q := q_g = (2.418 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$M_{BC.3} := \frac{q \cdot L_2^2}{12} = (4.534 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.3} := M_{BC.3} = (4.534 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 265.2 \text{ kN} \quad L_1 := 4850 \text{ mm} \quad L_2 := 15000 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 10.15 \text{ m}$$

$$M_{BC.4} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (5.889 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.4} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (2.814 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 336.837 \text{ kN} \quad L_1 := 5125 \text{ mm} \quad L_2 := 15000 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 9.875 \text{ m}$$

$$M_{BC.5} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (7.482 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.5} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (3.883 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 336.837 \text{ kN} \quad L_1 := 9875 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 5.125 \text{ m}$$

$$M_{BC.6} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (3.883 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.6} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (7.482 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 265.2 \text{ kN} \quad L_1 := 10150 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 4.85 \text{ m}$$

$$M_{BC.7} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (2.814 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.7} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (5.889 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BC} := M_{BC.1} + M_{BC.2} + M_{BC.3} + M_{BC.4} + M_{BC.5} + M_{BC.6} + M_{BC.7} = (3.046 \cdot 10^6) \text{ J}$$

$$M_{CB} := M_{CB.1} + M_{CB.2} + M_{CB.3} + M_{CB.4} + M_{CB.5} + M_{CB.6} + M_{CB.7} = (3.046 \cdot 10^6) \text{ J}$$

Felt 3 (C til D):

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q := 57.79 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_1 := 5125 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.347$$

$$M_{CD,1} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (4.532 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC,1} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.3 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q := 88.351 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_1 := 4875 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.331$$

$$M_{DC,2} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (6.446 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CD,2} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.74 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over hele bjelken.

$$q_g := 24.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q := q_g = (2.418 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$M_{CD,3} := \frac{q \cdot L_2^2}{12} = (4.384 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC,3} := M_{CD,3} = (4.384 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 265.2 \text{ kN} \quad L_1 := 4850 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 9.9 \text{ m}$$

$$M_{CD,4} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (5.794 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC,4} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (2.839 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 336.837 \text{ kN} \quad L_1 := 5125 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 9.625 \text{ m}$$

$$M_{CD.5} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (7.351 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC.5} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (3.914 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 336.837 \text{ kN} \quad L_1 := 9875 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 4.875 \text{ m}$$

$$M_{CD.6} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (3.633 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC.6} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (7.36 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CD} := M_{CD.1} + M_{CD.2} + M_{CD.3} + M_{CD.4} + M_{CD.5} + M_{CD.6} = (2.743 \cdot 10^6) \text{ J}$$

$$M_{DC} := M_{DC.1} + M_{DC.2} + M_{DC.3} + M_{DC.4} + M_{DC.5} + M_{DC.6} = (2.624 \cdot 10^6) \text{ J}$$

Bj.C 307 nr. 2

Verdiene fra Cross-metoden er like som for bjelke Bj.C 307 nr. 1.
Lastene er imidlertid ulike

Felt 1 (A til B):

Lastene er hentet fra vedlegg A43

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q := 148.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_1 := 4900 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.332$$

$$M_{AB.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (1.091 \cdot 10^6) \text{ J}$$

$$M_{BA.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (2.965 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q := 63.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_1 := 5100 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.346$$

$$M_{BA.2} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (4.956 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{AB.2} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.413 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over hele bjelken.

$$q_g := 24.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q := q_g = (2.418 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$M_{AB.3} := \frac{q \cdot L_2^2}{12} = (4.384 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA.3} := M_{AB.3} = (4.384 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 424.4 \text{ kN} \quad L_1 := 4900 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 9.85 \text{ m}$$

$$M_{AB.4} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (9.274 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA.4} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (4.613 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 405.6 \text{ kN} \quad L_1 := 9650 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 5.1 \text{ m}$$

$$M_{AB.5} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (4.679 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA.5} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (8.854 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 314.1 \text{ kN} \quad L_1 := 10150 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 4.6 \text{ m}$$

$$M_{AB.6} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (3.101 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BA.6} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (6.842 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{AB} := M_{AB.1} + M_{AB.2} + M_{AB.3} + M_{AB.4} + M_{AB.5} + M_{AB.6} = (3.377 \cdot 10^6) \text{ J}$$

$$M_{BA} := M_{BA.1} + M_{BA.2} + M_{BA.3} + M_{BA.4} + M_{BA.5} + M_{BA.6} = (3.261 \cdot 10^6) \text{ J}$$

Felt 2 (B til C):

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q := 63.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_1 := 5125 \text{ mm} \quad L_2 := 15000 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.342$$

$$M_{BC.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (5.038 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.416 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q := 63.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_1 := 5125 \text{ mm} \quad L_2 := 15000 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.342$$

$$M_{CB.2} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (5.038 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BC.2} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.416 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over hele bjelken.

$$q_g := 24.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q := q_g = (2.418 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$M_{BC.3} := \frac{q \cdot L_2^2}{12} = (4.534 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.3} := M_{BC.3} = (4.534 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 314.1 \text{ kN} \quad L_1 := 4850 \text{ mm} \quad L_2 := 15000 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 10.15 \text{ m}$$

$$M_{BC.4} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (6.975 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.4} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (3.333 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 386.8 \text{ kN} \quad L_1 := 5125 \text{ mm} \quad L_2 := 15000 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 9.875 \text{ m}$$

$$M_{BC.5} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (8.592 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.5} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (4.459 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 386.8 \text{ kN} \quad L_1 := 9875 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 5.125 \text{ m}$$

$$M_{BC.6} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (4.459 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.6} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (8.592 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 314.1 \text{ kN} \quad L_1 := 10150 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 4.85 \text{ m}$$

$$M_{BC.7} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (3.333 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CB.7} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (6.975 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{BC} := M_{BC.1} + M_{BC.2} + M_{BC.3} + M_{BC.4} + M_{BC.5} + M_{BC.6} + M_{BC.7} = (3.435 \cdot 10^6) \text{ J}$$

$$M_{CB} := M_{CB.1} + M_{CB.2} + M_{CB.3} + M_{CB.4} + M_{CB.5} + M_{CB.6} + M_{CB.7} = (3.435 \cdot 10^6) \text{ J}$$

Felt 3 (C til D):

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q := 63.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_1 := 5125 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.347$$

$$M_{CD.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (4.99 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC.1} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.431 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over deler av bjelken.

$$q := 99.328 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_1 := 4875 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad \xi := \frac{L_1}{L_2} = 0.331$$

$$M_{DC.2} := \frac{q \cdot L_1^2}{6} \cdot (3 - 4 \cdot \xi + 1.5 \cdot \xi^2) = (7.246 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CD.2} := \frac{q \cdot L_1^2}{3} \cdot (\xi - 0.75 \cdot \xi^2) = (1.956 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Jevnt fordelt last over hele bjelken.

$$q_g := 24.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q := q_g = (2.418 \cdot 10^4) \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$M_{CD.3} := \frac{q \cdot L_2^2}{12} = (4.384 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC.3} := M_{CD.3} = (4.384 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 314.1 \text{ kN} \quad L_1 := 4850 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 9.9 \text{ m}$$

$$M_{CD.4} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (6.863 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC.4} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (3.362 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 386.8 \text{ kN} \quad L_1 := 5125 \text{ mm} \quad L_2 := 14750 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 9.625 \text{ m}$$

$$M_{CD.5} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (8.441 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC.5} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (4.495 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Punktlaster på bjelken.

$$P_1 := 386.8 \text{ kN} \quad L_1 := 9875 \text{ mm} \quad L := L_2 - L_1 = 4.875 \text{ m}$$

$$M_{CD.6} := \frac{P_1 \cdot L_1 \cdot L^2}{L_2^2} = (4.172 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{DC.6} := \frac{P_1 \cdot L_1^2 \cdot L}{L_2^2} = (8.452 \cdot 10^5) \text{ J}$$

$$M_{CD} := M_{CD.1} + M_{CD.2} + M_{CD.3} + M_{CD.4} + M_{CD.5} + M_{CD.6} = (3.081 \cdot 10^6) \text{ J}$$

$$M_{DC} := M_{DC.1} + M_{DC.2} + M_{DC.3} + M_{DC.4} + M_{DC.5} + M_{DC.6} = (2.937 \cdot 10^6) \text{ J}$$

Bj.C.306

		A		B			C			D			E			F			G		
		AH	AB	BA	BI	BC	CB	CJ	CD	CD	DK	DE	ED	EL	EF	FE	FM	FG	GF	GN	
r M		0,23	0,77	0,44	0,13	0,43	0,43	0,13	0,43	0,43	0,13	0,43	0,43	0,13	0,43	0,44	0,13	0,43	0,77	0,23	
		0	705,5	-727,8	0	768,9	-630,5	0	574,9	-707,4	0	707,4	-574,9	0	574,9	-707,4	0	598,5	-559,7	0	
		-162,3	-543,2	-271,6																	
			50,7	101,4	30	99,1	49,6														
		-11,7	-39	-19,5		1,3	2,6	0,8	2,6	1,3											
			4	8	2,4	7,8	3,9		-0,3	-0,6	-0,2	-0,6	-0,3								
		-0,9	-3,08	-1,5		-0,8	-1,5	-0,5	-1,5	-0,8		0,1	0,1	0	0,1	0,1					
			0,5	1	0,3	1	0,5		0,2	0,3	0,1	0,3	0,2		24	47,9	14,1	46,1	23,4		
		-0,1	-0,4	-0,2		-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1		-5,2	-10,3	-3,1	-10,3	-5,2		206,6	413,2	123,3	
			0,05	0,1	0	0,1	0		1,2	2,3	0,7	2,3	1,2		-44,3	-88,6	-26,2	-86,6	-43,3		
		0	0			-0,3	-0,5	-0,2	-0,5	-0,3		9,25	18,5	5,6	18,5	9,25		16,7	33,3	10	
			0	0,1	0	0,1	0		-2	-3,9	-1,2	-3,9	-2		-5,7	-11,4	-3,4	-11,1	-5,6		
						0,5	0,9	0,3	0,9	0,5		1,7	3,3	1	3,3	1,7		2,2	4,3	1,3	
			-0,1	-0,22	-0,1	-0,2	-0,1		-0,5	-0,9	-0,3	-0,9	-0,5		-0,9	-1,7	-0,5	-1,7	-0,9		
	0	0,1	0,05		0,15	0,3		0,3	0,15		0,3	0,6	0,2	0,6	0,3		0,4	-0,7	0,2		
			-0,1	0	-0,1				-0,2	-0,1	-0,2				-0,3	0,1	-0,3				
		-174,77	175,84	-909,73	32,73	877,98	-574,57	0,43	575,53	-709,02	-0,77	711,18	-563,67	3,83	560,63	-754,61	-15,87	771,53	-135,23	135,03	

Bj.C.307 nr.1

r
M

A		B			C			D	
AE	AB	BA	BF	BC	CB	CG	CD	DC	DH
0,06	0,94	0,46	0,08	0,46	0,46	0,08	0,46	0,94	0,06
-182	3034	-2909,6		3047,2	-3047,2		2741,3	-2635,4	
	-2852	-1426							
	296,4	592,7	103,1	592,7	296,4				
-17,8	-278,6	-139,3		2,2	4,4	0,8	4,4	2,2	
	31,6	63,1	11	63,1	31,6		1232,5	2465	157,4
-1,9	-29,7	-14,9		-290,8	-581,5	-101,1	-581,5	-290,8	
	70,3	140,6	24,5	140,6	70,3		136,7	273,4	17,4
-4,2	-66,1	-33,1		-47,6	-95,2	-16,6	-95,2	-47,6	
	18,6	37,1	6,5	37,1	18,6		22,4	44,7	2,9
-1,1	-17,5	-8,8		-9,5	-18,9	-3,3	-18,9	-9,5	
	4,2	8,4	1,5	8,4	4,2		4,5	8,9	0,6
-0,3	-4	-2		-2	-4	-0,7	-4	-2	
	0,9	1,8	0,3	1,8	0,9		1	1,9	0,1
0	-0,8	-0,4		-0,5	-0,9	-0,2	-0,9	-0,5	
	0,2	0,4	0,1	0,4	0,2		0,13	0,5	0
-207,3	207,5	-3690	147	3543,1	-3321,1	-121,1	3442,43	-189,2	178,4

Bj.C.307 nr. 2

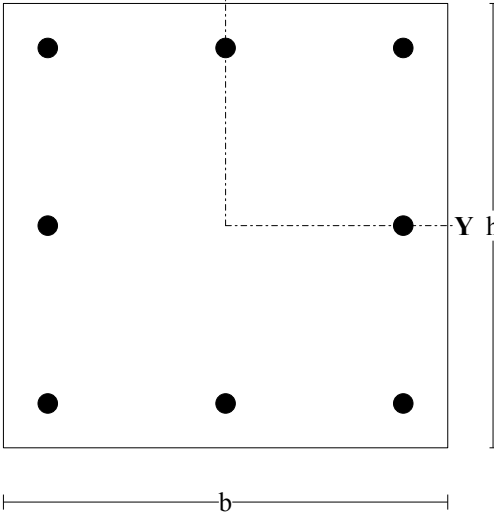
r
M

A		B			C			D	
AE	AB	BA	BF	BC	CB	CG	CD	DC	DH
0,06	0,94	0,46	0,08	0,46	0,46	0,08	0,46	0,94	0,06
-202,9	3381,6 -3178,7	-3256,5 -1589,4		3435,6	-3435,6		3078,3	-2938,3	
-19,5	324,4 -304,9	648,7 -152,5	112,8	648,7 7,6	324,4 15,1	2,6	15,1	7,6	
-2	33,4 -31,4	66,7 -15,7	11,6	66,7 -324,5	33,4 -649	-112,9	1377,5 -649	2754,9 -324,5	175,9
-4,7	78,3 -73,6	156,5 -36,8	27,2	156,5 -53,1	78,3 -106,2	-18,5	152,5 -106,2	305 -53,1	19,5
-1,2	20,7 -19,5	41,4 -9,8	7,2	41,4 -10,5	20,7 -21	-3,7	25 -21	49,9 -10,5	3,2
-0,4	7,3 -6,9	14,6 -3,5	1,6	14,6 -2,9	7,3 -5,7	-1	5 -5,7	9,9 -2,9	0,6
0	1,5 -1,4	2,9 -0,7	0,5	2,9 -0,7	1,5 -1,33	-0,2	1,4 -1,33	2,7 -0,7	0,2
-230,7	230,8	-4134,1	160,9	3982,3	-3738,13	-133,7	3871,57	-200	199,4

Tittel Vedlegg A59 - Kapasitetsberegning søyle S.C.308			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 308.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	500	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	2,50E+05	mm ²
Iy	5,21E+09	mm ⁴
Iz	5,21E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	200	0	-200	200	-200	0	200
Z (mm)	200	200	200	0	0	-200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	1,91
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,84
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00004
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00038

Tittel Vedlegg A59 - Kapasitetsberegning søyle S.C.308			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3600 mm	Knekk lengde i Y-retning	3600 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	9 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	9 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1 Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	-175,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =-182,7 kNm	Zretning: -9 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =8,5 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-425,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-425,0	N	-425,0
MY inkl. geom.avvik	-178,8	MY inkl. geom.avvik	-175,0
MZ inkl. geom.avvik	8,4	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	-3,8	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,1	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,79	senteravstand	200
SigmaC min	-5,35	SigmaS maks	190
SigmaS maks	258,08	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,79

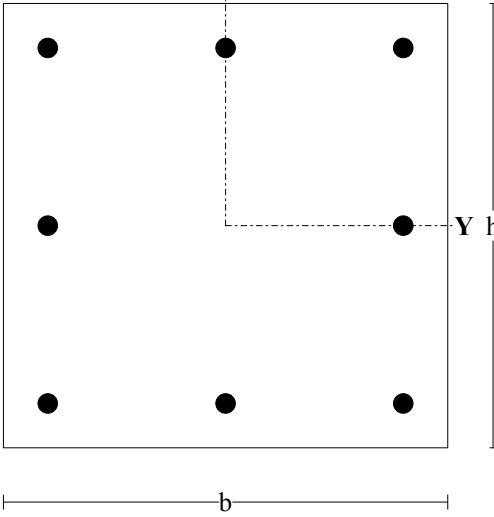
Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. -9 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A60 - Kapasitetsberegning søyle S.C.309			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 309.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	500	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	2,50E+05	mm ²
Iy	5,21E+09	mm ⁴
Iz	5,21E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	200	0	-200	200	-200	0	200
Z (mm)	200	200	200	0	0	-200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	1,91
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,84
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00004
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00038

Tittel Vedlegg A60 - Kapasitetsberegning søyle S.C.309			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3600 mm	Knekk lengde i Y-retning	3600 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	9 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	9 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1 Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	33,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =45,8 kNm	Zretning: 2 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =24,4 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1221,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1221,0
MY inkl. geom.avvik	44,0
MZ inkl. geom.avvik	23,9
MY_tillegg (utbøyning)	1,9
MZ_tillegg (utbøyning)	0,5
N,M/ Nd,Md	0,54
SigmaC min	-4,20
SigmaS maks	0,00

Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1221,0
MY inkl. geom.avvik	33,0
MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
senteravstand	200
SigmaS maks	0
SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 1 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A61 - Kapasitetsberegning søyle S.C.315			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 315.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	500	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	2,50E+05	mm ²
Iy	5,21E+09	mm ⁴
Iz	5,21E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	200	0	-200	200	-200	0	200
Z (mm)	200	200	200	0	0	-200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	1,91
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,84
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00004
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00038

Tittel Vedlegg A61 - Kapasitetsberegning søyle S.C.315			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	6520 mm	Knekk lengde i Y-retning	6520 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	16 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	16 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	-207,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total = -207,0 kNm	Zretning: 0 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total = 19,8 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-969,6 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-969,6	N	0,0
MY inkl. geom.avvik	-207,0	MY inkl. geom.avvik	0,0
MZ inkl. geom.avvik	19,8	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)		MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)		MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	1,05 *	senteravstand	200
SigmaC min		SigmaS maks	0
SigmaS maks		SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 0 mm

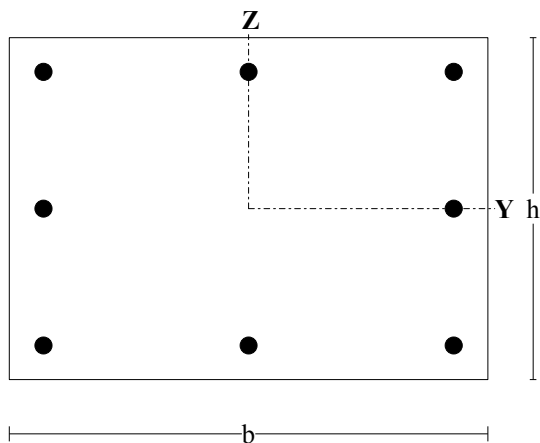
Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

* For liten momentkapasitet

Tittel Vedlegg A62 - Kapasitetsberegning søyle S.C.317			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 317.bts
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	700	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,50E+05	mm ²
Iy	7,29E+09	mm ⁴
Iz	1,43E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering

D (mm)	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	300	300	-300	-300	300	-300	0
Z (mm)	200	-200	200	-200	0	0	200

Materialdata

Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		

NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt

(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.
 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)

Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	1,91
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,84
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00004
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00038

Tittel Vedlegg A62 - Kapasitetsberegning søyle S.C.317			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	6520 mm	Knekk lengde i Y-retning	6520 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	16 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	16 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	147,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =147,0 kNm	Zretning: 0 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =56,8 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-2373,6 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-2373,6	N	0,0
MY inkl. geom.avvik	147,0	MY inkl. geom.avvik	0,0
MZ inkl. geom.avvik	56,8	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)		MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)		MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	1,05 *	senteravstand	200
SigmaC min		SigmaS maks	0
SigmaS maks		SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm

Utbøyning i z-retning. 0 mm

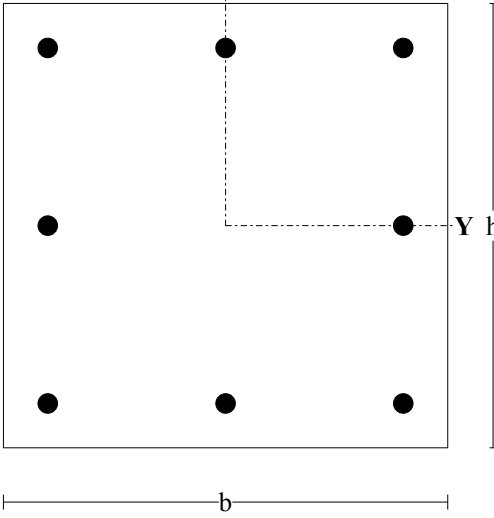
Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

* For liten momentkapasitet

Tittel Vedlegg A63 - Kapasitetsberegning søyle S.C.322			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 322.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	500	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	2,50E+05	mm ²
Iy	5,21E+09	mm ⁴
Iz	5,21E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	200	0	-200	200	-200	0	200
Z (mm)	200	200	200	0	0	-200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	1,91
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,84
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00004
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00038

Tittel Vedlegg A63 - Kapasitetsberegning søyle S.C.322			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	6520 mm	Knekk lengde i Y-retning	6520 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	16 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	16 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	-231,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =-231,0 kNm	Zretning: 0 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =21,9 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1073,6 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1073,6	N	0,0
MY inkl. geom.avvik	-231,0	MY inkl. geom.avvik	0,0
MZ inkl. geom.avvik	21,9	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)		MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)		MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	1,25 *	senteravstand	200
SigmaC min		SigmaS maks	0
SigmaS maks		SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm

Utbøyning i z-retning. 0 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

* For liten momentkapasitet

Tittel Vedlegg A64 - Kapasitetsberegning søyle S.C.324			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 324.bts
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	700	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,50E+05	mm ²
Iy	7,29E+09	mm ⁴
Iz	1,43E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering								
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	300	300	-300	-300	300	-300	0	0
Z (mm)	200	-200	200	-200	0	0	200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	1,91
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,84
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00004
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00038

Tittel Vedlegg A64 - Kapasitetsberegning søyle S.C.324			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata

Knekk lengde i Z-retning	8150 mm	Knekk lengde i Y-retning	8150 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	20 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	20 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)

Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1

Permanent last

Mg_Y	160,0 kNm
Mg_Z	0,0 kNm
Ng	-2649,6 kN

Variabel last

Mp_Y	0,0 kNm
Mp_Z	0,0 kNm
Np	0,0 kN

Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning

Totalt moment

MY-total = 80,0 kNm
MZ-total = 1,9 kNm

Utbøyning

Zretning: 0 mm
Yretning: 0 mm

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter

Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Vedlegg A65 - Total belastning på søyler i 2. og 1. etasje

Aksiallast og moment fra gamle beregninger skaleres i forhold til dagens last på dekkene. Deretter legges lasten fra søylen over til.

Dekke over 1. etasje:

$$P_{før} := 18 \text{ kN} \quad \text{Fra vedlegg B3 s.167} \quad P_{etter} := 16.75 \text{ kN} \quad \text{Fra vedlegg A1}$$

Forhold mellom last fra gamle beregninger og last fra takterrasse:

$$u := \frac{P_{etter}}{P_{før}} = 0.931$$

S.C.208:

$$P_1 := 279 \text{ kN} \cdot u = (2.596 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.245}$$

$$P_2 := 425 \text{ kN} \quad \text{Last fra søyle over} \quad \text{Vedlegg A59}$$

$$M_{Ed} := 81.5 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (7.584 \cdot 10^4) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.245}$$

$$P_{Ed.8} := P_1 + P_2 = (6.846 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.209:

$$P_1 := 552.9 \text{ kN} \cdot u = (5.145 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.246}$$

$$P_2 := 1221 \text{ kN} \quad \text{Last fra søyle over} \quad \text{Vedlegg A60}$$

$$M_{Ed} := 125 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.163 \cdot 10^5) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.246}$$

$$P_{Ed.9} := P_1 + P_2 = (1.736 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.212:

$$P_1 := 745 \text{ kN} \cdot u = (6.933 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.246}$$

$$P_2 := 735 \text{ kN} + 33.6 \text{ kN} \quad \text{Last fra søyle over} \quad \text{Vedlegg A36}$$

$$M_{Ed} := 75 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (6.979 \cdot 10^4) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.246}$$

$$P_{Ed.12} := P_1 + P_2 = (1.462 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.213:

$P_1 := 1001 \text{ kN} \cdot u = (9.315 \cdot 10^5) \text{ N}$ Last fra dekket **Vedlegg B3 s.246**

$P_2 := 1071 \text{ kN} + 33.6 \text{ kN}$ Last fra søyle over **Vedlegg A36**

$M_{Ed} := 54 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (5.025 \cdot 10^4) \text{ J}$ Moment på søylen **Vedlegg B3 s.247**

$P_{Ed.13} := P_1 + P_2 = (2.036 \cdot 10^6) \text{ N}$ Total last på søyle

S.C.214:

$P_1 := 665 \text{ kN} \cdot u = (6.188 \cdot 10^5) \text{ N}$ Last fra dekket **Vedlegg B3 s.247**

$P_2 := 299 \text{ kN} + 33.6 \text{ kN}$ Last fra søyle over **Vedlegg A36**

$M_{Ed} := 110 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.024 \cdot 10^5) \text{ J}$ Moment på søylen **Vedlegg B3 s.247**

$P_{Ed.14} := P_1 + P_2 = (9.514 \cdot 10^5) \text{ N}$ Total last på søyle

S.C.219:

$P_1 := 525.3 \text{ kN} \cdot u = (4.888 \cdot 10^5) \text{ N}$ Last fra dekket **Vedlegg B3 s.248**

$P_2 := 2173 \text{ kN} + 85.6 \text{ kN}$ Last fra søyle over **Vedlegg A40**

$M_{Ed} := 91 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (8.468 \cdot 10^4) \text{ J}$ Moment på søylen **Vedlegg B3 s.248**

$P_{Ed.19} := P_1 + P_2 = (2.747 \cdot 10^6) \text{ N}$ Total last på søyle

S.C.221:

$P_1 := 619.3 \text{ kN} \cdot u = (5.763 \cdot 10^5) \text{ N}$ Last fra dekket **Vedlegg B3 s.249**

$P_2 := 729 \text{ kN} + 61.1 \text{ kN}$ Last fra søyle over **Vedlegg A40**

$M_{Ed} := 91 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (8.468 \cdot 10^4) \text{ J}$ Moment på søylen **Vedlegg B3 s.249**

$P_{Ed.21} := P_1 + P_2 = (1.366 \cdot 10^6) \text{ N}$ Total last på søyle

S.C.226:

$$P_1 := 525.3 \text{ kN} \cdot u = (4.888 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.248}$$
$$P_2 := 2439 \text{ kN} + 85.6 \text{ kN} \quad \text{Last fra søyle over} \quad \text{Vedlegg A43}$$
$$M_{Ed} := 91 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (8.468 \cdot 10^4) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.248}$$
$$P_{Ed.26} := P_1 + P_2 = (3.013 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.228:

$$P_1 := 619.3 \text{ kN} \cdot u = (5.763 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.249}$$
$$P_2 := 815 \text{ kN} + 61.6 \text{ kN} \quad \text{Last fra søyle over} \quad \text{Vedlegg A43}$$
$$M_{Ed} := 91 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (8.468 \cdot 10^4) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.249}$$
$$P_{Ed.28} := P_1 + P_2 = (1.453 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

Dekke over kjeller:

$$P_{f\ddot{o}r} := 18 \text{ kN} \quad \text{Fra vedlegg B3 s.268} \quad P_{etter} := 16.15 \text{ kN} \quad \text{Fra vedlegg A1}$$

Forhold mellom last fra gamle beregninger og last fra takterrasse:

$$u := \frac{P_{etter}}{P_{f\ddot{o}r}} = 0.897$$

S.C.108:

$$P_1 := 552 \text{ kN} \cdot u = (4.953 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.308}$$
$$P_{Ed.8} = (6.846 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra søyle over, se S.C.208}$$
$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.308}$$
$$P_{Ed} := P_1 + P_{Ed.8} = (1.18 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.109:

$$P_1 := 808 \text{ kN} \cdot u = (7.25 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.309}$$
$$P_{Ed.9} = (1.736 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Last fra søyle over, se S.C.209}$$

$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.309}$$

$$P_{Ed} := P_1 + P_{Ed.9} = (2.46 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.113:

$$P_1 := 808 \text{ kN} \cdot u = (7.25 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.309}$$

$$P_{Ed.13} = (2.036 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Last fra søyle over, se S.C.213}$$

$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.309}$$

$$P_{Ed} := P_1 + P_{Ed.13} = (2.761 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.114:

$$P_1 := 552 \text{ kN} \cdot u = (4.953 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.311}$$

$$P_{Ed.14} = (9.514 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra søyle over, se S.C.214}$$

$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.311}$$

$$P_{Ed} := P_1 + P_{Ed.14} = (1.447 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.115:

$$P_1 := 552 \text{ kN} \cdot u = (4.953 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.308}$$

$$P_2 := 908 \text{ kN} + 61.6 \text{ kN} \quad \text{Last fra søyle over, inkludert egenlast} \quad \text{Vedlegg A40}$$

$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.308}$$

$$P_{Ed} := P_1 + P_2 = (1.465 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.117:

$$P_1 := 808 \text{ kN} \cdot u = (7.25 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.309}$$

$$P_2 := 2288 \text{ kN} + 85.6 \text{ kN} \quad \text{Last fra søyle over, inkludert egenlast} \quad \text{Vedlegg A40}$$

$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.309}$$

$$P_{Ed} := P_1 + P_2 = (3.099 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.119:

$$P_1 := 808 \text{ kN} \cdot u = (7.25 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.309}$$
$$P_{Ed.19} = (2.747 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Last fra søyle over, se S.C.219}$$
$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.309}$$
$$P_{Ed} := P_1 + P_{Ed.19} = (3.472 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.121:

$$P_1 := 552 \text{ kN} \cdot u = (4.953 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.311}$$
$$P_{Ed.21} = (1.366 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Last fra søyle over, se S.C.221}$$
$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.311}$$
$$P_{Ed} := P_1 + P_{Ed.21} = (1.862 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.122:

$$P_1 := 552 \text{ kN} \cdot u = (4.953 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekke} \quad \text{Vedlegg B3 s.308}$$
$$P_2 := 1012 \text{ kN} + 61.6 \text{ kN} \quad \text{Last fra søyle over, inkludert egenlast} \quad \text{Vedlegg A43}$$
$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.308}$$
$$P_{Ed} := P_1 + P_2 = (1.569 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.124:

$$P_1 := 808 \text{ kN} \cdot u = (7.25 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Last fra dekket} \quad \text{Vedlegg B3 s.309}$$
$$P_2 := 2564 \text{ kN} + 85.6 \text{ kN} \quad \text{Last fra søyle over, inkludert egenlast} \quad \text{Vedlegg A43}$$
$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J} \quad \text{Moment på søylen} \quad \text{Vedlegg B3 s.309}$$
$$P_{Ed} := P_1 + P_2 = (3.375 \cdot 10^6) \text{ N} \quad \text{Total last på søyle}$$

S.C.126:

$$P_1 := 808 \text{ kN} \cdot u = (7.25 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Last fra dekket

Vedlegg B3 s.309

$$P_{Ed.26} = (3.013 \cdot 10^6) \text{ N}$$

Last fra søyle over, se S.C.226

$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Moment på søylen

Vedlegg B3 s.309

$$P_{Ed} := P_1 + P_{Ed.26} = (3.738 \cdot 10^6) \text{ N}$$

Total last på søyle

S.C.128:

$$P_1 := 552 \text{ kN} \cdot u = (4.953 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Last fra dekket

Vedlegg B3 s.311

$$P_{Ed.28} = (1.453 \cdot 10^6) \text{ N}$$

Last fra søyle over, se S.C.228

$$M_{Ed} := 177 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot u = (1.588 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Moment på søylen

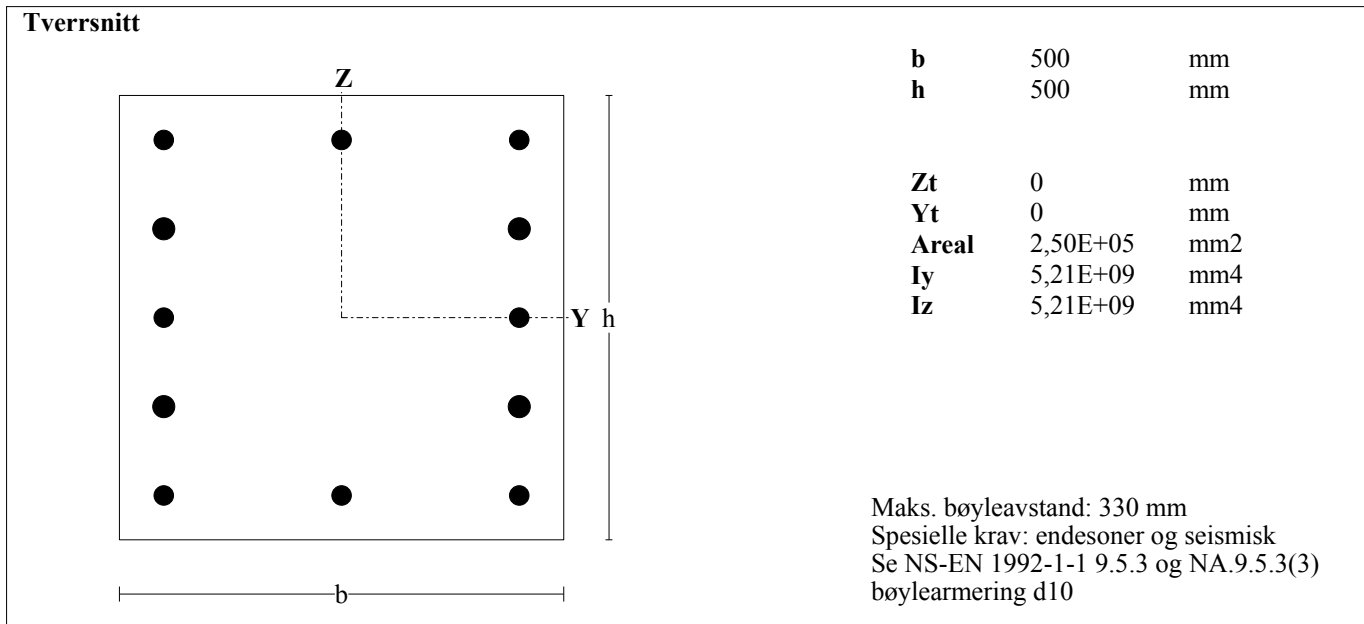
Vedlegg B3 s.311

$$P_{Ed} := P_1 + P_{Ed.28} = (1.948 \cdot 10^6) \text{ N}$$

Total last på søyle

Tittel Vedlegg A66 - Kapasitetsberegning søyle S.C.208			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 208.bts
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008



Armeringsdata, slakkarmering												
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22	25	25	25	25	
Y (mm)	200	-200	200	-200	200	-200	0	0	200	-200	200	-200
Z (mm)	200	200	0	0	-200	-200	200	-200	-100	-100	100	100

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	1,91
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,84
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00004
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00038

Tittel Vedlegg A66 - Kapasitetsberegning søyle S.C.208			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3600 mm	Knekk lengde i Y-retning	3600 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	9 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	9 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1 Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	75,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =83,9 kNm	Zretning: 3 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =13,7 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-684,6 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-684,6
MY inkl. geom.avvik	82,0
MZ inkl. geom.avvik	13,6
MY_tillegg (utbøyning)	2,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,1
N,M/ Nd,Md	0,37
SigmaC min	-3,16
SigmaS maks	9,32

Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-684,6
MY inkl. geom.avvik	75,8
MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
senteravstand	200
SigmaS maks	4
SigmaS/ Sigma-tillatt	0,01

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 3 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A67 - Kapasitetsberegning søyle S.C.209			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 209.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	600	mm
h	600	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,60E+05	mm ²
Iy	1,08E+10	mm ⁴
Iz	1,08E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d10

Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	200	200	-200	-200	0	0	200
Z (mm)	200	-200	200	-200	200	-200	0

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	300		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,20
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	3,06
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00006
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A67 - Kapasitetsberegning søyle S.C.209			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	2968 mm	Knekk lengde i Y-retning	2968 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	7 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	7 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori D - Butikker
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,70	0,60	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	116,3 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =132,3 kNm	Zretning: 2 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =34,7 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1736,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1736,0
MY inkl. geom.avvik	129,1
MZ inkl. geom.avvik	34,4
MY_tillegg (utbøyning)	3,2
MZ_tillegg (utbøyning)	0,4
N,M/ Nd,Md	0,62
SigmaC min	-5,02
SigmaS maks	0,00

Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1736,0
MY inkl. geom.avvik	116,3
MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
senteravstand	200
SigmaS maks	0
SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

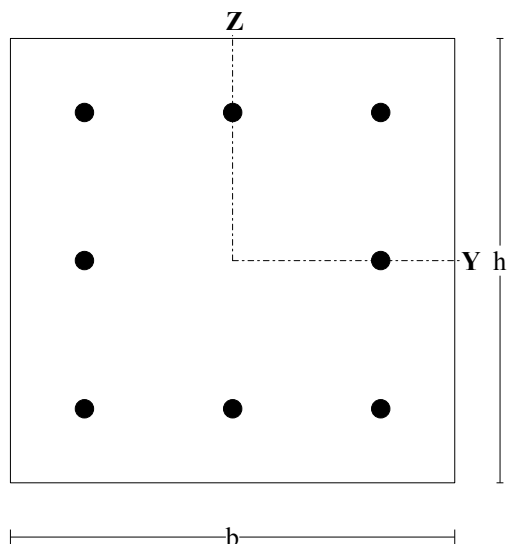
Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm

Utbøyning i z-retning. 2 mm

Tittel Vedlegg A68 - Kapasitetsberegning søyle S.C.212			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 212.bts
 Dataprogram: BTRSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	600	mm
h	600	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,60E+05	mm ²
Iy	1,08E+10	mm ⁴
Iz	1,08E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d10

Armeringsdata, slakkarmering

D (mm)	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	200	200	-200	-200	0	0	200
Z (mm)	200	-200	200	-200	200	-200	0

Materialdata

Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	300		

NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt

(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.
 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)

Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,20
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	3,06
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00006
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A68 - Kapasitetsberegning søyle S.C.212			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	2968 mm	Knekk lengde i Y-retning	2968 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	7 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	7 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori D - Butikker
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,70	0,60	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	69,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =82,2 kNm	Zretning: 1 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =29,2 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1462,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1462,0
MY inkl. geom.avvik	80,6
MZ inkl. geom.avvik	29,0
MY_tillegg (utbøyning)	1,6
MZ_tillegg (utbøyning)	0,2
N,M/ Nd,Md	0,49
SigmaC min	-3,92
SigmaS maks	0,00

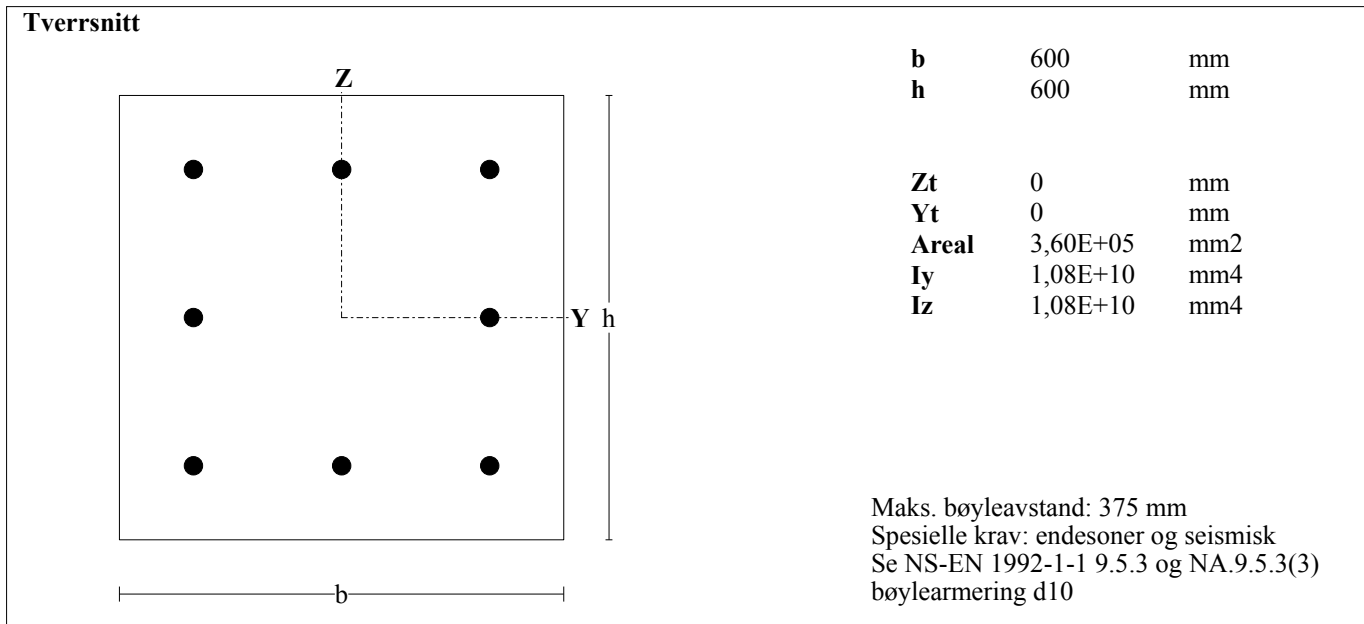
Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1462,0
MY inkl. geom.avvik	69,8
MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
senteravstand	200
SigmaS maks	0
SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm

Utbøyning i z-retning. 1 mm

Tittel Vedlegg A69 - Kapasitetsberegning søyle S.C.213			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 213.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008



Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	200	200	-200	-200	0	0	200
Z (mm)	200	-200	200	-200	200	-200	0

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	300		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,20
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	3,06
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00006
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A69 - Kapasitetsberegning søyle S.C.213			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	2968 mm	Knekk lengde i Y-retning	2968 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	7 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	7 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori D - Butikker
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,70	0,60	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	50,2 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =67,3 kNm	Zretning: 1 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =40,7 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-2036,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-2036,0
MY inkl. geom.avvik	65,3
MZ inkl. geom.avvik	40,2
MY_tillegg (utbøyning)	2,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,5
N,M/ Nd,Md	0,61
SigmaC min	-4,78
SigmaS maks	0,00

Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-2036,0
MY inkl. geom.avvik	50,2
MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
senteravstand	200
SigmaS maks	0
SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm

Utbøyning i z-retning. 1 mm

Tittel Vedlegg A70 - Kapasitetsberegning søyle S.C.214			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 214.bts
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	500	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	2,50E+05	mm ²
Iy	5,21E+09	mm ⁴
Iz	5,21E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering												
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22	25	25	25	25	
Y (mm)	200	200	-200	-200	200	-200	0	0	100	100	-100	-100
Z (mm)	200	-200	200	-200	0	0	200	-200	200	-200	200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	250		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,34
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	3,16
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00008
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00041

Tittel Vedlegg A70 - Kapasitetsberegning søyle S.C.214			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	2968 mm	Knekk lengde i Y-retning	2968 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	7 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	7 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori D - Butikker
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,70	0,60	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	102,3 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =111,2 kNm	Zretning: 2 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =19,0 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-951,4 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-951,4	N	-951,4
MY inkl. geom.avvik	109,4	MY inkl. geom.avvik	102,3
MZ inkl. geom.avvik	18,8	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	1,8	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,2	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,49	senteravstand	100
SigmaC min	-3,58	SigmaS maks	1
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

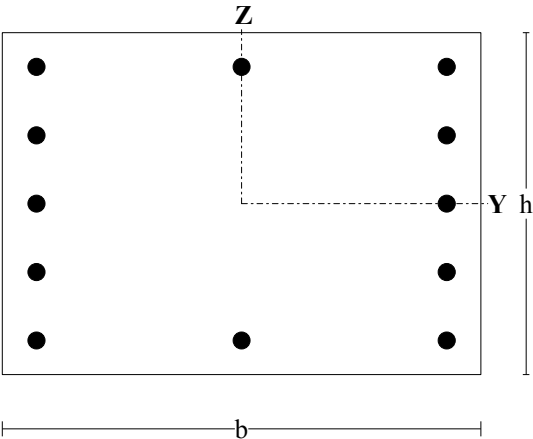
Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 2 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A71 - Kapasitetsberegning søyle S.C.219			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 219.bts
 Dataprogram: BTRSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	700	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,50E+05	mm ²
Iy	7,29E+09	mm ⁴
Iz	1,43E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering												
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	300	300	-300	-300	0	0	300	-300	300	300	-300	-300
Z (mm)	200	-200	200	-200	200	-200	0	0	100	-100	100	-100

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B20 (C 20/25)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	292		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	30000	Kryptall, FI 0_28	2,06
Trykkfasthet, f _{cd}	11,3	Kryptall, FI 28_5000	2,84
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,21	Svinntøyning, 0_28	-,00007
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,88	Svinntøyning, 28_25000	-,00038

Tittel Vedlegg A71 - Kapasitetsberegning søyle S.C.219			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	2968 mm	Knekk lengde i Y-retning	2968 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	7 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	7 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori D - Butikker
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,70	0,60	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	84,6 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =109,7 kNm	Zretning: 2 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =64,1 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-2747,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-2747,0	N	-2747,0
MY inkl. geom.avvik	105,0	MY inkl. geom.avvik	84,6
MZ inkl. geom.avvik	63,7	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	4,7	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,4	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,67	senteravstand	300
SigmaC min	-6,16	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 1 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A72 - Kapasitetsberegning søyle S.C.221			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 221.bts
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	500	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	2,50E+05	mm ²
Iy	5,21E+09	mm ⁴
Iz	5,21E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering												
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22	25	25	25	25	
Y (mm)	200	200	-200	-200	200	-200	0	0	100	100	-100	-100
Z (mm)	200	-200	200	-200	0	0	200	-200	200	-200	200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B20 (C 20/25)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	250		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	30000	Kryptall, FI 0_28	2,17
Trykkfasthet, f _{cd}	11,3	Kryptall, FI 28_5000	2,92
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,21	Svinntøyning, 0_28	-,00008
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,88	Svinntøyning, 28_25000	-,00040

Tittel Vedlegg A72 - Kapasitetsberegning søyle S.C.221			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	2968 mm	Knekk lengde i Y-retning	2968 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	7 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	7 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori D - Butikker
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,70	0,60	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	84,6 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =96,8 kNm	Zretning: 1 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =27,3 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1366,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1366,0	N	-1366,0
MY inkl. geom.avvik	94,7	MY inkl. geom.avvik	84,6
MZ inkl. geom.avvik	27,0	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	2,0	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,3	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,51	senteravstand	100
SigmaC min	-4,55	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

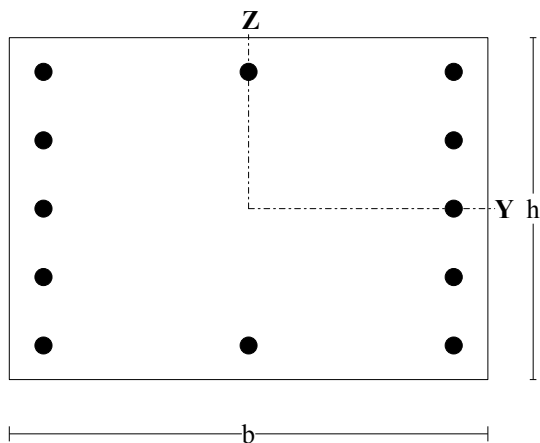
Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 1 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A73 - Kapasitetsberegning søyle S.C.226			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 226.bts
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	700	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,50E+05	mm ²
Iy	7,29E+09	mm ⁴
Iz	1,43E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering

D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	300	300	-300	-300	0	0	300	-300	300	300	-300	-300
Z (mm)	200	-200	200	-200	200	-200	0	0	100	-100	100	-100

Materialdata

Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B20 (C 20/25)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	292		

NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt

(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.
 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)

Korttids Emodul, E _{cm}	30000	Kryptall, FI 0_28	2,06
Trykkfasthet, f _{cd}	11,3	Kryptall, FI 28_5000	2,84
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,21	Svinntøyning, 0_28	-,00007
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,88	Svinntøyning, 28_25000	-,00038

Tittel Vedlegg A73 - Kapasitetsberegning søyle S.C.226			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	2968 mm	Knekk lengde i Y-retning	2968 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	7 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	7 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori D - Butikker
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,70	0,60	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	84,6 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =113,1 kNm	Zretning: 2 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =70,3 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-3013,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-3013,0	N	-3013,0
MY inkl. geom.avvik	107,0	MY inkl. geom.avvik	84,6
MZ inkl. geom.avvik	69,7	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	6,2	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,6	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,73	senteravstand	300
SigmaC min	-6,77	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

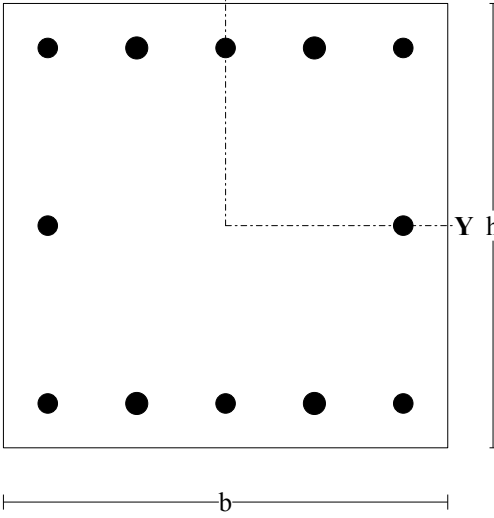
Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 1 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A74 - Kapasitetsberegning søyle S.C.228			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 228.bts
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	500	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	2,50E+05	mm ²
Iy	5,21E+09	mm ⁴
Iz	5,21E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering												
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22	22	25	25	25	25
Y (mm)	200	200	-200	-200	200	-200	0	0	100	100	-100	-100
Z (mm)	200	-200	200	-200	0	0	200	-200	200	-200	200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B20 (C 20/25)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	250		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	30000	Kryptall, FI 0_28	2,17
Trykkfasthet, f _{cd}	11,3	Kryptall, FI 28_5000	2,92
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,21	Svinntøyning, 0_28	-,00008
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,88	Svinntøyning, 28_25000	-,00040

Tittel Vedlegg A74 - Kapasitetsberegning søyle S.C.228			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	2968 mm	Knekk lengde i Y-retning	2968 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	7 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	7 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori D - Butikker
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,70	0,60	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	84,6 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =97,6 kNm	Zretning: 1 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =29,1 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1453,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1453,0
MY inkl. geom.avvik	95,4
MZ inkl. geom.avvik	28,7
MY_tillegg (utbøyning)	2,2
MZ_tillegg (utbøyning)	0,3
N,M/ Nd,Md	0,54
SigmaC min	-4,74
SigmaS maks	0,00

Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1453,0
MY inkl. geom.avvik	84,6
MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
senteravstand	100
SigmaS maks	0
SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm

Utbøyning i z-retning.

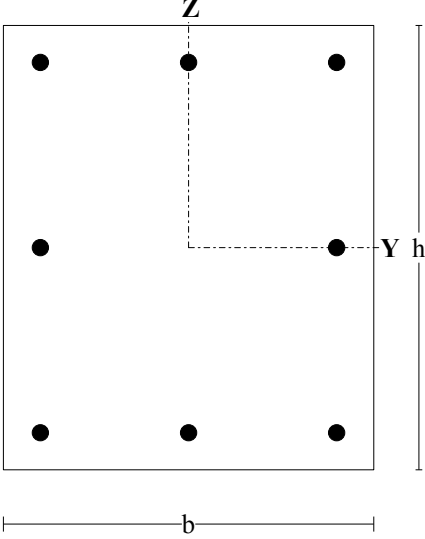
1 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A75 - Kapasitetsberegning søyle S.C.108			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 108.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	500	mm
h	600	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,00E+05	mm ²
Iy	9,00E+09	mm ⁴
Iz	6,25E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering								
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	200	200	-200	-200	200	-200	0	0
Z (mm)	250	-250	250	-250	0	0	250	-250

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	273		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,28
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	3,11
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00007
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00040

Tittel Vedlegg A75 - Kapasitetsberegning søyle S.C.108			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =171,2 kNm	Zretning: 3 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =23,6 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1180,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1180,0	N	-1180,0
MY inkl. geom.avvik	167,8	MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	23,2	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	3,4	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,4	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,65	senteravstand	200
SigmaC min	-5,29	SigmaS maks	6
SigmaS maks	6,09	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,03

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 3 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A76 - Kapasitetsberegning søyle S.C.109			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 109.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	750	mm
h	750	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	5,63E+05	mm ²
Iy	2,64E+10	mm ⁴
Iz	2,64E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d10

Armeringsdata, slakkarmering												
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	325	325	-325	-325	109	109	-109	-109	325	325	-325	-325
Z (mm)	325	-325	325	-325	325	-325	325	-325	109	-109	109	-109

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	375		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,04
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,94
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00005
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A76 - Kapasitetsberegning søyle S.C.109			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =179,8 kNm	Zretning: 1 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =61,5 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-2460,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

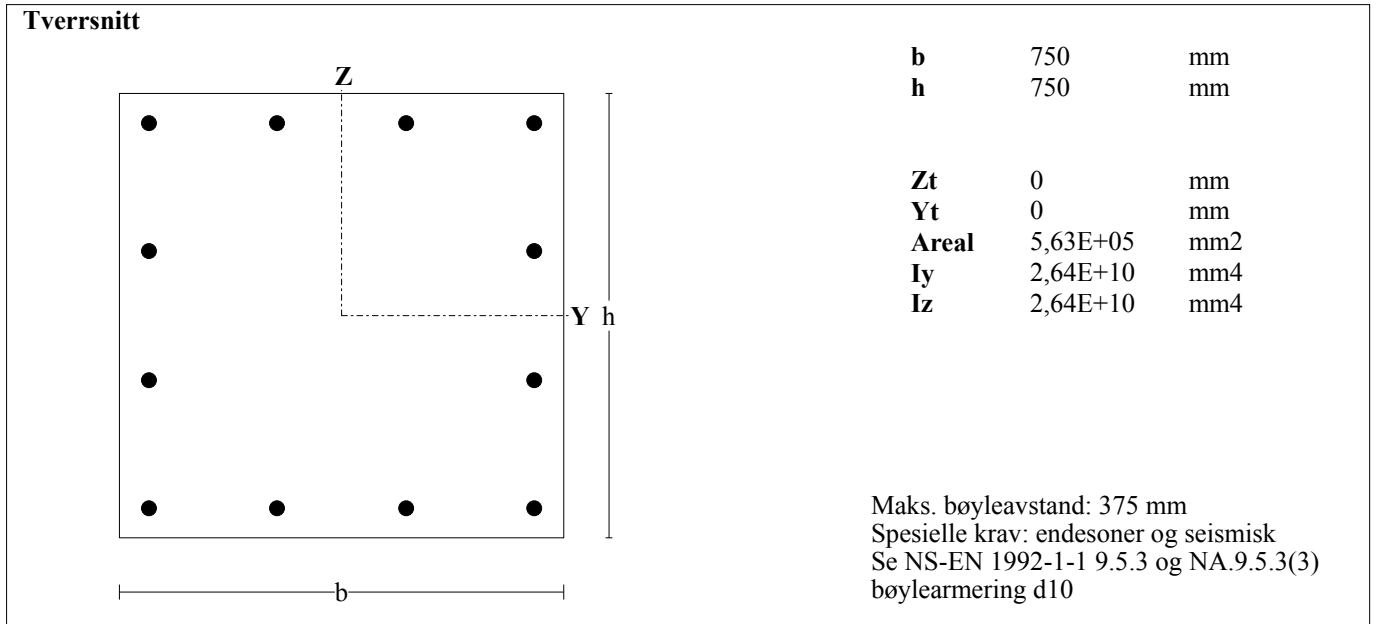
Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-2460,0	N	-2460,0
MY inkl. geom.avvik	177,6	MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	61,2	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	2,2	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,3	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,51	senteravstand	217
SigmaC min	-4,10	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 1 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A77 - Kapasitetsberegning søyle S.C.113			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 113.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008



Armeringsdata, slakkarmering												
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	325	325	-325	-325	109	109	-109	-109	325	325	-325	-325
Z (mm)	325	-325	325	-325	325	-325	325	-325	109	-109	109	-109

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	375		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,04
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,94
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00005
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A77 - Kapasitetsberegning søyle S.C.113			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =182,5 kNm	Zretning: 1 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =69,0 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-2761,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-2761,0	N	-2761,0
MY inkl. geom.avvik	179,9	MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	68,7	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	2,6	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,4	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,56	senteravstand	217
SigmaC min	-4,46	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 1 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A78 - Kapasitetsberegning søyle S.C.114			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 114.bts
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	700	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,50E+05	mm ²
Iy	7,29E+09	mm ⁴
Iz	1,43E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d10

Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	300	300	300	100	100	-300	-300
Z (mm)	0	200	-200	200	-200	0	200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	292		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,22
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	3,07
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00007
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A78 - Kapasitetsberegning søyle S.C.114			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =176,6 kNm	Zretning: 4 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =33,8 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1447,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1447,0
MY inkl. geom.avvik	169,9
MZ inkl. geom.avvik	33,7
MY_tillegg (utbøyning)	6,7
MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,72
SigmaC min	-6,00
SigmaS maks	18,22

Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1447,0
MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
senteravstand	300
SigmaS maks	5
SigmaS/ Sigma-tillatt	0,02

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm

Utbøyning i z-retning. 4 mm

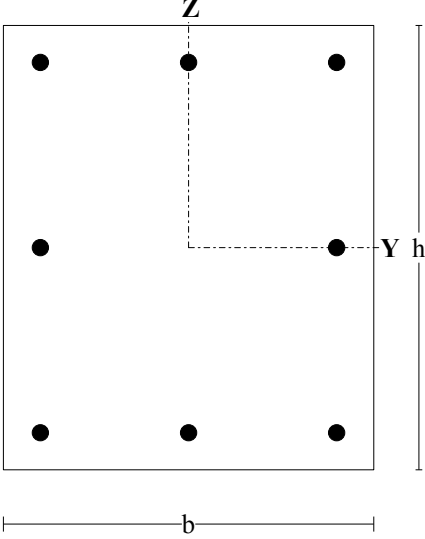
Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Armering er mindre enn minimumsarmering. Minimumsarmering: 3500 mm²

Tittel Vedlegg A79 - Kapasitetsberegning søyle S.C.115			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 115.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	500	mm
h	600	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,00E+05	mm ²
Iy	9,00E+09	mm ⁴
Iz	6,25E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering								
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	200	200	-200	-200	200	-200	0	0
Z (mm)	250	-250	250	-250	0	0	250	-250

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	273		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,28
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	3,11
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00007
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00040

Tittel Vedlegg A79 - Kapasitetsberegning søyle S.C.115			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =174,8 kNm	Zretning: 3 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =29,3 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1465,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1465,0	N	-1465,0
MY inkl. geom.avvik	170,0	MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	28,7	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	4,8	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,6	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,74	senteravstand	200
SigmaC min	-6,07	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 3 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A80 - Kapasitetsberegning søyle S.C.117			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 117.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	750	mm
h	750	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	5,63E+05	mm ²
Iy	2,64E+10	mm ⁴
Iz	2,64E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d10

Armeringsdata, slakkarmering												
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	325	325	-325	-325	109	109	-109	-109	325	325	-325	-325
Z (mm)	325	-325	325	-325	325	-325	325	-325	109	-109	109	-109

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	375		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,04
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,94
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00005
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A80 - Kapasitetsberegning søyle S.C.117			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =185,6 kNm	Zretning: 1 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =77,5 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-3099,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-3099,0	N	-3099,0
MY inkl. geom.avvik	182,5	MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	77,0	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	3,1	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,5	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,62	senteravstand	217
SigmaC min	-4,85	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 1 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A81 - Kapasitetsberegning søyle S.C.119			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 119.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	750	mm
h	750	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	5,63E+05	mm ²
Iy	2,64E+10	mm ⁴
Iz	2,64E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d10

Armeringsdata, slakkarmering												
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	325	325	-325	-325	109	109	-109	-109	325	325	-325	-325
Z (mm)	325	-325	325	-325	325	-325	325	-325	109	-109	109	-109

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	375		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,04
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,94
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00005
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A81 - Kapasitetsberegning søyle S.C.119			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =189,1 kNm	Zretning: 1 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =86,8 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-3472,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-3472,0	N	-3472,0
MY inkl. geom.avvik	185,4	MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	86,2	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	3,7	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,6	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,68	senteravstand	217
SigmaC min	-5,31	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

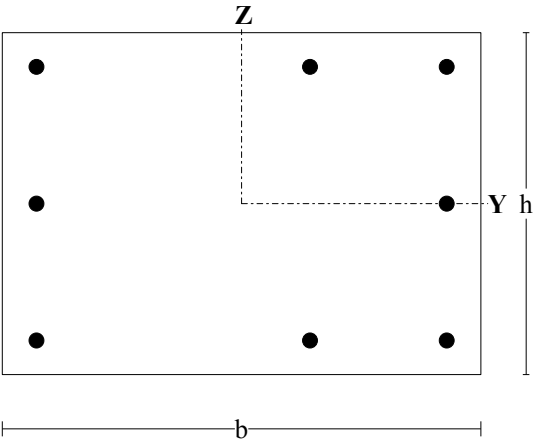
Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 1 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel ● Vedlegg A82 - Kapasitetsberegning søyle S.C.121			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 121.bts
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	700	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,50E+05	mm ²
Iy	7,29E+09	mm ⁴
Iz	1,43E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d10

Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	300	300	300	100	100	-300	-300
Z (mm)	0	200	-200	200	-200	0	200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	292		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,22
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	3,07
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00007
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A82 - Kapasitetsberegning søyle S.C.121			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =183,7 kNm	Zretning: 6 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =43,4 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1862,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1862,0	N	-1862,0
MY inkl. geom.avvik	173,1	MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	43,3	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	10,7	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,1	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,87	senteravstand	300
SigmaC min	-7,01	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

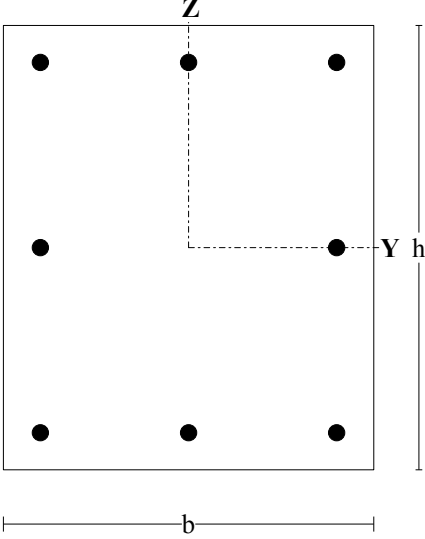
Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 4 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse
Armering er mindre enn minimumsarmering. Minimumsarmering: 3500 mm²

Tittel Vedlegg A83 - Kapasitetsberegning søyle S.C.122			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 122.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	500	mm
h	600	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,00E+05	mm ²
Iy	9,00E+09	mm ⁴
Iz	6,25E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering								
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	200	200	-200	-200	200	-200	0	0
Z (mm)	250	-250	250	-250	0	0	250	-250

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	273		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,28
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	3,11
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00007
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00040

Tittel Vedlegg A83 - Kapasitetsberegning søyle S.C.122			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1 Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =176,3 kNm	Zretning: 3 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =31,4 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1569,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1569,0
MY inkl. geom.avvik	170,8
MZ inkl. geom.avvik	30,6
MY_tillegg (utbøyning)	5,5
MZ_tillegg (utbøyning)	0,7
N,M/ Nd,Md	0,79
SigmaC min	-6,37
SigmaS maks	0,00

Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1569,0
MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
senteravstand	200
SigmaS maks	0
SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 3 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A84 - Kapasitetsberegning søyle S.C.124			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 124.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	750	mm
h	750	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	5,63E+05	mm ²
Iy	2,64E+10	mm ⁴
Iz	2,64E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d10

Armeringsdata, slakkarmering												
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	325	325	-325	-325	109	109	-109	-109	325	325	-325	-325
Z (mm)	325	-325	325	-325	325	-325	325	-325	109	-109	109	-109

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	375		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,04
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,94
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00005
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A84 - Kapasitetsberegning søyle S.C.124			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =188,2 kNm	Zretning: 1 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =84,4 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-3375,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-3375,0	N	-3375,0
MY inkl. geom.avvik	184,7	MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	83,8	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	3,5	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,6	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,67	senteravstand	217
SigmaC min	-5,15	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

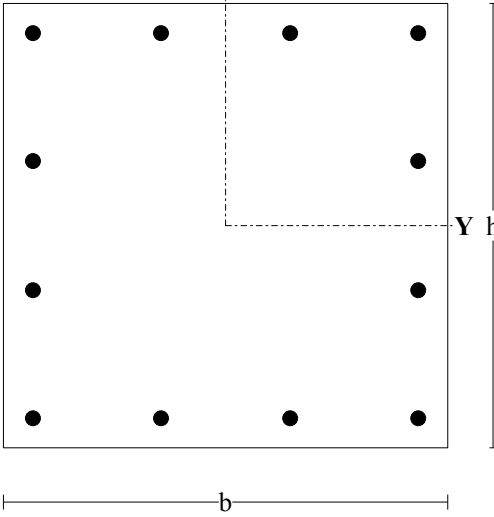
Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 1 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A85 - Kapasitetsberegning søyle S.C.126			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 126.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	750	mm
h	750	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	5,63E+05	mm ²
Iy	2,64E+10	mm ⁴
Iz	2,64E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d10

Armeringsdata, slakkarmering												
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	325	325	-325	-325	109	109	-109	-109	325	325	-325	-325
Z (mm)	325	-325	325	-325	325	-325	325	-325	109	-109	109	-109

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	375		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,04
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	2,94
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00005
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A85 - Kapasitetsberegning søyle S.C.126			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =191,8 kNm	Zretning: 1 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =93,5 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-3738,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-3738,0	N	-3738,0
MY inkl. geom.avvik	187,4	MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	92,6	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	4,4	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,9	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,73	senteravstand	217
SigmaC min	-5,73	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

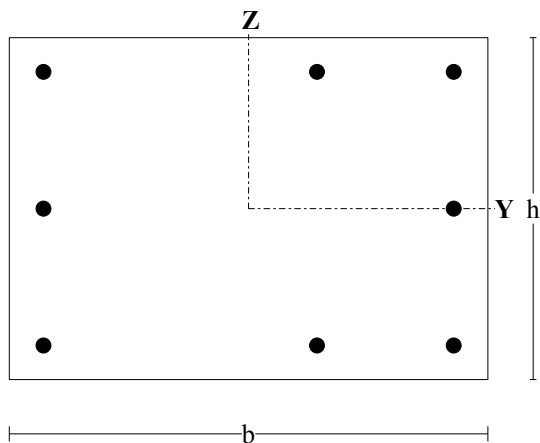
Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 1 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A86 - Kapasitetsberegning søyle S.C.128			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 128.bts
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	700	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,50E+05	mm ²
Iy	7,29E+09	mm ⁴
Iz	1,43E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d10

Armeringsdata, slakkarmering

D (mm)	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	300	300	300	100	100	-300	-300
Z (mm)	0	200	-200	200	-200	0	200

Materialdata

Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B16 (C 16/20)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	292		

NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt

(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.
 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)

Korttids Emodul, E _{cm}	28600	Kryptall, FI 0_28	2,22
Trykkfasthet, f _{cd}	9,1	Kryptall, FI 28_5000	3,07
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	1,91	Svinntøyning, 0_28	-,00007
Strekkfasthet, f _{ctd}	0,76	Svinntøyning, 28_25000	-,00039

Tittel Vedlegg A86 - Kapasitetsberegning søyle S.C.128			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 20-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	3064 mm	Knekk lengde i Y-retning	3064 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	8 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	8 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	158,8 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =185,5 kNm	Zretning: 6 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =45,5 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1948,0 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1948,0	N	-1948,0
MY inkl. geom.avvik	173,7	MY inkl. geom.avvik	158,8
MZ inkl. geom.avvik	45,3	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	11,8	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,1	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
N,M/ Nd,Md	0,87	senteravstand	300
SigmaC min	-7,22	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 4 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse
Armering er mindre enn minimumsarmering. Minimumsarmering: 3500 mm²

Vedlegg A87 -Kontroll fundamenter

Se vedlegg B1. Tegning 133-A65 og 192-A88.
Se vedlegg A65 for laster fra søyler.

F.C.9

$$b := 0.800 \text{ m} \quad h := 0.800 \text{ m} \quad t := 0.900 \text{ m}$$

$$\sigma_{gd} := 4000 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Grunntrykk fjell TEM}$$

$$M_{Ed} := 158.769 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed1} := 2460 \text{ kN}$$

$$N_{Ed2} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \cdot t = (1.44 \cdot 10^4) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

Egenvekt betong
Fra Byggforsk Blad 471.031

$$N_{Ed} := N_{Ed1} + N_{Ed2} = (2.474 \cdot 10^6) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$B_0 := \frac{N_{Ed}}{\sigma_{gd}} = 0.619 \text{ m}$$

$$e := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 0.064 \text{ m}$$

$$B := B_0 + (2 \cdot e) = 0.747 \text{ m} \quad \text{Nødvendig bredde}$$

$$B \leq b = 1 \quad \text{Fundamentet har tilstrekkelig bredde}$$

$$T := \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = (3.866 \cdot 10^6) \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} < \quad \sigma_{gd} := 4.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{T}{\sigma_{gd}} = 0.967 \quad \text{Ok!}$$

F.C.14

$$b := 0.8 \text{ m}$$

$$h := 0.8 \text{ m}$$

$$t := 0.9 \text{ m}$$

$$\sigma_{gd} := 4000 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Grunntrykk fjell. TEM

$$N_{Ed1} := 1447 \text{ kN}$$

$$N_{Ed2} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \cdot t = (1.44 \cdot 10^4) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed1} + N_{Ed2} = (1.461 \cdot 10^6) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$B_0 := \frac{N_{Ed}}{\sigma_{gd}} = 0.365 \text{ m}$$

$$e := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 0.109 \text{ m}$$

$$B := B_0 + (2 \cdot e) = 0.583 \text{ m}$$

$$B \leq b = 1$$

Fundamentet har tilstrekkelig bredde

$$T := \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = (2.283 \cdot 10^6) \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} < \sigma_{gd} := 4.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{T}{\sigma_{gd}} = 0.571 \quad \text{Ok!}$$

F.C.22

$$b := 0.8 \text{ m}$$

$$h := 0.5 \text{ m}$$

$$t := 0.7 \text{ m}$$

$$\sigma_{gd} := 4000 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Grunntrykk fjell. TEM

$$N_{Ed1} := 1569 \text{ kN}$$

$$N_{Ed2} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \cdot t = (7 \cdot 10^3) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed1} + N_{Ed2} = (1.576 \cdot 10^6) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$B_0 := \frac{N_{Ed}}{\sigma_{gd}} = 0.394 \text{ m}$$

$$e := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 0.101 \text{ m}$$

$$B := B_0 + (2 \cdot e) = 0.595 \text{ m}$$

$$B \leq b = 1$$

Fundamentet har tilstrekkelig bredde

$$T := \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = (3.94 \cdot 10^6) \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} < \sigma_{gd} := 4.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{T}{\sigma_{gd}} = 0.985 \quad \text{Ok!}$$

F.C.24

$$b := 0.9 \text{ m}$$

$$h := 0.9 \text{ m}$$

$$t := 0.9 \text{ m}$$

$$\sigma_{gd} := 4000 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Grunntrykk fjell. TEM

$$N_{Ed1} := 3375 \text{ kN}$$

$$N_{Ed2} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \cdot t = (1.823 \cdot 10^4) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed1} + N_{Ed2} = (3.393 \cdot 10^6) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$B_0 := \frac{N_{Ed}}{\sigma_{gd}} = 0.848 \text{ m}$$

$$e := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 0.047 \text{ m}$$

$$B := B_0 + (2 \cdot e) = 0.942 \text{ m}$$

$$B \leq b = 0$$

Fundamentet har **IKKE** tilstrekkelig bredde

$$T := \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = (4.189 \cdot 10^6) \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} > \quad \sigma_{gd} := 4.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{T}{\sigma_{gd}} = 1.047$$

IKKE OK!

Her er det en overskridelse. Dette bør sjekkes opp med geolog.

F.C.26

$$b := 1 \text{ m}$$

$$h := 1 \text{ m}$$

$$t := 0.8 \text{ m}$$

$$\sigma_{gd} := 4000 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Grunntrykk fjell. **TEM**

$$N_{Ed1} := 3738 \text{ kN}$$

$$N_{Ed2} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \cdot t = (2 \cdot 10^4) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed1} + N_{Ed2} = (3.758 \cdot 10^6) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$B_0 := \frac{N_{Ed}}{\sigma_{gd}} = 0.94 \text{ m}$$

$$e := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 0.042 \text{ m}$$

$$B := B_0 + (2 \cdot e) = 1.024 \text{ m}$$

$$B \leq b = 0$$

Fundamentet har **IKKE** tilstrekkelig bredde

$$\frac{B}{b} = 1.024$$

$$T := \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = (3.758 \cdot 10^6) \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} < \quad \sigma_{gd} := 4.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{T}{\sigma_{gd}} = 0.94$$

Ok!

F.C.28

$$b := 0.8 \text{ m} \quad h := 0.9 \text{ m} \quad t := 0.8 \text{ m}$$

$$\sigma_{gd} := 4000 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Grunntrykk fjell. **TEM**

$$N_{Ed1} := 1948 \text{ kN}$$

$$N_{Ed2} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot b \cdot h \cdot t = (1.44 \cdot 10^4) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed1} + N_{Ed2} = (1.962 \cdot 10^6) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$B_0 := \frac{N_{Ed}}{\sigma_{gd}} = 0.491 \text{ m}$$

$$e := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 0.081 \text{ m}$$

$$B := B_0 + (2 \cdot e) = 0.652 \text{ m}$$

$$B \leq b = 1$$

Fundamentet har tilstrekkelig bredde

$$T := \frac{N_{Ed}}{b \cdot h} = (2.726 \cdot 10^6) \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} < \quad \sigma_{gd} := 4.0 \text{ MPa}$$

$$\frac{T}{\sigma_{gd}} = 0.681$$

Ok!

SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A88 - Forsterkning bjelke Bj.C.306 i 1.felt

ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Beam definition.....	3
2.2. Geometry.....	3
2.3. Concrete.....	4
2.4. Reinforcing steel.....	4
2.5. Strength reduction factors.....	4
2.6. Load factors.....	5
2.7. Exposure conditions.....	5
3. FRP STRENGTH.....	5
3.1. Main FRP reinforcement.....	5
3.2. Lateral FRP reinforcement.....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	5
4.1. Beam loads.....	5
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	7
5.3. Serviceability limit states.....	11
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	12
5.5. Development length.....	13
5.6. FRP arrangement.....	14
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	14
6.1. Bonded Sika CarboDur® plates.....	14

6.1.1. Concrete surface preparation.....	15
6.1.2. Sika CarboDur® plates.....	15
6.1.3. Epoxy Adhesive.....	15
6.1.4. Application procedure.....	16
7. LEGAL DISCLAIMER.....	18
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	18

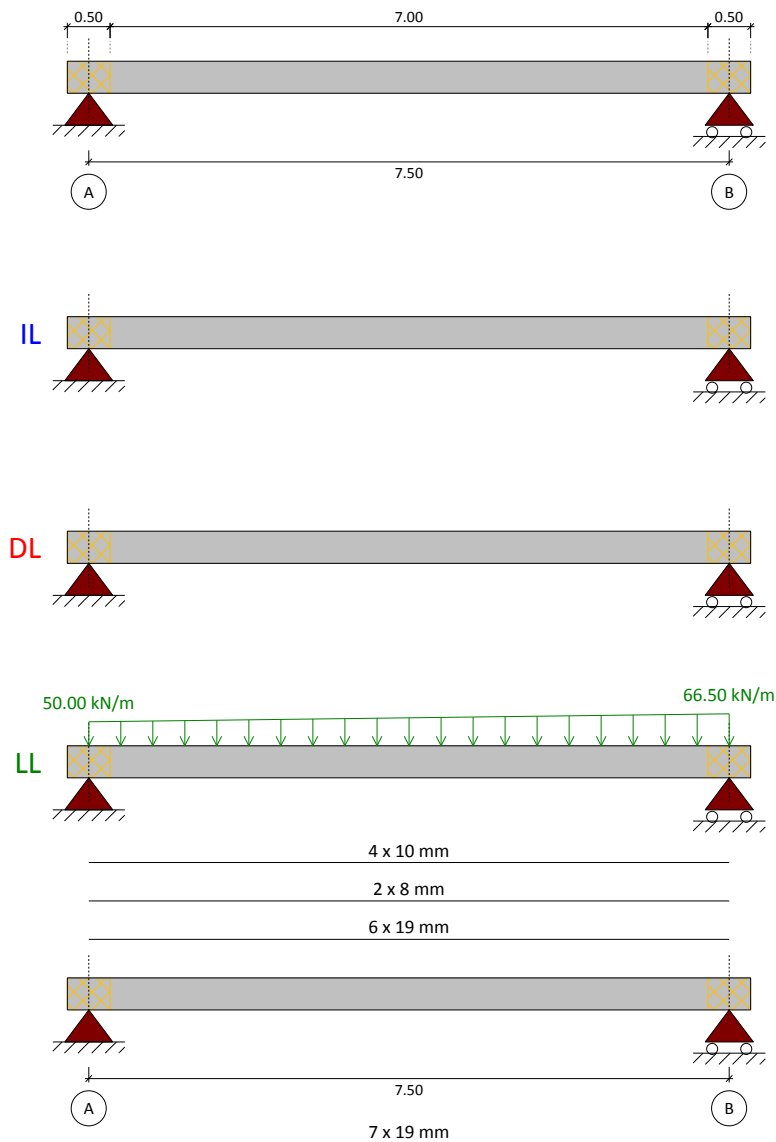
1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Flexural strengthening of beam.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

2.1. Beam definition



2.2. Geometry

Cross section = T-Beam

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

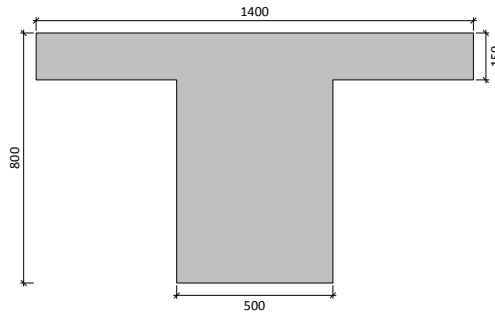
Element:
Editor:
Remarks:

Date: 22/03/2022
Project: Vedlegg A88 - Forsterk...

BUILDING TRUST



Web width = 500 mm
 Total height = 800 mm
 Width of flange = 1400 mm
 Height of flange = 150 mm



2.3. Concrete

Compressive strength of concrete
 Concrete strength (f'_c) = 20 MPa
 Cylinder specimen = 20 MPa
 Cube specimen = 25 MPa

2.4. Reinforcing steel

Reinforcement layers

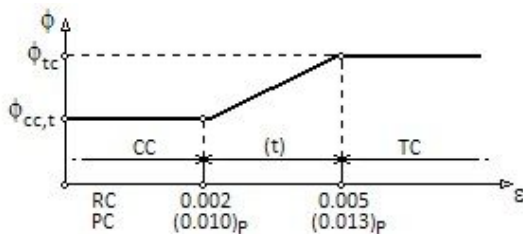
Top layer	d_2 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	80	(B320) 320	200000	6 x 19.0
2.	22	(B320) 320	200000	2 x 8.0
3.	22	(B320) 320	200000	4 x 10.0
Bottom layer	d_1 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	50	(B320) 320	200000	7 x 19.0

2.5. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)

$\phi_{cc,t} = 0.65$

$\phi_{tc} = 0.90$



2.6. Load factors

ACI combinations	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	0.75
Expected loads (strengthening design)	1.20	1.60
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

2.7. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

3. FRP STRENGTH

3.1. Main FRP reinforcement

Simply bonded. Sika CarboDur® S

Sika® CarboDur® S1214	Number	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	ϵ_{fu}	Width (mm)
Layer: 1	4	165000.00	1.400	0.0166	120.00

3.2. Lateral FRP reinforcement

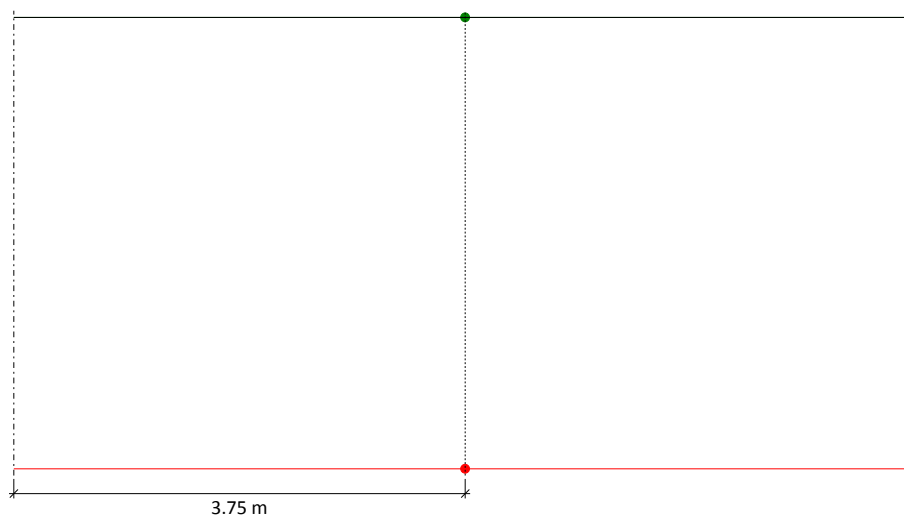
Simply bonded. Sika CarboDur® S

Sika® CarboDur® S1214	Number	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	ϵ_{fu}	Width (mm)
Web	2 x 2	165000.00	1.400	0.0166	120.00

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

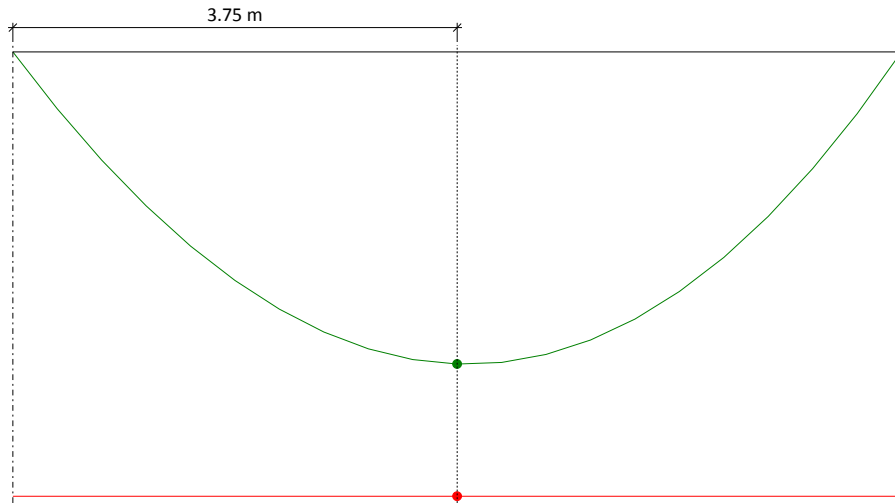
4.1. Beam loads

Initial loads



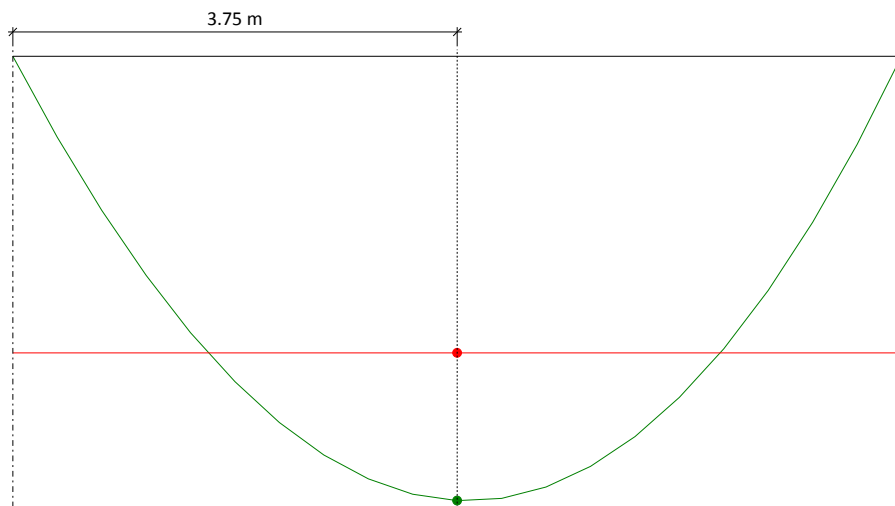
- M_u (Initial loads) = 0.00 kN-m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 437.29 kN-m

Strengthening limits



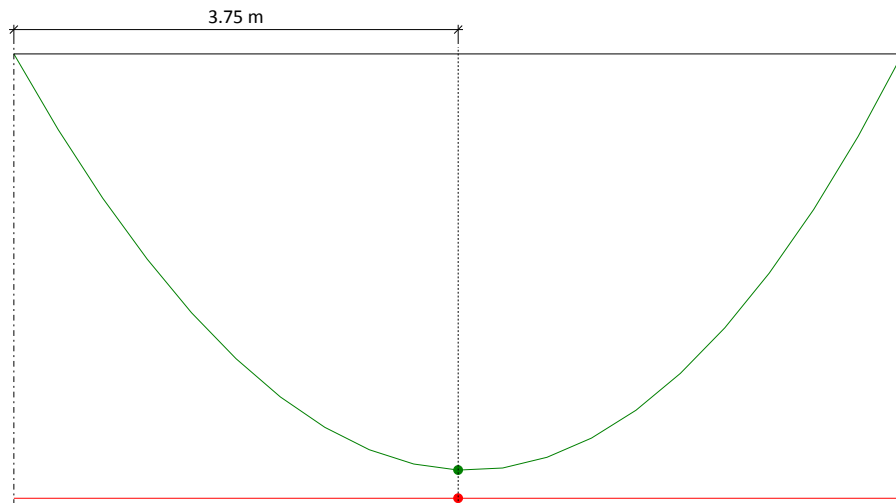
- M_u (Strengthening limits) = 307.18 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 437.29 kN·m

Anticipated loads



- M_u (Anticipated loads) = 655.31 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 437.29 kN·m

Fire situation



- M_u (Fire situation) = 409.57 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 485.88 kN·m

5. RESULTS

5.1. Summary of results

Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.90	307.18	485.88	Un-strengthened section $437.29 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 307.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Strengthened section under anticipated loads				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.78	655.31	897.99	Strengthened section $696.38 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 655.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Serviceability limit states			
Loading	Service stresses		
	$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$	$f_{y,s} \leq 0.8 \cdot f_y$	$f_{fs} \leq 0.55 \cdot f_{fu}$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$4.46 \text{ MPa} \leq 12.00 \text{ MPa}$ ✓	$202.95 \text{ MPa} \leq 256.00 \text{ MPa}$ ✓	$154.61 \text{ MPa} \leq 1431.13 \text{ MPa}$ ✓

Fire resistance (t=0 min.)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	409.57	485.88	Un-strengthened section $485.88 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 409.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

5.2. Ultimate limit states

The flexural strength of a section depends on the controlling failure mode. The following flexural failure modes are investigated for the FRP-strengthened section (ACI 440.2R-17, 10.1.1):

- Crushing of the concrete in compression before yielding of the reinforcing steel;
- Yielding of the steel in tension followed by rupture of the FRP laminate;
- Yielding of the steel in tension followed by concrete crushing;

Shear tension delamination of the concrete cover (cover delamination)

Debonding of the FRP from the concrete substrate (FRP debonding).

The following assumptions are made in calculating the flexural resistance of a section strengthened with an externally applied FRP system (ACI 440.2R-17, 10.2.1):

Design calculations are based on the dimensions, internal reinforcing steel arrangement, and material properties of the existing member to be strengthened;

The strains in the steel reinforcement and concrete are directly proportional to the distance from the neutral axis. That is, a plane section before loading remains plane after loading;

There is no relative slip between external FRP reinforcement and the concrete;

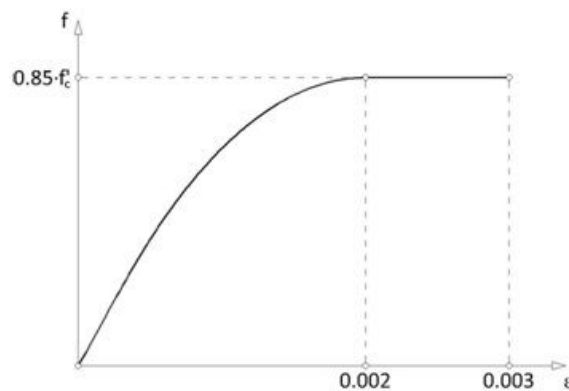
The shear deformation within the adhesive layer is neglected because the adhesive layer is very thin with slight variations in its thickness;

The maximum usable compressive strain in the concrete is 0.003;

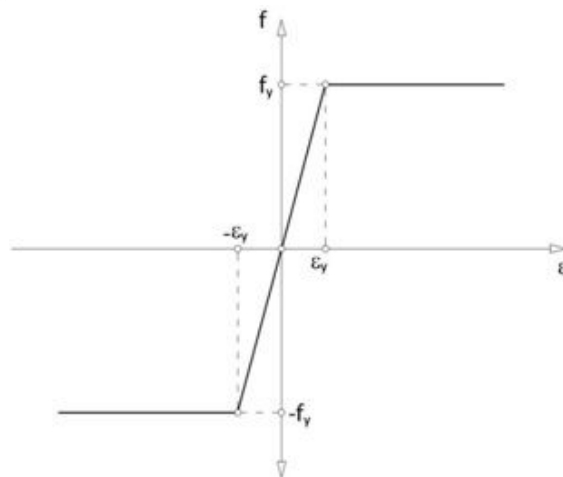
The tensile strength of concrete is neglected; and

The FRP reinforcement has a linear elastic stress-strain relationship until failure

Stress-strain profile for concrete



Stress-strain profile for reinforcing steel



To prevent such an intermediate crack-induced debonding failure mode, the effective strain in FRP reinforcement must be limited to the strain level at which debonding may occur, ϵ_{fd} , as defined in Eq. (ACI 440.2R-17, Section 10.1):

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{n \cdot E_f \cdot t_f}} \leq 0.9 \cdot \epsilon_{fu}$$

Main FRP reinforcement
Lateral FRP reinforcement

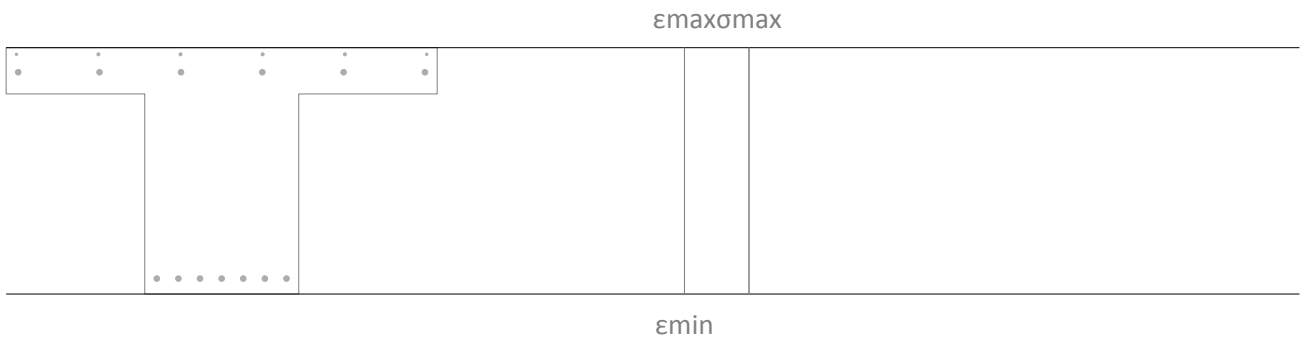
ϵ_{fd} : 0.0038

ϵ_{fd} : 0.0038

An additional reduction factor for FRP, Ψ_f , is applied to the flexural-strength contribution of the FRP reinforcement. The recommended value of Ψ_f is 0.85.

Force balance of section. Initial loads

$S_u = S_i = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$



Maximum and minimum strain

$\epsilon_{max} = 0.00 \text{ ‰}$

$\epsilon_{min} = 0.00 \text{ ‰}$

Maximum stress in concrete

$f_c = 0.00 \text{ MPa}$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19	320	0.00	0.00
No. 8, No. 10	378	0.00	0.00
No. 19	-350	0.00	0.00

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

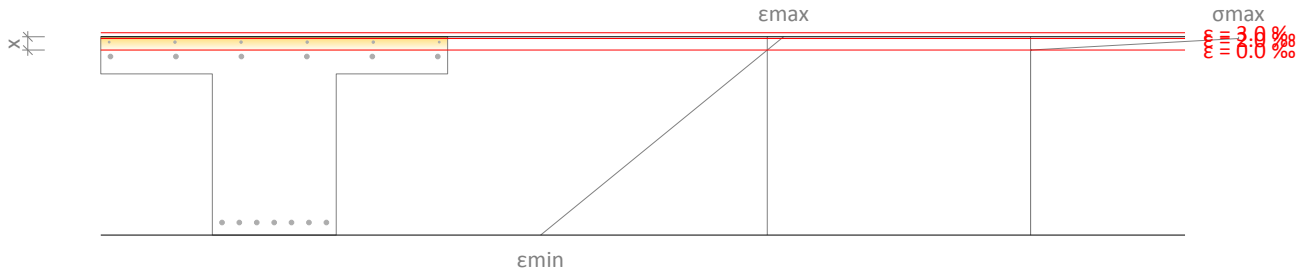
437.29 kN·m \geq 307.18 kN·m ✓

Nominal moment

M_n : 485.88 kN·m

Strength reduction factor

ϕ : 0.90



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.30 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -31.99 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 17.00 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 53.65 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	-225.87	-1.13
No. 8, No. 10	378	271.38	1.36
No. 19	-350	-320.00	-29.85
*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).			

Strengthening limits. Strengthened section and expected loads.

$$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

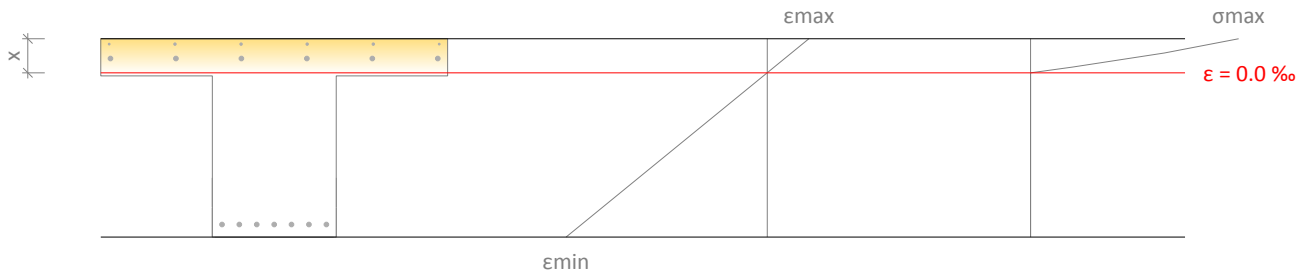
$$696.38 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 655.31 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{897.99 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.78}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.79 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -3.79 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 10.73 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 137.24 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	65.50	0.33
No. 8, No. 10	378	131.87	0.66
No. 19	-350	-320.00	-3.51
FRP	-401	-532.38	-3.80
FRP	-340	-483.67	-3.45
FRP	-220	-387.38	-2.76

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi = 0.85$).

5.3. Serviceability limit states

The stress in the steel reinforcement under service loads must be limited to 80% of the yield strength. In addition, the compressive stress in concrete under service loads must be limited to 60% of the compressive strength (ACI 440.2R, 10.2.8).

$$f_{s,s} \leq 0.8 \cdot f_y$$

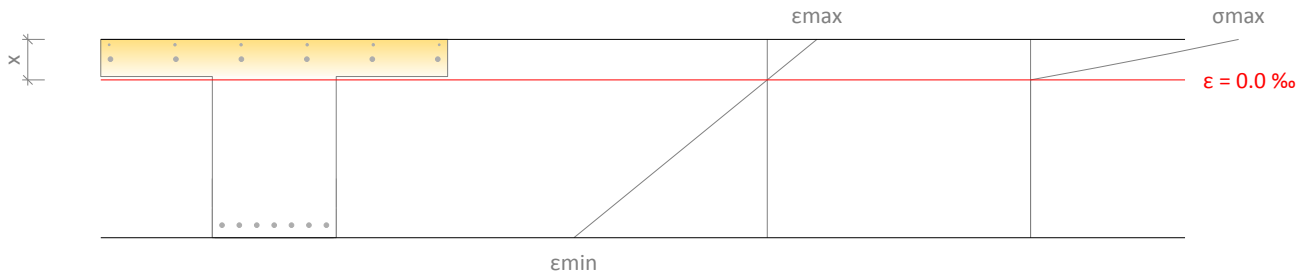
$$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$$

The sustained stress should be limited as expressed by eq.(ACI 440.2R-17, 10.2.9):

$$f_{f,s} \leq 0.55 \cdot f_{fu}$$

Force balance of section under service loads

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{max} = 0.28 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{min} = -1.10 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 4.46 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 163.24 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	28.79	0.14
No. 8, No. 10	378	48.85	0.24
No. 19	-350	-202.95	-1.01
FRP	-401	-154.61	-1.10
FRP	-340	-139.89	-1.00
FRP	-220	-110.78	-0.79

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Strengthening limits. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$485.88 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 409.57 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{485.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{1.00}$$

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire

situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. Development length

The available anchorage length for the FRP must exceed the value:
FRP main reinforcement

$$l_{df} = \sqrt{\frac{n \cdot E_f \cdot t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

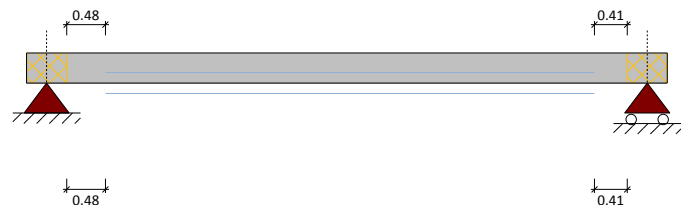
$l_{df} : \underline{227.3 \text{ mm}}$

Lateral FRP reinforcement

$$l_{df} = \sqrt{\frac{n \cdot E_f \cdot t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

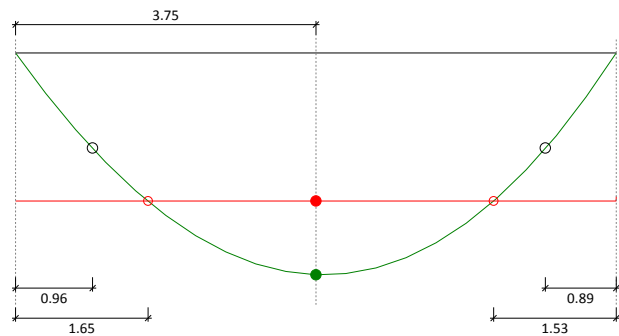
$l_{df} : \underline{227.3 \text{ mm}}$

FRP reinforcement. Bending scheme: Positive



FRP main reinforcement (Simply bonded) l_{df} : 227.3 mm
4 x Sika® CarboDur® S1214
FRP lateral reinforcement (Simply bonded) l_{df} : 227.3 mm
4 x Sika® CarboDur® S1214

- $M_{cr} = 281.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened section) = 437.29 kN·m
- M_u (Anticipated loads) = 655.31 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Strengthened section) = 696.38 kN·m

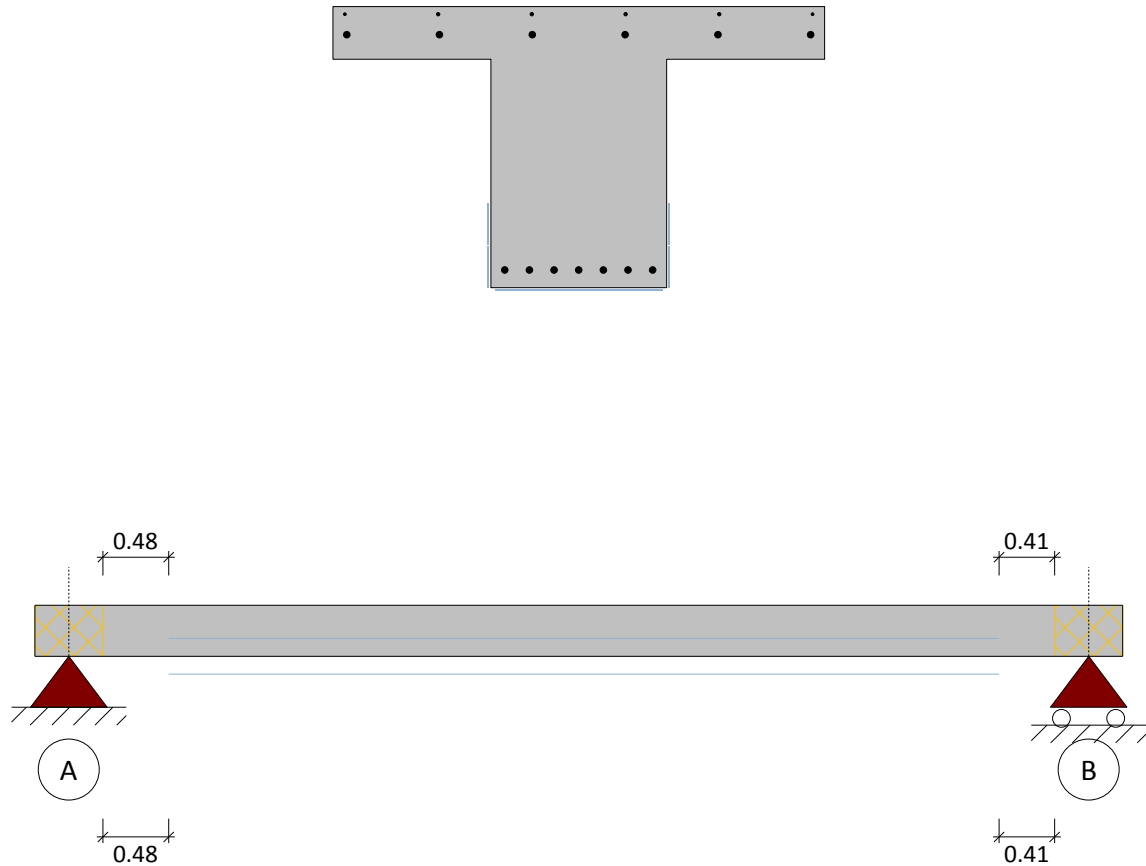


5.6. FRP arrangement

The previous results correspond to the following FRP scheme:

FRP main reinforcement: 4 (Sika® CarboDur® S1214)

Lateral FRP reinforcement: Web 2 x 2 (Sika® CarboDur® S1214)



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded Sika CarboDur® plates

The strengthening shall be achieved using pultruded CarboDur plates reinforced polymer laminate, externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-30.

The material shall be a pultruded, unidirectional CFRP plate, and exhibit a fibre volume content >68%.

The plates shall be straight, flat and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

Test reports regarding reaction of adhesive joint to artificial weathering after 100 days shall be provided.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. Sika CarboDur® plates

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of Sika CarboDur® S plates:

Fibre volume content		> 68%
Glass transition temp.		> 100°C
E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 170000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 3100 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	> 1.7%

6.1.2.2. Typical Properties of Sika CarboDur® S plates:

Fibre volume content		> 68%
Glass transition temp.		> 100°C
E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 170000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 3100 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	> 1.7%

6.1.3. Epoxy Adhesive

The material shall be epoxy based, and combine primer, putty and adhesive in one product.

The material shall not release substances dangerous to health, hygiene and the environment.

The material shall be long-term creep resistant proven by independent report.

The material shall meet the requirements of EN 1504-4 as structural bonding product for bonded plate reinforcement.

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-30 adhesive:

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Density (parts A+B mixed) at +23°C	1.65 kg/l + 0.1 kg/l
Slant shear strength at steel:	50° ≥ 50 N/mm ²
	60° ≥ 60 N/mm ²
	70° ≥ 70 N/mm ²
Bond/adhesion strength:	≥ 14 N/mm ²
Shear strength:	≥ 12 N/mm ²
Compressive strength:	≥ 30 N/mm ²
Shrinkage / expansion:	≤ 0.1%
Workability:	85 min. at 23°C
Sensitivity to water	Pass
Modulus of elasticity:	≥ 2000 N/mm ²
Coefficient of thermal expansion:	≤ 100 x 10 ⁻⁶
Glass transition temperature:	≥ 40°C
Durability	Pass

Compliance with FIP requirement

Sag flow	Non sag up to 3 -5 mm in vertical
Squeezability	4000 m2 at +15°C at 15 kg
Volume change	0.04%
Shear strength at 15°C	>14 N/mm ²
Shear strength at 35°C	>26 N/mm ²
E-modulus in compression	9600 N/mm ²
E-modulus in tensile	11200 N/mm ²

6.1.4. Application procedure

The plates shall be cut to length using either a rotary disc cutter or a hacksaw.

The plates shall be cleaned and degreased with Sika® Colma® Cleaner or an Isopropyl alcohol based cleaner.

The adhesive shall be applied to the plates in a way that it is approximately 1 mm thick on the sides and 2 mm thick in the middle of the plate.

A very thin layer of the adhesive shall be applied to the prepared substrate surface to fill any small voids and irregularities.

The plate shall be placed on the prepared area and pressed onto the substrate, first gently by hand and second with a hard rubber roller, until adhesive material is squeezed out on both sides of the plate. The excess material shall be removed.

In case of plate intersections, the surface of the underlying plate shall be cleaned from dirt and grease and an adhesive ramp shall be applied on both sides of the underlying plate so the top plate is connected to the substrate on the entire area.

The freshly bonded system shall not be disturbed for at least 24 hours and any vibrations shall be kept at a minimum during the curing period of the adhesive.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the laminate shall be available).

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 22/03/2022
Project: Vedlegg A88 - Forsterk...



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A89 - Forsterkning bjelke Bj.C.306 4. felt

ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Beam definition.....	3
2.2. Geometry.....	3
2.3. Concrete.....	4
2.4. Reinforcing steel.....	4
2.5. Strength reduction factors.....	4
2.6. Load factors.....	5
2.7. Exposure conditions.....	5
3. FRP STRENGTH.....	5
3.1. Main FRP reinforcement.....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	5
4.1. Beam loads.....	5
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	7
5.3. Serviceability limit states.....	11
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	12
5.5. Development length.....	13
5.6. FRP arrangement.....	13
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	14
6.1. Bonded Sika CarboDur® plates.....	14
6.1.1. Concrete surface preparation.....	15

6.1.2. Sika CarboDur® plates.....	15
6.1.3. Epoxy Adhesive.....	15
6.1.4. Application procedure.....	16
7. LEGAL DISCLAIMER.....	18
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	18

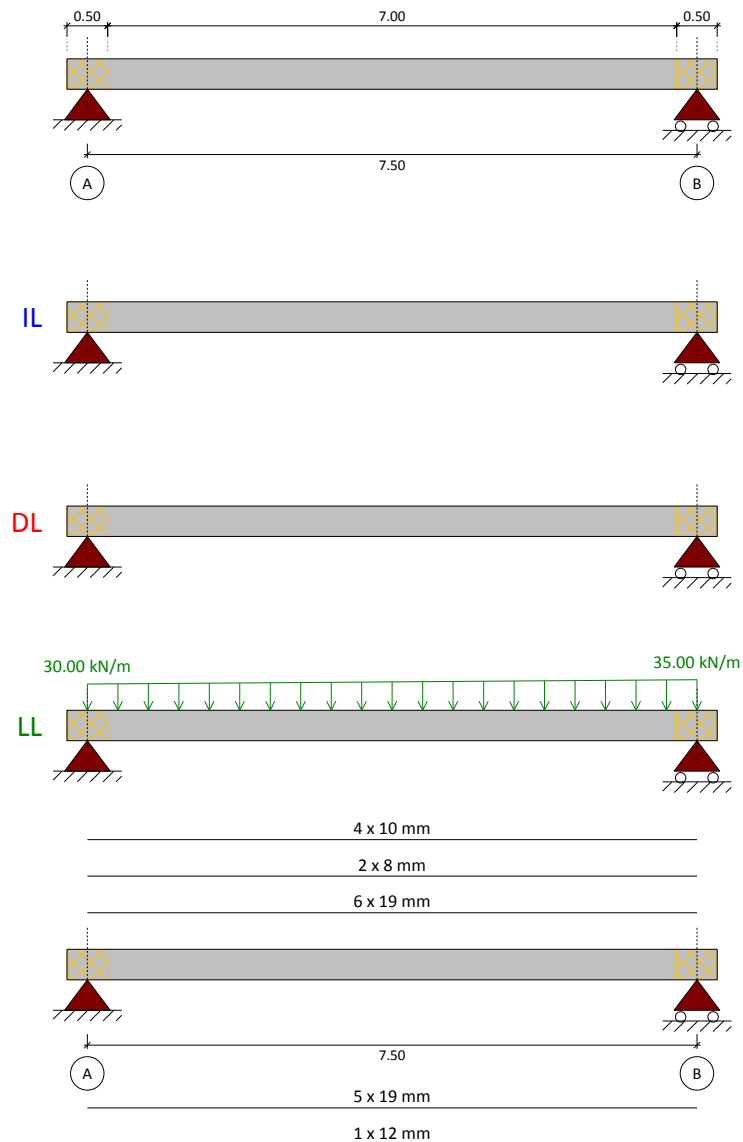
1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Flexural strengthening of beam.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

2.1. Beam definition



2.2. Geometry

Cross section = T-Beam

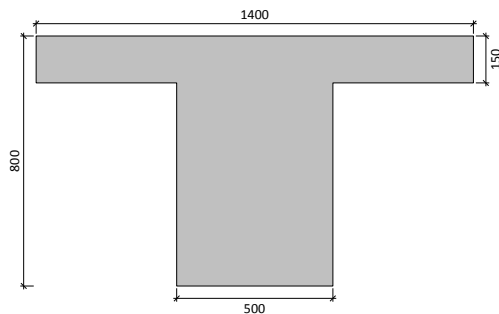
Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Switzerland)
 www.sika.com

Element:
 Editor:
 Remarks:

Date: 22/03/2022
 Project: Vedlegg A89 - Forsterk...



Web width = 500 mm
 Total height = 800 mm
 Width of flange = 1400 mm
 Height of flange = 150 mm



2.3. Concrete

Compressive strength of concrete
 Concrete strength (f'_c) = 20 MPa
 Cylinder specimen = 20 MPa
 Cube specimen = 25 MPa

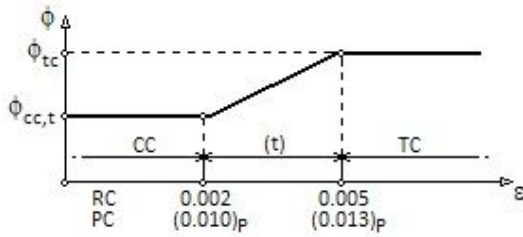
2.4. Reinforcing steel

Reinforcement layers

Top layer	d_2 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	80	(B320) 320	200000	6 x 19.0
2.	22	(B320) 320	200000	2 x 8.0
3.	22	(B320) 320	200000	4 x 10.0
Bottom layer	d_1 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	50	(B320) 320	200000	5 x 19.0
2.	50	(B400) 400	200000	1 x 12.0

2.5. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.6. Load factors

ACI combinations	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	0.75
Expected loads (strengthening design)	1.20	1.60
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

2.7. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

3. FRP STRENGTH

3.1. Main FRP reinforcement

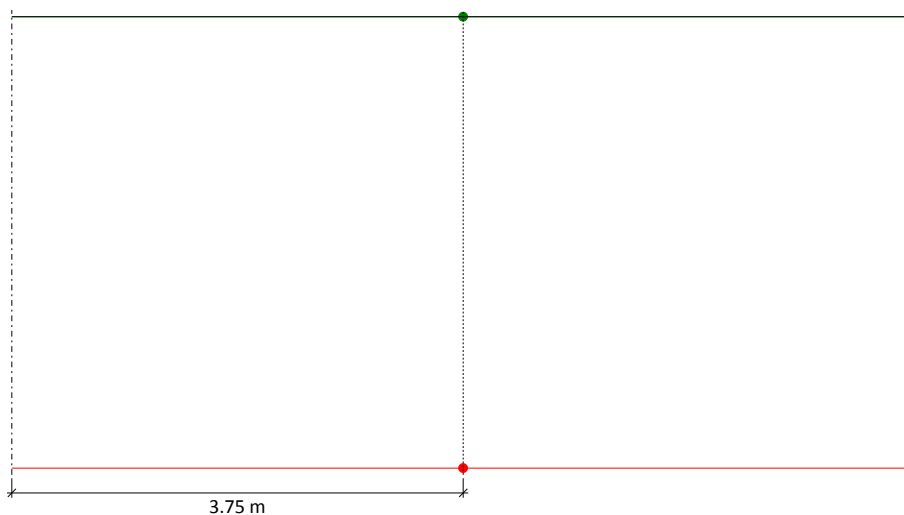
Simply bonded. Sika CarboDur® S

Sika® CarboDur® S914	Number	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	ϵ_{fu}	Width (mm)
Layer: 1	3	165000.00	1.400	0.0166	90.00

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

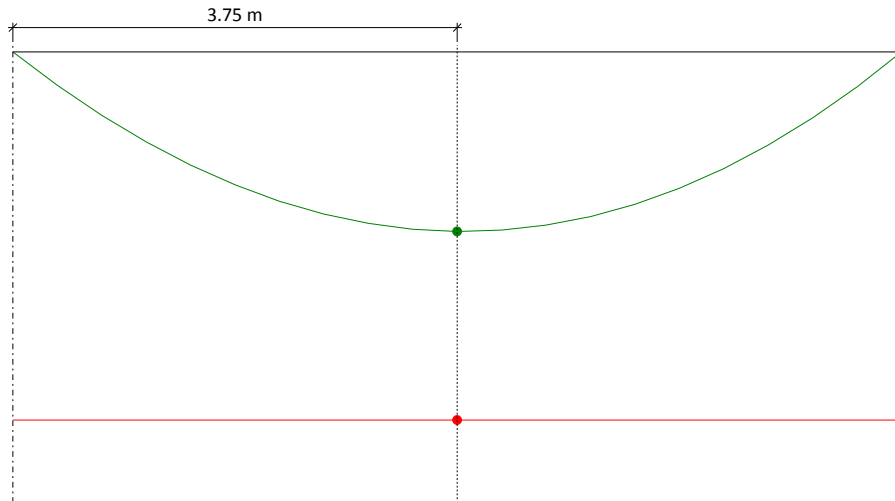
4.1. Beam loads

Initial loads



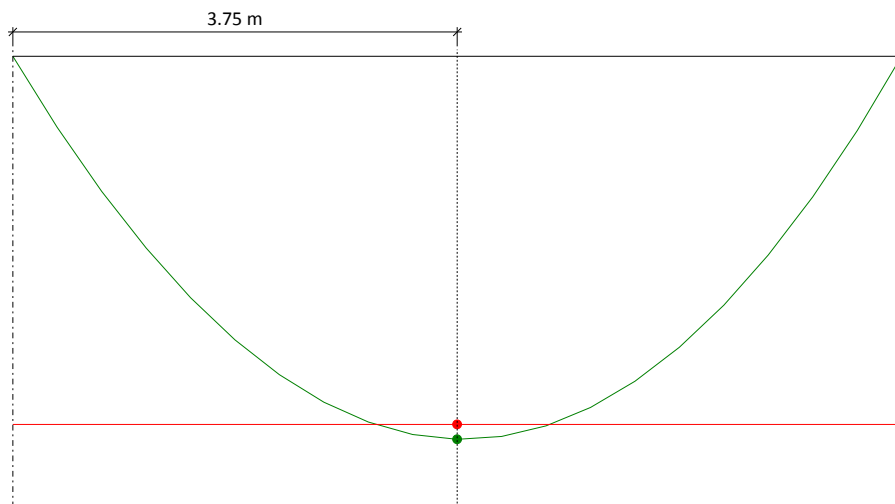
- M_u (Initial loads) = 0.00 kN-m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 351.42 kN-m

Strengthening limits



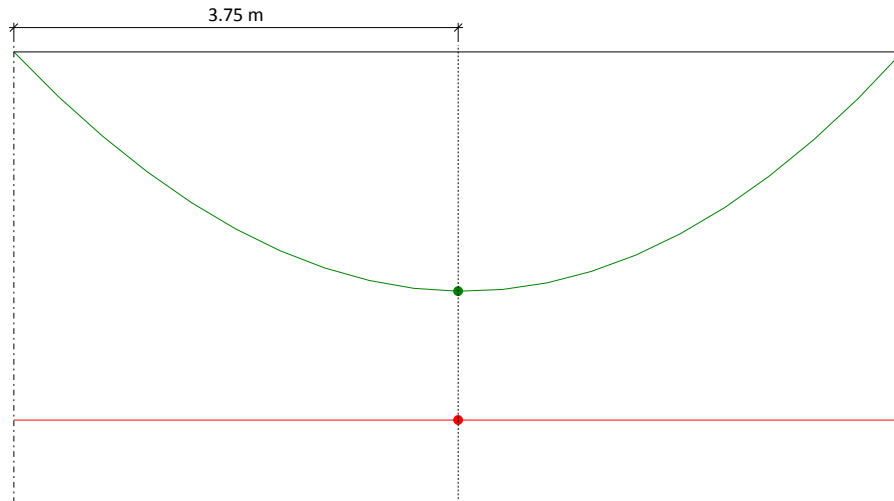
- M_u (Strengthening limits) = 171.39 kN-m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 351.42 kN-m

Anticipated loads



- M_u (Anticipated loads) = 365.63 kN-m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 351.42 kN-m

Fire situation



- M_u (Fire situation) = 228.52 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 390.46 kN·m

5. RESULTS

5.1. Summary of results

Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.90	171.39	390.46	Un-strengthened section $351.42 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 171.39 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Strengthened section under anticipated loads				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.78	365.63	509.25	Strengthened section $395.52 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 365.63 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Serviceability limit states			
Loading	Service stresses		
	$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$	$f_{y,s} \leq 0.8 \cdot f_y$	$f_{fs} \leq 0.55 \cdot f_{fu}$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$3.03 \text{ MPa} \leq 12.00 \text{ MPa}$ ✓	$176.58 \text{ MPa} \leq 256.00 \text{ MPa}$ ✓	$133.97 \text{ MPa} \leq 1431.13 \text{ MPa}$ ✓

Fire resistance (t=0 min.)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	228.52	390.46	Un-strengthened section $390.46 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 228.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

5.2. Ultimate limit states

The flexural strength of a section depends on the controlling failure mode. The following flexural failure modes are investigated for the FRP-strengthened section (ACI 440.2R-17, 10.1.1):

- Crushing of the concrete in compression before yielding of the reinforcing steel;
- Yielding of the steel in tension followed by rupture of the FRP laminate;
- Yielding of the steel in tension followed by concrete crushing;

Shear tension delamination of the concrete cover (cover delamination)

Debonding of the FRP from the concrete substrate (FRP debonding).

The following assumptions are made in calculating the flexural resistance of a section strengthened with an externally applied FRP system (ACI 440.2R-17, 10.2.1):

Design calculations are based on the dimensions, internal reinforcing steel arrangement, and material properties of the existing member to be strengthened;

The strains in the steel reinforcement and concrete are directly proportional to the distance from the neutral axis. That is, a plane section before loading remains plane after loading;

There is no relative slip between external FRP reinforcement and the concrete;

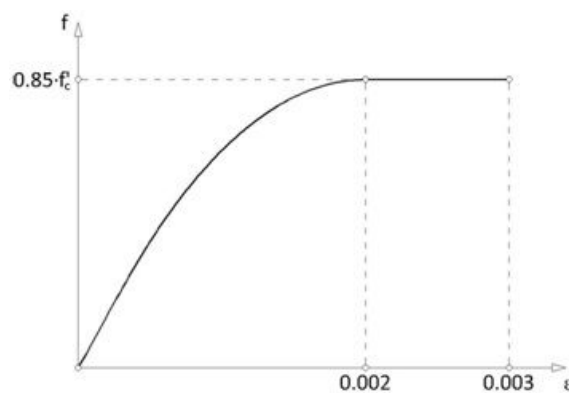
The shear deformation within the adhesive layer is neglected because the adhesive layer is very thin with slight variations in its thickness;

The maximum usable compressive strain in the concrete is 0.003;

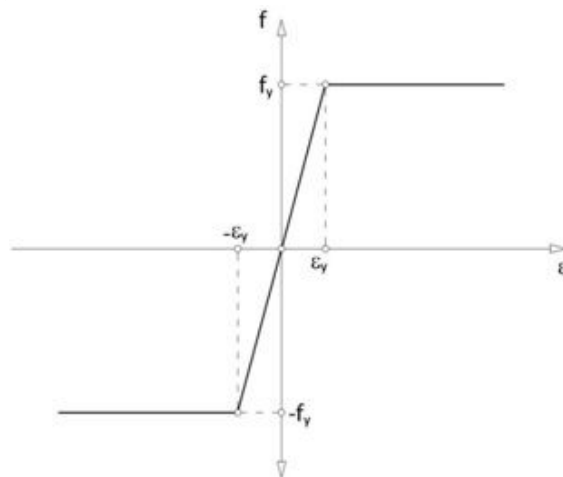
The tensile strength of concrete is neglected; and

The FRP reinforcement has a linear elastic stress-strain relationship until failure

Stress-strain profile for concrete



Stress-strain profile for reinforcing steel



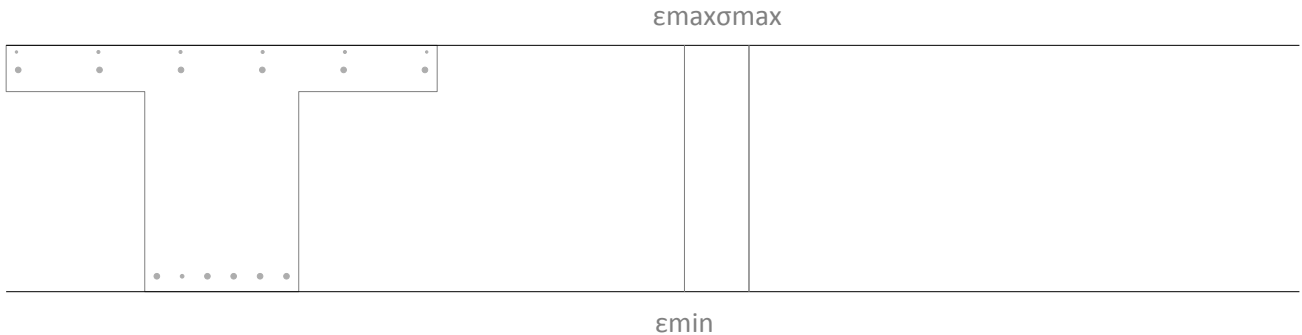
To prevent such an intermediate crack-induced debonding failure mode, the effective strain in FRP reinforcement must be limited to the strain level at which debonding may occur, ϵ_{fd} , as defined in Eq. (ACI 440.2R-17, Section 10.1):

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{n \cdot E_f \cdot t_f}} \leq 0.9 \cdot \epsilon_{fu}$$

An additional reduction factor for FRP, Ψ_f , is applied to the flexural-strength contribution of the FRP reinforcement. The recommended value of Ψ_f is 0.85.

Force balance of section. Initial loads

$$S_u = S_i = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Maximum and minimum strain $\epsilon_{max} = 0.00 \text{ ‰}$

$\epsilon_{min} = 0.00 \text{ ‰}$

Maximum stress in concrete $f_c = 0.00 \text{ MPa}$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19	320	0.00	0.00
No. 8, No. 10	378	0.00	0.00
No. 19, No. 12	-350	0.00	0.00
*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).			

Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

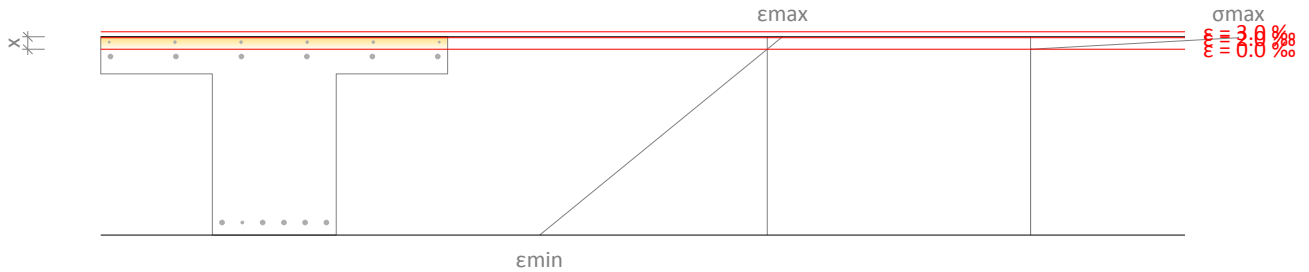
$$351.42 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 171.39 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{390.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.15 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -31.98 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 17.00 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 50.41 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	-252.51	-1.26
No. 8, No. 10	378	242.44	1.21
No. 19	-350	-320.00	-29.85
No. 12	-350	-400.00	-29.85

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

Strengthening limits. Strengthened section and expected loads.

$$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

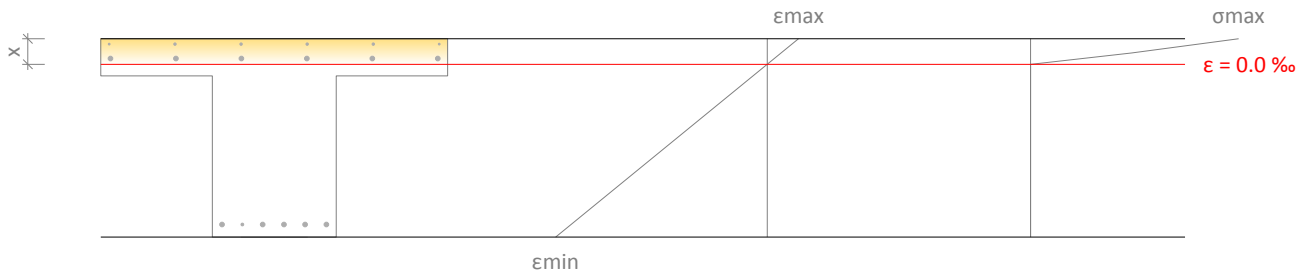
$$395.52 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 365.63 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{509.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.78}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.56 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -3.79 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 8.18 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 102.88 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	24.90	0.12
No. 8, No. 10	378	88.00	0.44
No. 19	-350	-320.00	-3.52
No. 12	-350	-400.00	-3.52
FRP	-401	-532.38	-3.80

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

5.3. Serviceability limit states

The stress in the steel reinforcement under service loads must be limited to 80% of the yield strength. In addition, the compressive stress in concrete under service loads must be limited to 60% of the compressive strength (ACI 440.2R, 10.2.8).

$$f_{s,s} \leq 0.8 \cdot f_y$$

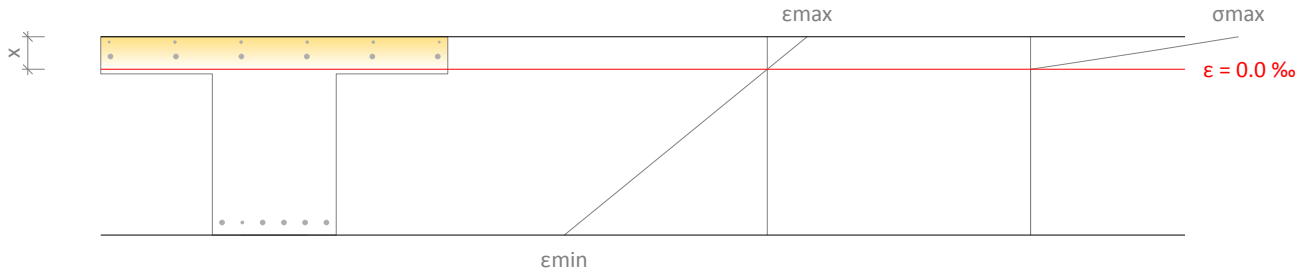
$$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$$

The sustained stress should be limited as expressed by eq.(ACI 440.2R-17, 10.2.9):

$$f_{r,s} \leq 0.55 \cdot f_{ru}$$

Force balance of section under service loads

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.19 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -0.95 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 3.03 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 131.20 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	14.61	0.07
No. 8, No. 10	378	31.16	0.16
No. 19, No. 12	-350	-176.58	-0.88
FRP	-401	-133.97	-0.96

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Strengthening limits. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$390.46 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 228.52 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{390.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{1.00}$$

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. Development length

The available anchorage length for the FRP must exceed the value:
FRP main reinforcement

$$l_{df} = \sqrt{\frac{n \cdot E_f \cdot t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

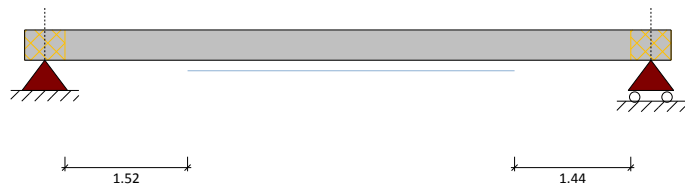
$l_{df} : \underline{227.3 \text{ mm}}$

Lateral FRP reinforcement

$$l_{df} = \sqrt{\frac{n \cdot E_f \cdot t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

$l_{df} : \underline{227.3 \text{ mm}}$

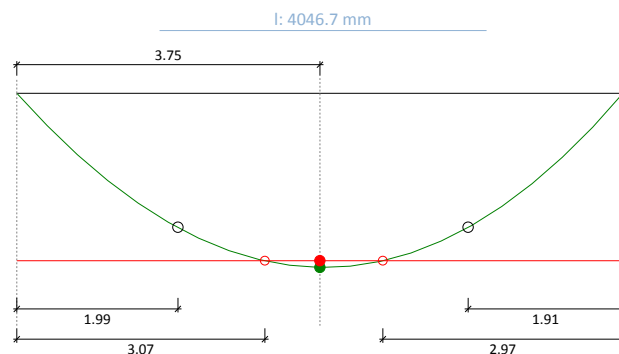
FRP reinforcement. Bending scheme: Positive



FRP main reinforcement (Simply bonded) l_{df} : 227.3 mm

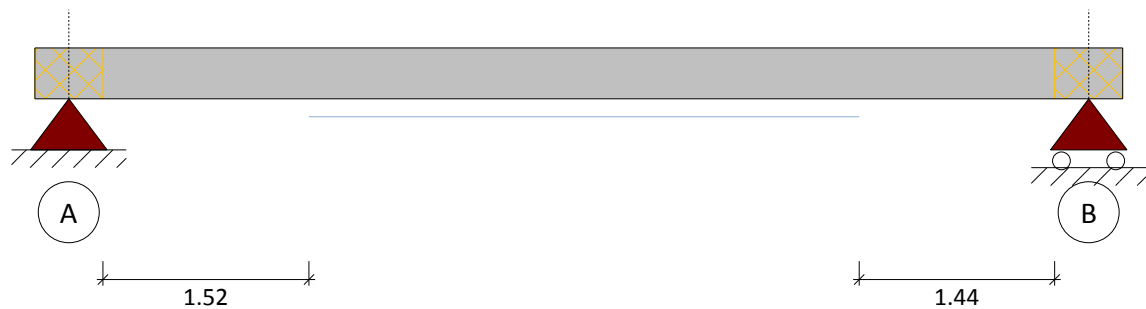
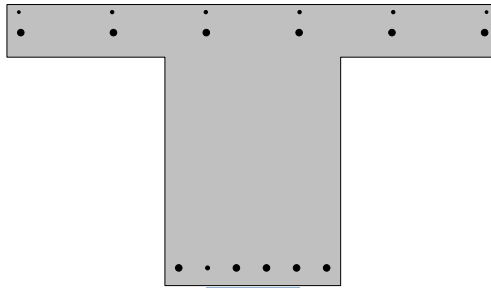
3 x Sika® CarboDur® S914

- $M_{cr} = 281.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened section) = 351.42 kN·m
- M_u (Anticipated loads) = 365.63 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Strengthened section) = 395.52 kN·m



5.6. FRP arrangement

The previous results correspond to the following FRP scheme:
FRP main reinforcement: 3 (Sika® CarboDur® S914)



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded Sika CarboDur® plates

The strengthening shall be achieved using pultruded CarboDur plates reinforced polymer laminate, externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-30.

The material shall be a pultruded, unidirectional CFRP plate, and exhibit a fibre volume content >68%.

The plates shall be straight, flat and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

Test reports regarding reaction of adhesive joint to artificial weathering after 100 days shall be provided.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. Sika CarboDur® plates

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of Sika CarboDur® S plates:

Fibre volume content		> 68%
Glass transition temp.		> 100°C
E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 170000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 3100 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	> 1.7%

6.1.3. Epoxy Adhesive

The material shall be epoxy based, and combine primer, putty and adhesive in one product.

The material shall not release substances dangerous to health, hygiene and the environment.

The material shall be long-term creep resistant proven by independent report.

The material shall meet the requirements of EN 1504-4 as structural bonding product for bonded plate reinforcement.

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-30 adhesive:

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Density (parts A+B mixed) at +23°C	1.65 kg/l + 0.1 kg/l
Slant shear strength at steel:	50° ≥ 50 N/mm ²
	60° ≥ 60 N/mm ²
	70° ≥ 70 N/mm ²
Bond/adhesion strength:	≥ 14 N/mm ²
Shear strength:	≥ 12 N/mm ²
Compressive strength:	≥ 30 N/mm ²
Shrinkage / expansion:	≤ 0.1%
Workability:	85 min. at 23°C
Sensitivity to water	Pass
Modulus of elasticity:	≥ 2000 N/mm ²
Coefficient of thermal expansion:	≤ 100 x 10 ⁻⁶
Glass transition temperature:	≥ 40°C
Durability	Pass

Compliance with FIP requirement

Sag flow	Non sag up to 3 -5 mm in vertical
Squeezability	4000 m ² at +15°C at 15 kg
Volume change	0.04%
Shear strength at 15°C	>14 N/mm ²
Shear strength at 35°C	>26 N/mm ²
E-modulus in compression	9600 N/mm ²
E-modulus in tensile	11200 N/mm ²

6.1.4. Application procedure

The plates shall be cut to length using either a rotary disc cutter or a hacksaw.

The plates shall be cleaned and degreased with Sika® Colma® Cleaner or an Isopropyl alcohol based cleaner.

The adhesive shall be applied to the plates in a way that it is approximately 1 mm thick on the sides and 2 mm thick in the middle of the plate.

A very thin layer of the adhesive shall be applied to the prepared substrate surface to fill any small voids and irregularities.

The plate shall be placed on the prepared area and pressed onto the substrate, first gently by hand and second with a hard rubber roller, until adhesive material is squeezed out on both sides of the plate. The excess material shall be removed.

In case of plate intersections, the surface of the underlying plate shall be cleaned from dirt and grease and an adhesive ramp shall be applied on both sides of the underlying plate so the top plate is connected to the substrate on the entire area.

The freshly bonded system shall not be disturbed for at least 24 hours and any vibrations shall be kept at a minimum during the curing period of the adhesive.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the laminate shall be available).

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 22/03/2022
Project: Vedlegg A89 - Forsterk...

BUILDING TRUST



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A90 - Forsterkning Bj.C.306 6.felt

ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Beam definition.....	3
2.2. Geometry.....	3
2.3. Concrete.....	4
2.4. Reinforcing steel.....	4
2.5. Strength reduction factors.....	4
2.6. Load factors.....	5
2.7. Exposure conditions.....	5
3. FRP STRENGTH.....	5
3.1. Main FRP reinforcement.....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	5
4.1. Beam loads.....	5
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	7
5.3. Serviceability limit states.....	11
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	12
5.5. Development length.....	13
5.6. FRP arrangement.....	13
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	14
6.1. Bonded Sika CarboDur® plates.....	14
6.1.1. Concrete surface preparation.....	15

6.1.2. Sika CarboDur® plates.....	15
6.1.3. Epoxy Adhesive.....	15
6.1.4. Application procedure.....	16
7. LEGAL DISCLAIMER.....	18
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	18

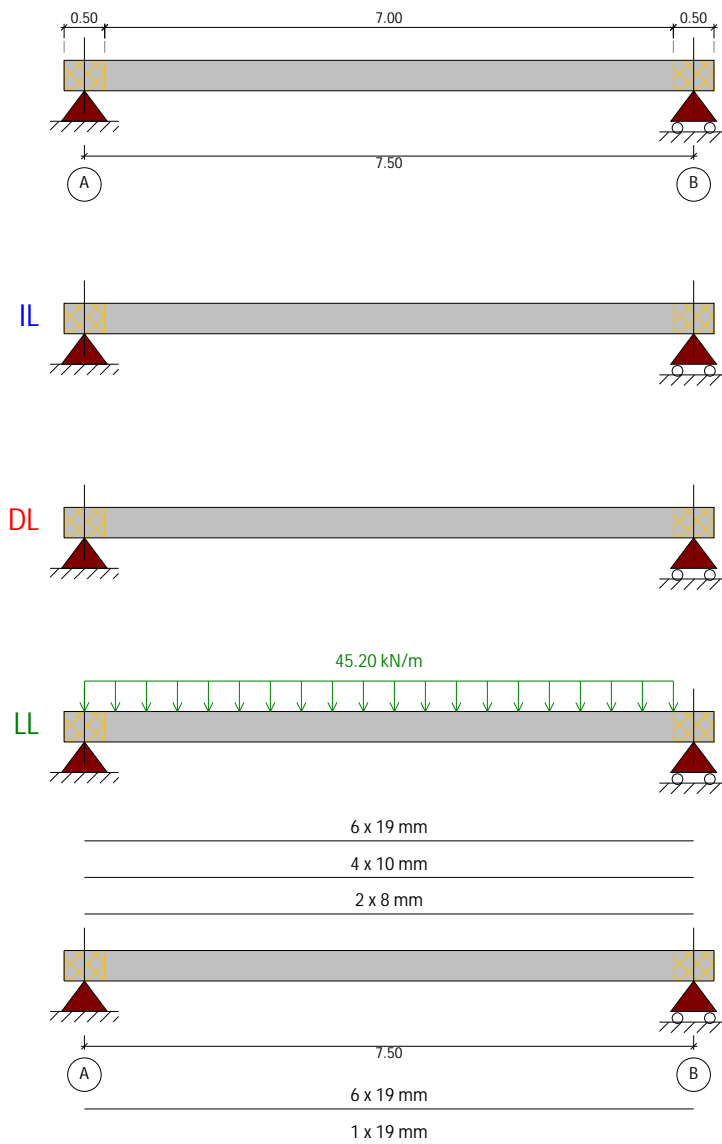
1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Flexural strengthening of beam.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

2.1. Beam definition



2.2. Geometry

Cross section = T-Beam

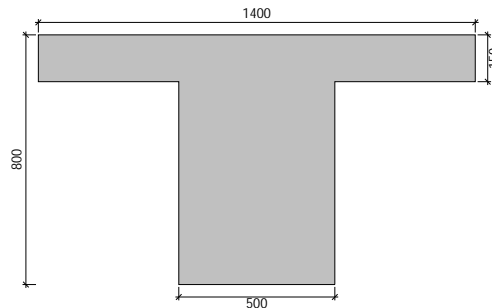
Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 20/05/2022
Project: Vedlegg A90 - Forsterk...



Web width = 500 mm
 Total height = 800 mm
 Width of flange = 1400 mm
 Height of flange = 150 mm



2.3. Concrete

Compressive strength of concrete
 Concrete strength (f'_c) = 20 MPa
 Cylinder specimen = 20 MPa
 Cube specimen = 25 MPa

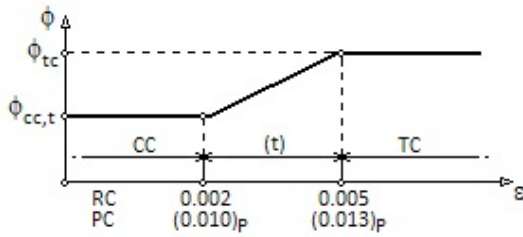
2.4. Reinforcing steel

Reinforcement layers

Top layer	d_2 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	22	(B320) 320	200000	2 x 8.0
2.	22	(B320) 320	200000	4 x 10.0
3.	80	(B320) 320	200000	6 x 19.0
Bottom layer	d_1 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	50	(B320) 320	200000	6 x 19.0
2.	50	(B400) 400	200000	1 x 19.0

2.5. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.6. Load factors

ACI combinations	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	0.75
Expected loads (strengthening design)	1.20	1.60
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

2.7. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

3. FRP STRENGTH

3.1. Main FRP reinforcement

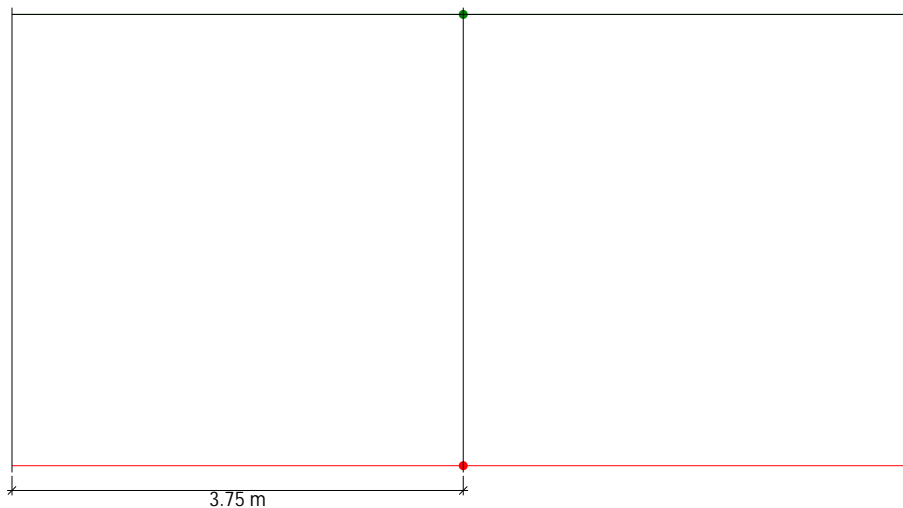
Simply bonded. Sika CarboDur® S

Sika® CarboDur® S812	Number	E_r (MPa)	Thickness t_r (mm)	ϵ_{fu}	Width (mm)
Layer: 1	4	165000.00	1.200	0.0166	80.00

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

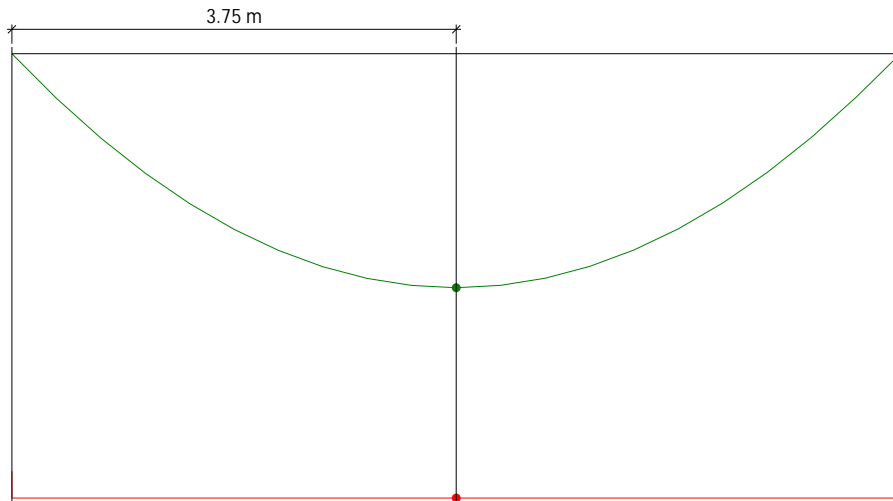
4.1. Beam loads

Initial loads



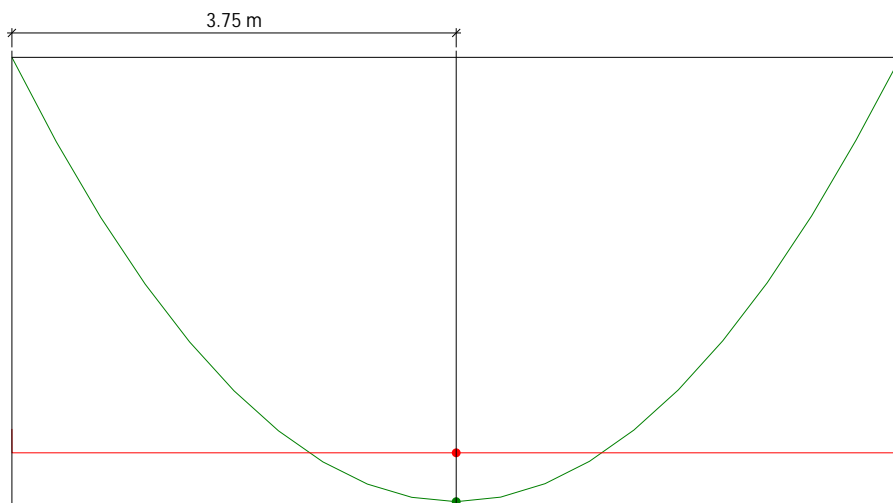
- M_u (Initial loads) = 0.00 kN-m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 451.57 kN-m

Strengthening limits



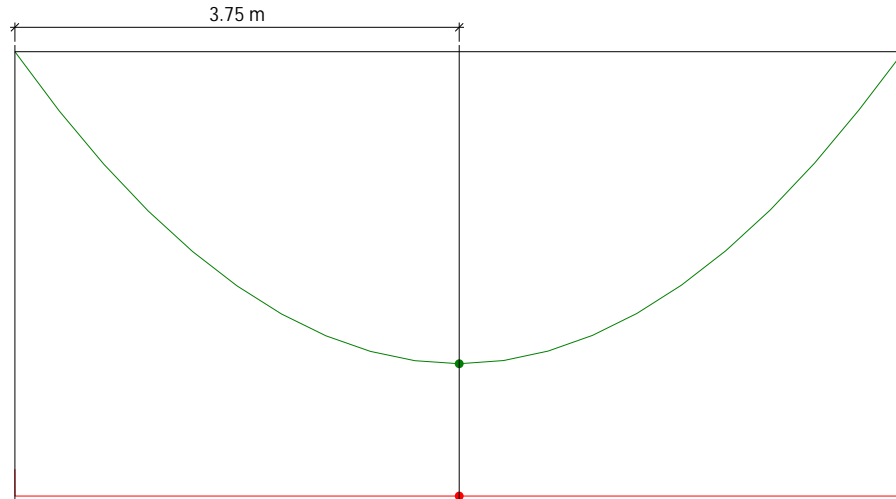
- M_u (Strengthening limits) = 237.83 kN-m
- $\varphi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 451.57 kN-m

Anticipated loads



- M_u (Anticipated loads) = 507.37 kN-m
- $\varphi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 451.57 kN-m

Fire situation



- M_u (Fire situation) = 317.11 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 501.74 kN·m

5. RESULTS

5.1. Summary of results

Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.90	237.83	501.74	Un-strengthened section $451.57 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 237.83 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓
Strengthened section under anticipated loads				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.80	507.37	634.78	Strengthened section $507.78 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 507.37 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Serviceability limit states			
Loading	Service stresses		
	$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$	$f_{y,s} \leq 0.8 \cdot f_y$	$f_{r,s} \leq 0.55 \cdot f_{tu}$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$3.80 \text{ MPa} \leq 12.00 \text{ MPa}$ ✓	$197.32 \text{ MPa} \leq 256.00 \text{ MPa}$ ✓	$149.96 \text{ MPa} \leq 1431.13 \text{ MPa}$ ✓

Fire resistance (t=0 min.)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	317.11	501.74	Un-strengthened section $501.74 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 317.11 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

5.2. Ultimate limit states

The flexural strength of a section depends on the controlling failure mode. The following flexural failure modes are investigated for the FRP-strengthened section (ACI 440.2R-17, 10.1.1):

- Crushing of the concrete in compression before yielding of the reinforcing steel;
- Yielding of the steel in tension followed by rupture of the FRP laminate;
- Yielding of the steel in tension followed by concrete crushing;

Shear tension delamination of the concrete cover (cover delamination)

Debonding of the FRP from the concrete substrate (FRP debonding).

The following assumptions are made in calculating the flexural resistance of a section strengthened with an externally applied FRP system (ACI 440.2R-17, 10.2.1):

Design calculations are based on the dimensions, internal reinforcing steel arrangement, and material properties of the existing member to be strengthened;

The strains in the steel reinforcement and concrete are directly proportional to the distance from the neutral axis. That is, a plane section before loading remains plane after loading;

There is no relative slip between external FRP reinforcement and the concrete;

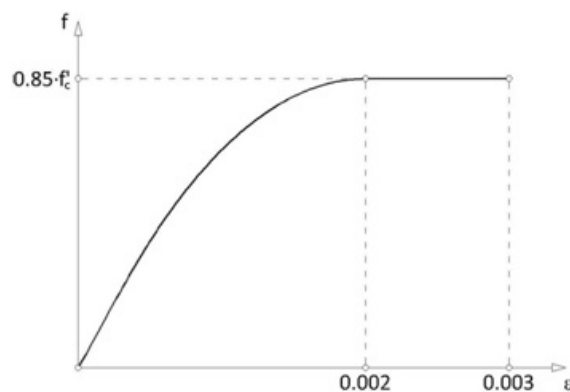
The shear deformation within the adhesive layer is neglected because the adhesive layer is very thin with slight variations in its thickness;

The maximum usable compressive strain in the concrete is 0.003;

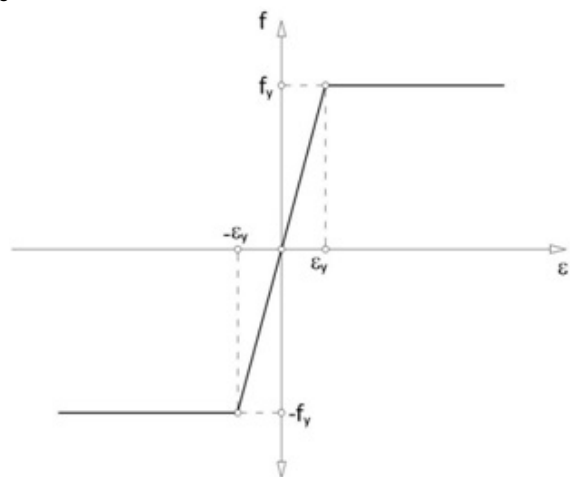
The tensile strength of concrete is neglected; and

The FRP reinforcement has a linear elastic stress-strain relationship until failure

Stress-strain profile for concrete



Stress-strain profile for reinforcing steel



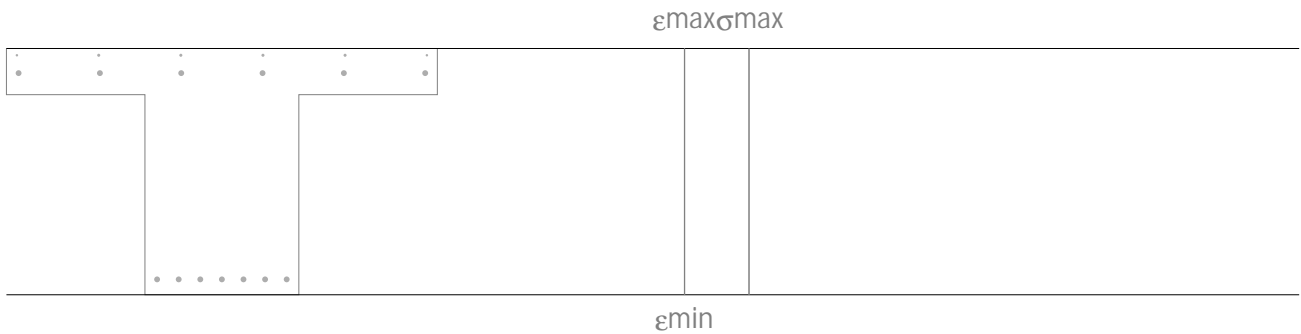
To prevent such an intermediate crack-induced debonding failure mode, the effective strain in FRP reinforcement must be limited to the strain level at which debonding may occur, ϵ_{fd} , as defined in Eq. (ACI 440.2R-17, Section 10.1):

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{n \cdot E_f \cdot t_f}} \leq 0.9 \cdot \epsilon_{fu}$$

An additional reduction factor for FRP, Ψ_f , is applied to the flexural-strength contribution of the FRP reinforcement. The recommended value of Ψ_f is 0.85.

Force balance of section. Initial loads

$$S_u = S_i = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Maximum and minimum strain $\epsilon_{max} = 0.00 \text{ ‰}$

$\epsilon_{min} = 0.00 \text{ ‰}$

Maximum stress in concrete $f_c = 0.00 \text{ MPa}$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 8, No. 10	378	0.00	0.00
No. 19	320	0.00	0.00
No. 19	-350	0.00	0.00
*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).			

Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

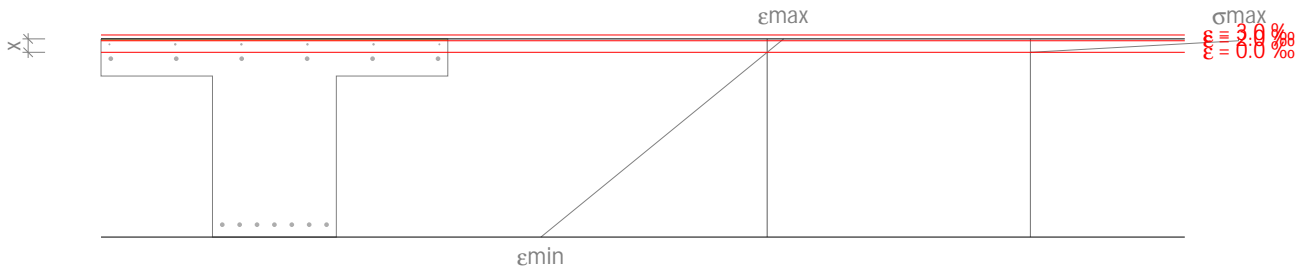
$$451.57 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 237.83 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{501.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$f : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.32 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -31.99 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 17.00 \text{ MPa}$$

$$x = 54.19 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 8, No. 10	378	276.21	1.38
No. 19	320	-221.43	-1.11
No. 19	-350	-320.00	-29.85
No. 19	-350	-400.00	-29.85
*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\gamma_f = 0.85$).			

Strengthening limits. Strengthened section and expected loads.

$$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

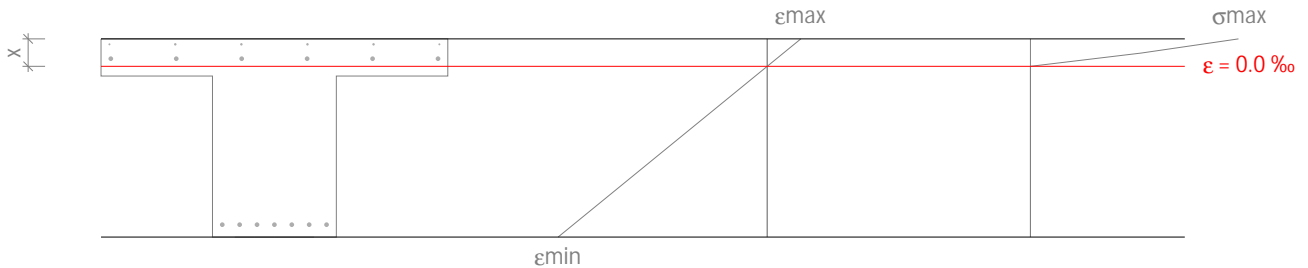
$$507.78 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 507.37 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{634.78 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

Strength reduction factor

$$f : \underline{0.80}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.66 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -4.10 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 9.35 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 110.77 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 8, No. 10	378	105.52	0.53
No. 19	320	36.58	0.18
No. 19	-350	-320.00	-3.80
No. 19	-350	-400.00	-3.80
FRP	-401	-575.03	-4.10

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor (Yf = 0.85).

5.3. Serviceability limit states

The stress in the steel reinforcement under service loads must be limited to 80% of the yield strength. In addition, the compressive stress in concrete under service loads must be limited to 60% of the compressive strength (ACI 440.2R, 10.2.8).

$$f_{s,s} \leq 0.8 \cdot f_y$$

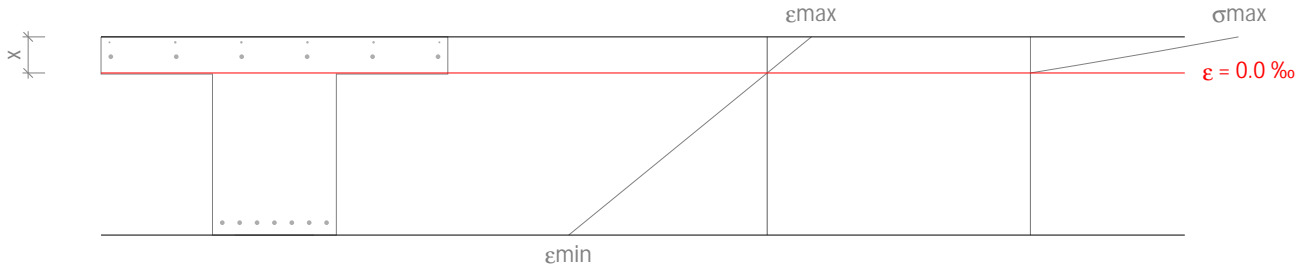
$$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$$

The sustained stress should be limited as expressed by eq.(ACI 440.2R-17, 10.2.9):

$$f_{r,s} \leq 0.55 \cdot f_{ru}$$

Force balance of section under service loads

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.24 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -1.07 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 3.80 \text{ MPa}$$

$$x = 145.68 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 8, No. 10	378	40.38	0.20
No. 19	320	21.45	0.11
No. 19	-350	-197.32	-0.99
FRP	-401	-149.96	-1.07
*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\gamma_f = 0.85$).			

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Strengthening limits. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$501.74 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 317.11 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{501.74 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

Strength reduction factor

$$f : \underline{1.00}$$

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

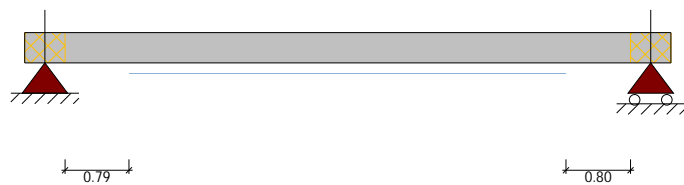
5.5. Development length

The available anchorage length for the FRP must exceed the value:
FRP main reinforcement

$$l_{df} = \sqrt{\frac{n \cdot E_f \cdot t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

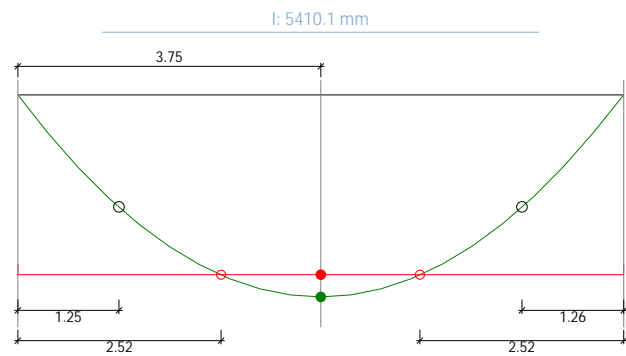
$l_{df} : \underline{210.4 \text{ mm}}$

FRP reinforcement. Bending scheme: Positive



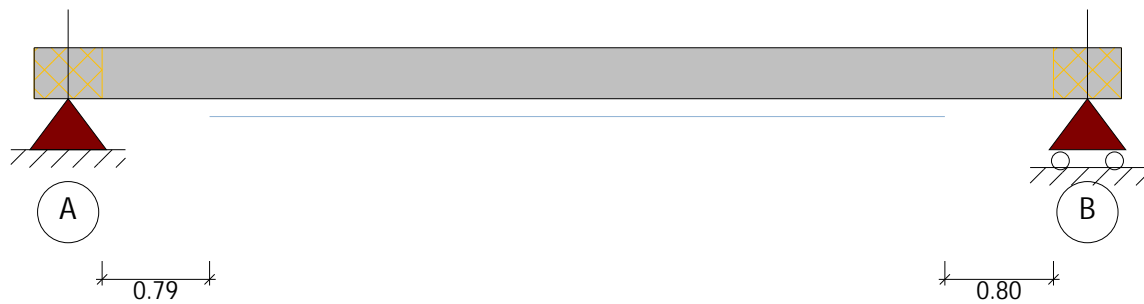
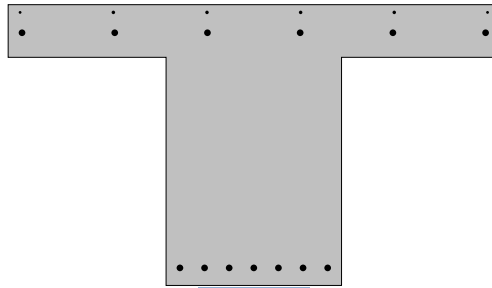
FRP main reinforcement (Simply bonded) l_{df} : 210.4 mm
4 x Sika® CarboDur® S812

- $M_{cr} = 281.18 \text{ kN-m}$
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened section) = 451.57 kN-m
- M_u (Anticipated loads) = 507.37 kN-m
- $\phi \cdot M_n$ (Strengthened section) = 507.78 kN-m



5.6. FRP arrangement

The previous results correspond to the following FRP scheme:
FRP main reinforcement: 4 (Sika® CarboDur® S812)



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded Sika CarboDur® plates

The strengthening shall be achieved using pultruded CarboDur reinforced polymer laminate, externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-30.

The material shall be a pultruded, unidirectional CFRP plate, and exhibit a fibre volume content >68%.

The plates shall be straight, flat and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

Test reports regarding reaction of adhesive joint to artificial weathering after 100 days shall be provided.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. Sika CarboDur® plates

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of Sika CarboDur® S plates:

Fibre volume content		> 68%
Glass transition temp.		> 100°C
E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 170000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 3100 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	> 1.7%

6.1.3. Epoxy Adhesive

The material shall be epoxy based, and combine primer, putty and adhesive in one product.

The material shall not release substances dangerous to health, hygiene and the environment.

The material shall be long-term creep resistant proven by independent report.

The material shall meet the requirements of EN 1504-4 as structural bonding product for bonded plate reinforcement.

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-30 adhesive:

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Density (parts A+B mixed) at +23°C	1.65 kg/l + 0.1 kg/l
Slant shear strength at steel:	50° ≥ 50 N/mm ²
	60° ≥ 60 N/mm ²
	70° ≥ 70 N/mm ²
Bond/adhesion strength:	≥ 14 N/mm ²
Shear strength:	≥ 12 N/mm ²
Compressive strength:	≥ 30 N/mm ²
Shrinkage / expansion:	≤ 0.1%
Workability:	85 min. at 23°C
Sensitivity to water	Pass
Modulus of elasticity:	≥ 2000 N/mm ²
Coefficient of thermal expansion:	≤ 100 x 10 ⁻⁶
Glass transition temperature:	≥ 40°C
Durability	Pass

Compliance with FIP requirement

Sag flow	Non sag up to 3 -5 mm in vertical
Squeezability	4000 m ² at +15°C at 15 kg
Volume change	0.04%
Shear strength at 15°C	>14 N/mm ²
Shear strength at 35°C	>26 N/mm ²
E-modulus in compression	9600 N/mm ²
E-modulus in tensile	11200 N/mm ²

6.1.4. Application procedure

The plates shall be cut to length using either a rotary disc cutter or a hacksaw.

The plates shall be cleaned and degreased with Sika® Colma® Cleaner or an Isopropyl alcohol based cleaner.

The adhesive shall be applied to the plates in a way that it is approximately 1 mm thick on the sides and 2 mm thick in the middle of the plate.

A very thin layer of the adhesive shall be applied to the prepared substrate surface to fill any small voids and irregularities.

The plate shall be placed on the prepared area and pressed onto the substrate, first gently by hand and second with a hard rubber roller, until adhesive material is squeezed out on both sides of the plate. The excess material shall be removed.

In case of plate intersections, the surface of the underlying plate shall be cleaned from dirt and grease and an adhesive ramp shall be applied on both sides of the underlying plate so the top plate is connected to the substrate on the entire area.

The freshly bonded system shall not be disturbed for at least 24 hours and any vibrations shall be kept at a minimum during the curing period of the adhesive.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the laminate shall be available).

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 20/05/2022
Project: Vedlegg A90 - Forsterk...

BUILDING TRUST



Left

Principal

 Right

Span length (m)

7.25

Supports

Type A B Width (mm) A

Loads

 Initial loads are automatically generated

Initial loads



Type	Pos1 (m)	Pos2 (m)	Value1	Value2
------	----------	----------	--------	--------

Dead loads

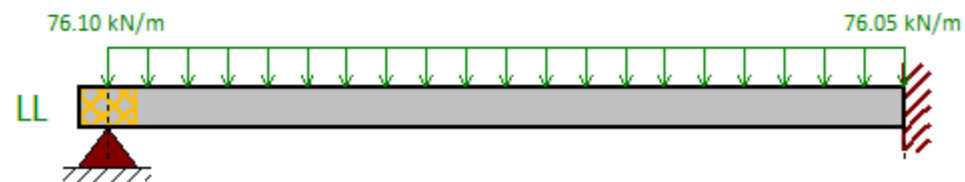
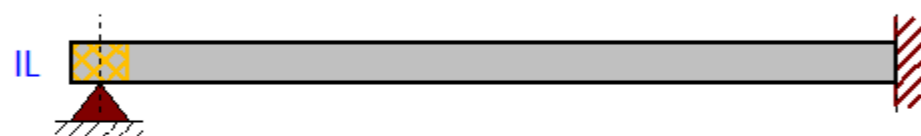
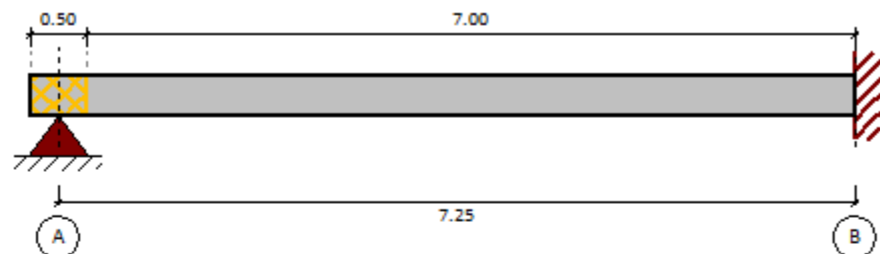


Type	Pos1 (m)	Pos2 (m)	Value1	Value2
------	----------	----------	--------	--------

Live loads



Type	Pos1 (m)	Pos2 (m)	Value1	Value2
1. Distributed	0	7.25	76.10 kN/m	76.05 kN/m



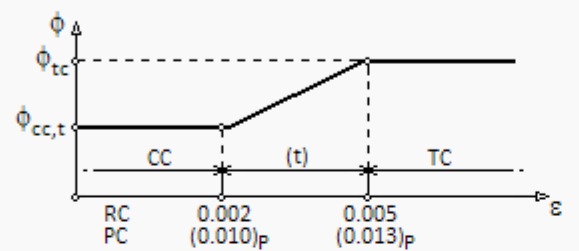
Nominal compressive strength of concrete

Cylinder specimen 20 MPa
 Cube specimen 25.0 MPa

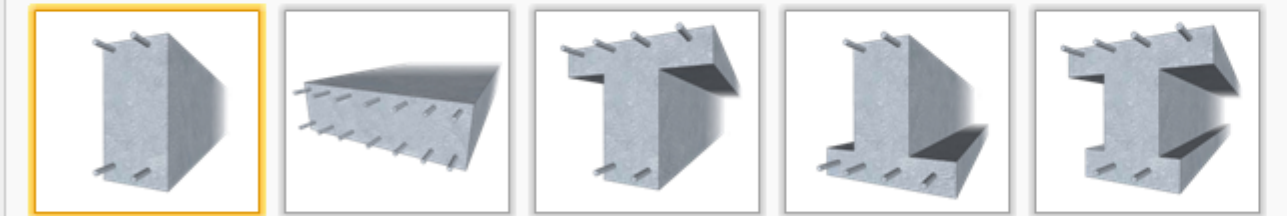
Strength reduction factors

Defined by

$\phi_{cc,t}$ 0.65
 ϕ_{tc} 0.90

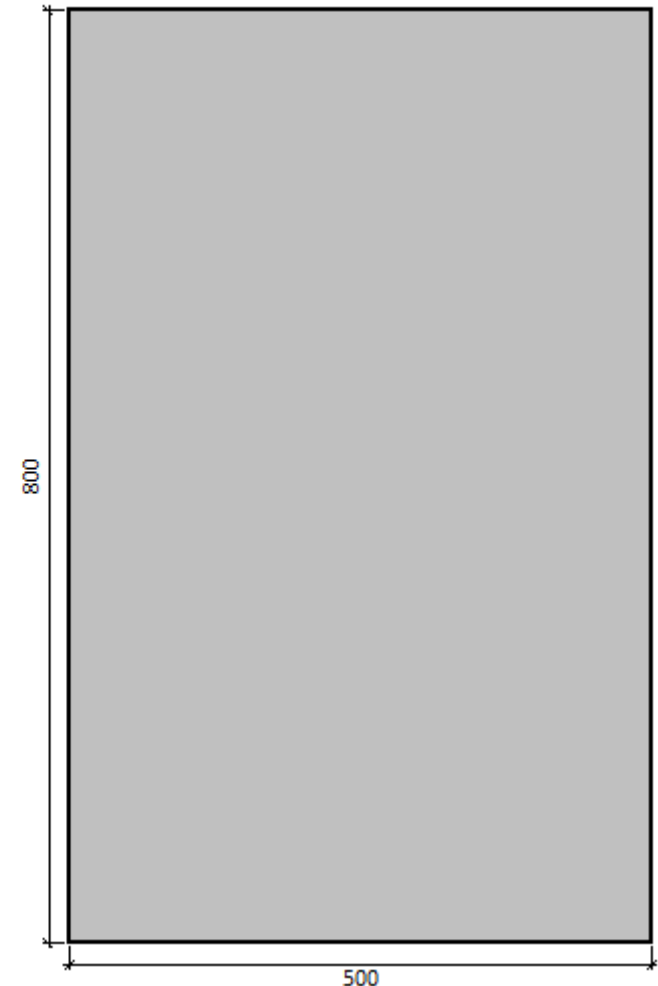


Cross section



Width mm
Height mm

Drawing of the cross section



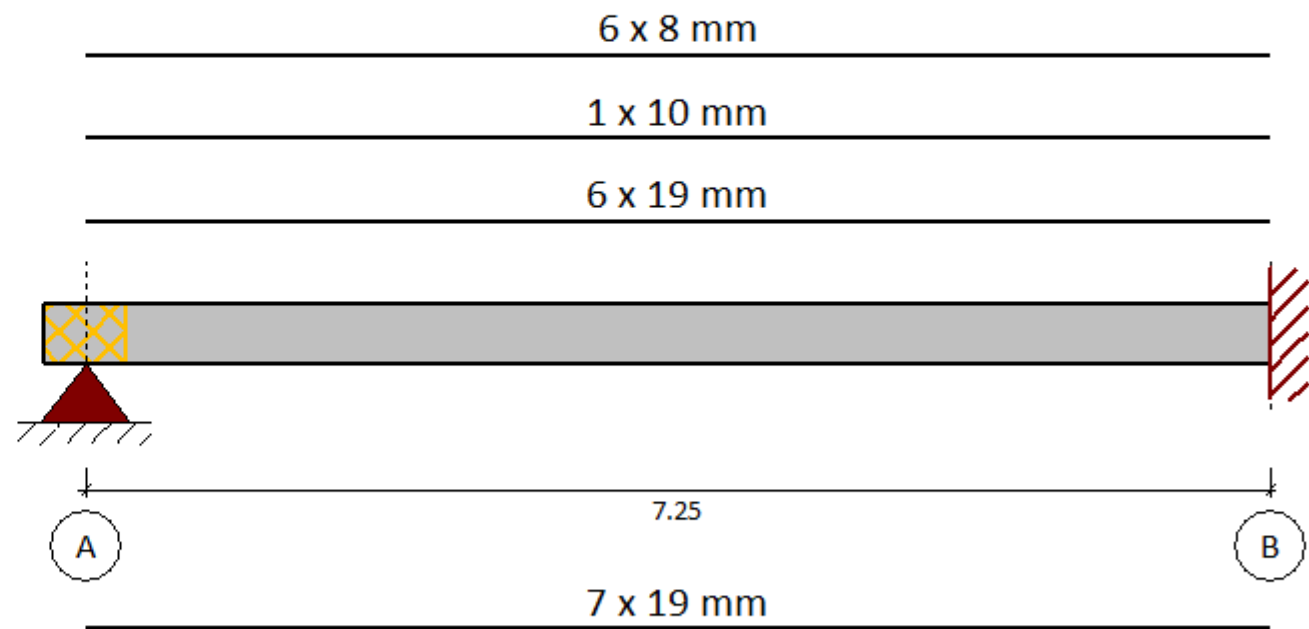
Top steel reinforcement

	D1 (mm)	Origin (m)	Final (m)	Steel	fy (MPa)	Defined	Num. bars	Diameter (mm)	Area (mm ²)
1.	80	0	7.25	B320	320.00	By bars	6	19	--
2.	22	0	7.25	B320	320.00	By bars	1	10	--
3.	22	0	7.25	B320	320.00	By bars	6	8	--

Bottom Steel reinforcement

	D1 (mm)	Origin (m)	Final (m)	Steel	fy (MPa)	Defined	Num. bars	Diameter (mm)	Area (mm ²)
1.	50	0	7.25	B320	320.00	By bars	7	19	--

Drawing of the longitudinal section



Position selection

In the critical section under negative bending moments

Loads

Bending scheme	Negative
Initial loads	0.00 kN·m
Dead loads	0.00 kN·m
Live loads	-498.12 kN·m

Combinations

User-defined combinations

 Consider strengthening limits The live load is expected to be sustained

$$S_u \text{ (Strengthening limits)} = 1.1 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$$

$$S_u \text{ (Anticipated loads)} = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$

$$S_u \text{ (Serviceability limit state)} = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$S_u \text{ (Fire situation)} = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.80 \cdot S_{LL}$$

Results

 Initial loads

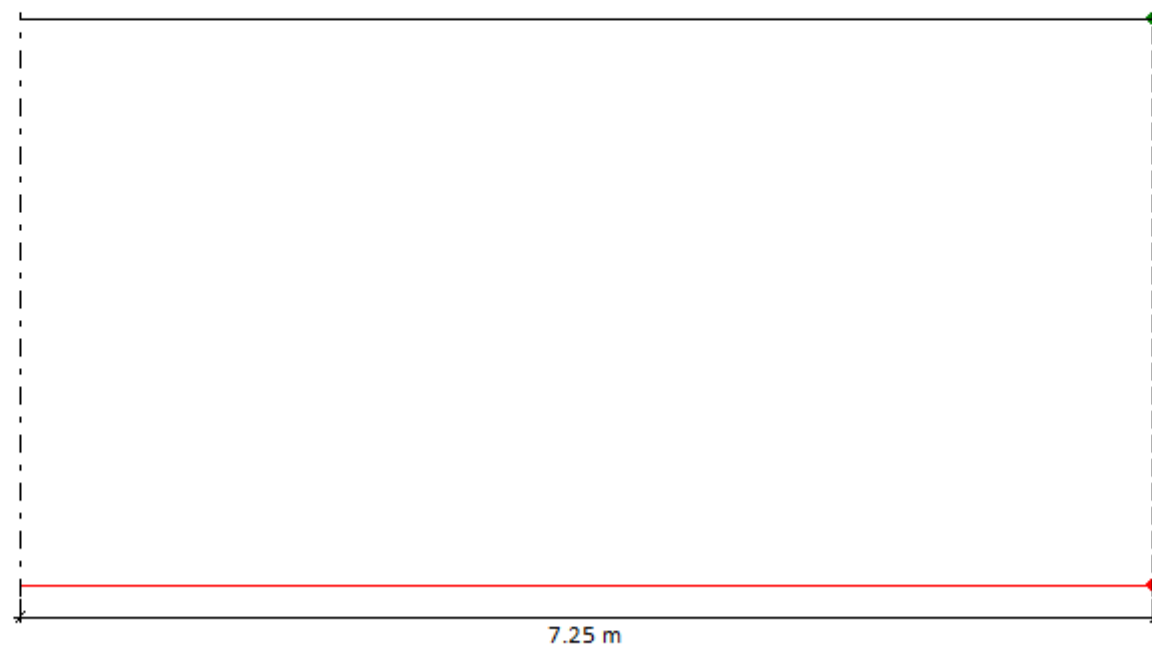
$$\phi \cdot M_n \text{ (Un-strengthened)} \geq M_u \text{ (Initial loads)} ; 411.90 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

 The anticipated design loads must exceed the existing capacity of the un-strengthened member

$$\phi \cdot M_n \text{ (Un-strengthened)} < M_u \text{ (Anticipated loads)} ; 417.03 \text{ kN}\cdot\text{m} < 796.99 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

 Resistance of the un-strengthened member in case of fire

$$\phi \cdot M_n \text{ (Un-strengthened)} \geq M_u \text{ (Fire situation)} ; 463.37 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 398.50 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

◆ M_u (Initial loads) = 0.00 kN·m◆ $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 411.90 kN·m

Materials

FRP main reinforcement

Arrangement

NSM

SikaWrap® C

SikaWrap® FX-50C

Diameter: 10 mm; E-modulus: 80.21 GPa; Elongation: 8.90 ‰

FRP lateral reinforcement

Arrangement

NSM

SikaWrap® C

SikaWrap® FX-50C

Diameter: 10 mm; E-modulus: 80.21 GPa; Elongation: 8.90 ‰

Reinforcement

Consider serviceability stress limits in the design



Main

Top surface

11



Lateral

Web

12



Drawing of the cross section



Anticipated design loads

$\phi \cdot M_n$ (strengthened) $\geq M_u$ (Anticipated loads) ; 797.10 kN·m \geq 796.99 kN·m

Main FRP reinforcement

$$\epsilon = 0.0059 \leq 0.0059$$

Lateral FRP reinforcement

$$\epsilon = 0.0052 \leq 0.0059$$

 Anticipated service loads

$M_u = 498.12$ kN·m

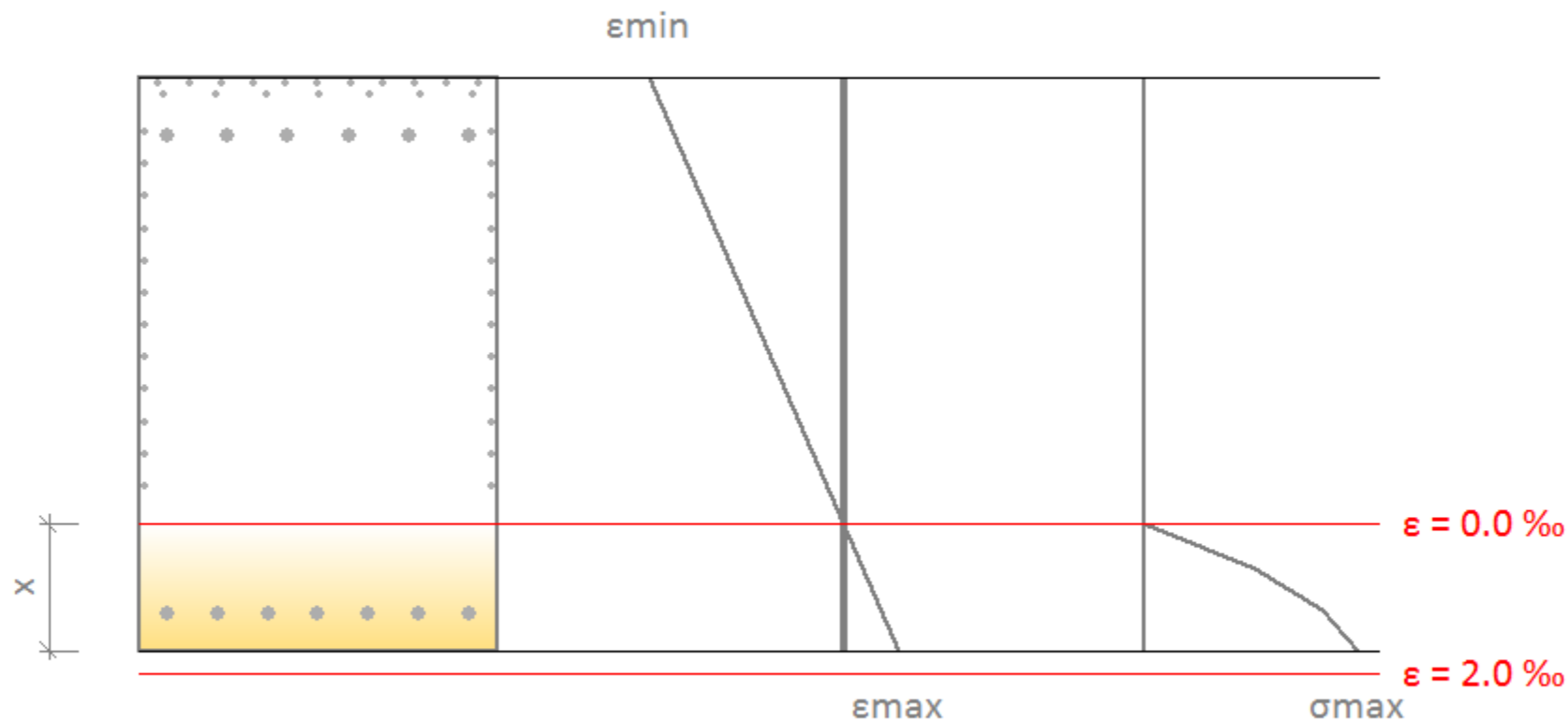
Maximum service stress

$$f_{cs} = 9.23 \text{ MPa} \leq 12.00 \text{ MPa}$$

$$f_{ys} = 307.69 \text{ MPa} > 256.00 \text{ MPa}$$

FRP strength

$$f_{fs} = 107.67 \text{ MPa} \leq 373.00 \text{ MPa}$$



Maximum and minimum strain

 $\epsilon_{max} = 1.68 \text{ ‰}$ $\epsilon_{min} = -5.96 \text{ ‰}$

Maximum stress in concrete

 $f_c = 16.57 \text{ MPa}$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

 $x = 176.01 \text{ mm}$

Stress and strain of reinforcement

Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19	320	-320.00	-5.20
No. 10, No. 8	378	-320.00	-5.75
No. 19	-350	240.73	1.20
FRP	393	-401.50	-5.89
FRP	325	-357.54	-5.24
FRP	280	-328.23	-4.81
FRP	235	-298.92	-4.38
FRP	190	-269.62	-3.95
FRP	145	-240.31	-3.52
FRP	100	-211.00	-3.09
FRP	55	-181.70	-2.67
FRP	10	-152.39	-2.24
FRP	-35	-123.08	-1.81
FRP	-80	-93.78	-1.38
FRP	-125	-64.47	-0.95
FRP	-170	-35.16	-0.52

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A92 - Forsterkning bjelke Bj.C.306 over 4.støtte

ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Beam definition.....	3
2.2. Geometry.....	3
2.3. Concrete.....	4
2.4. Reinforcing steel.....	4
2.5. Strength reduction factors.....	4
2.6. Load factors.....	5
2.7. Exposure conditions.....	5
3. FRP STRENGTH.....	5
3.1. Main FRP reinforcement.....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	5
4.1. Beam loads.....	5
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	7
5.3. Serviceability limit states.....	11
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	12
5.5. Development length.....	13
5.6. FRP arrangement.....	13
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	14
6.1. Flexible NSM SikaWrap® string.....	14
6.1.1. Concrete surface preparation.....	14

6.1.2. SikaWrap® FX-50C.....	15
6.1.3. Epoxy Adhesive.....	15
6.1.4. Application procedure.....	16
7. LEGAL DISCLAIMER.....	18
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	18



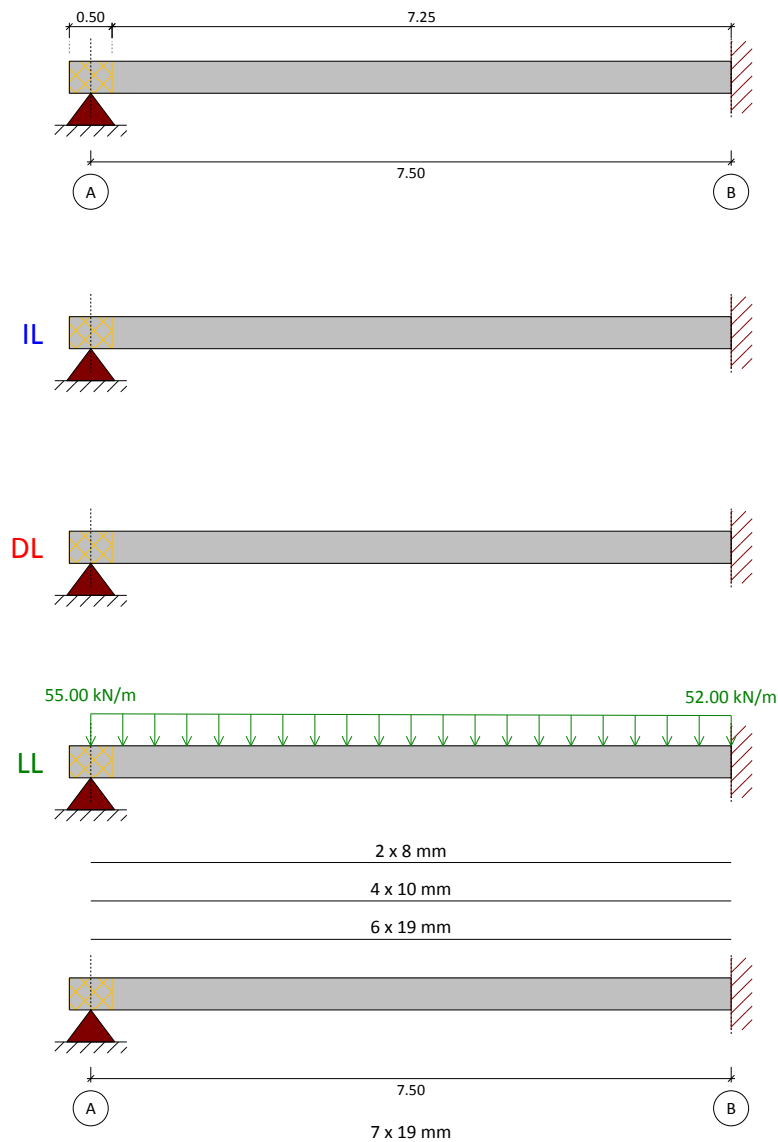
1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Flexural strengthening of beam.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

2.1. Beam definition



2.2. Geometry

Cross section = Rectangled

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

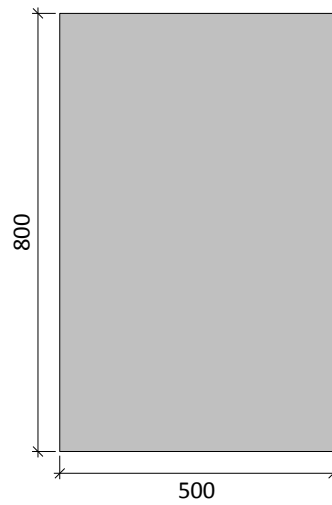
Element:
Editor:
Remarks:

Date: 22/03/2022
Project: Vedlegg A92 - Forsterk...

BUILDING TRUST



Width = 500 mm
 Height = 800 mm



2.3. Concrete

Compressive strength of concrete
 Concrete strength (f'_c) = 20 MPa
 Cylinder specimen = 20 MPa
 Cube specimen = 25 MPa

2.4. Reinforcing steel

Reinforcement layers

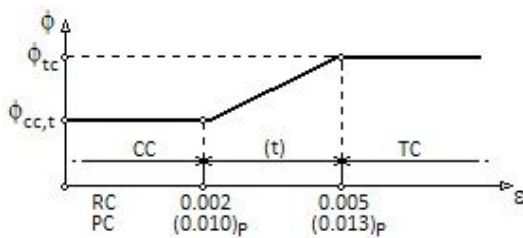
Top layer	d_2 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	80	(B320) 320	200000	6 x 19.0
2.	22	(B320) 320	200000	4 x 10.0
3.	22	(B320) 320	200000	2 x 8.0
Bottom layer	d_1 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	50	(B320) 320	200000	7 x 19.0

2.5. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)

$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$



2.6. Load factors

User values	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	0.75
Expected loads (strengthening design)	1.20	1.60
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	0.80

2.7. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

3. FRP STRENGTH

3.1. Main FRP reinforcement

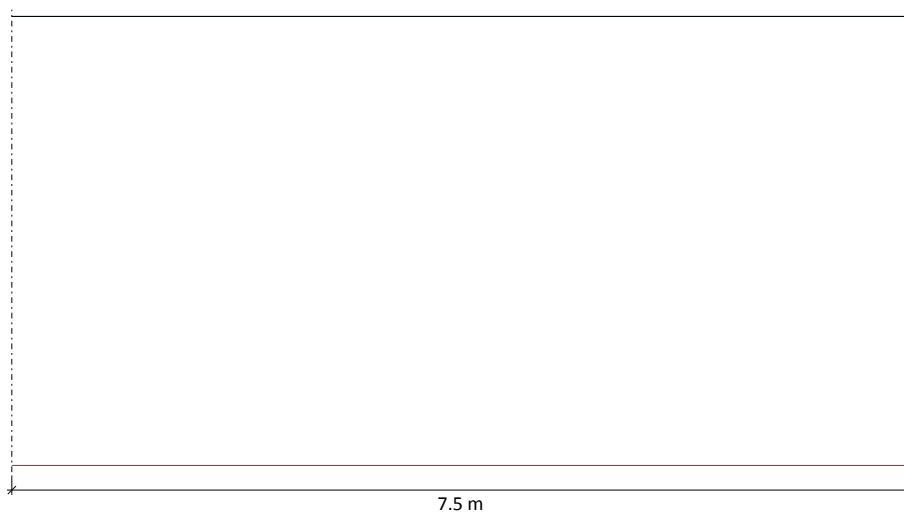
NSM. SikaWrap® C

SikaWrap® FX-50C	Number	E_f (MPa)	Area (mm ²)	ϵ_{fu}	Diameter (mm)
Layer: 1	9	80210.00	78.54	0.0089	10.00

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

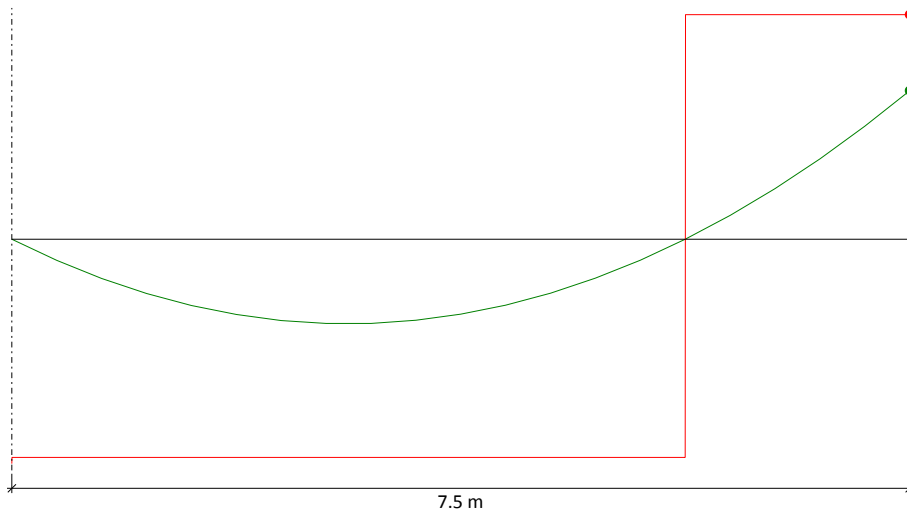
4.1. Beam loads

Initial loads



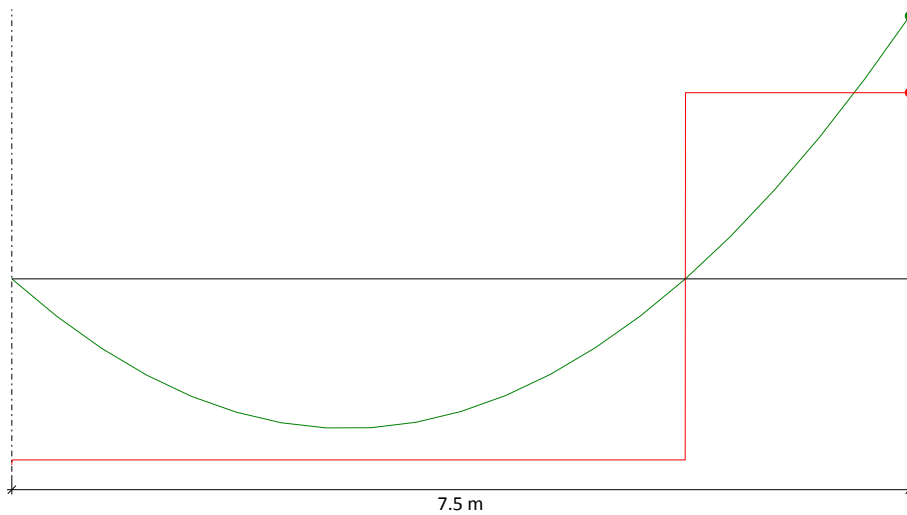
- M_u (Initial loads) = 0.00 kN-m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 412.42 kN-m

Strengthening limits



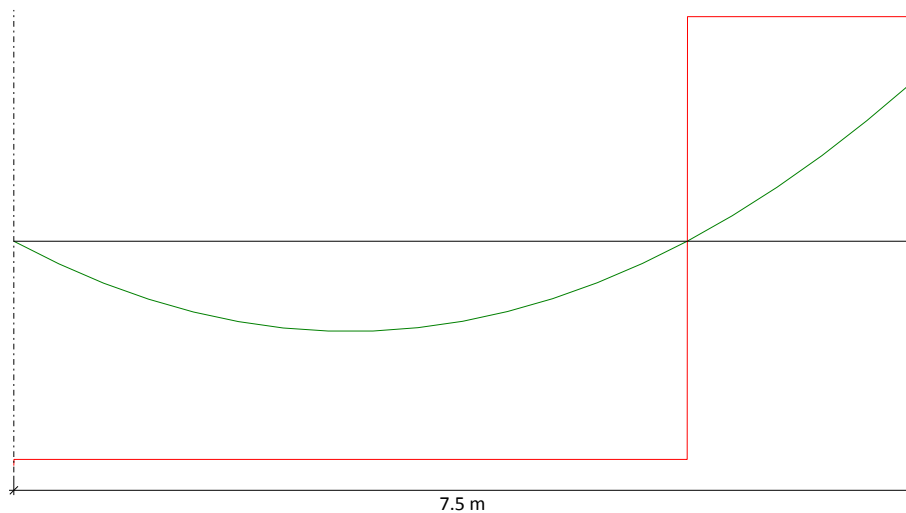
- M_u (Strengthening limits) = 280.70 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 424.28 kN·m

Anticipated loads



- M_u (Anticipated loads) = 598.83 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 424.28 kN·m

Fire situation



- M_u (Fire situation) = 299.42 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 471.42 kN·m

5. RESULTS

5.1. Summary of results

Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.90	280.70	471.42	Un-strengthened section $424.28 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 280.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Strengthened section under anticipated loads				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.90	598.83	671.30	Strengthened section $604.17 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 598.83 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Serviceability limit states			
Loading	Service stresses		
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$f_{cs} \leq 0.6 \cdot f'_c$	$f_{ys} \leq 0.8 \cdot f_y$	$f_{fs} \leq 0.55 \cdot f_{fu}$
	$7.26 \text{ MPa} \leq 12.00 \text{ MPa}$ ✓	$254.54 \text{ MPa} \leq 256.00 \text{ MPa}$ ✓	$89.01 \text{ MPa} \leq 373.00 \text{ MPa}$ ✓

Fire resistance (t=0 min.)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.80 \cdot S_{LL}$	1.00	299.42	471.42	Un-strengthened section $471.42 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 299.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

5.2. Ultimate limit states

The flexural strength of a section depends on the controlling failure mode. The following flexural failure modes are investigated for the FRP-strengthened section (ACI 440.2R-17, 10.1.1):

- Crushing of the concrete in compression before yielding of the reinforcing steel;
- Yielding of the steel in tension followed by rupture of the FRP laminate;
- Yielding of the steel in tension followed by concrete crushing;

Shear tension delamination of the concrete cover (cover delamination)

Debonding of the FRP from the concrete substrate (FRP debonding).

The following assumptions are made in calculating the flexural resistance of a section strengthened with an externally applied FRP system (ACI 440.2R-17, 10.2.1):

Design calculations are based on the dimensions, internal reinforcing steel arrangement, and material properties of the existing member to be strengthened;

The strains in the steel reinforcement and concrete are directly proportional to the distance from the neutral axis. That is, a plane section before loading remains plane after loading;

There is no relative slip between external FRP reinforcement and the concrete;

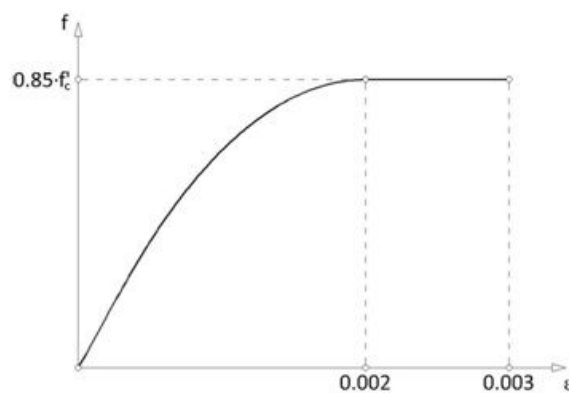
The shear deformation within the adhesive layer is neglected because the adhesive layer is very thin with slight variations in its thickness;

The maximum usable compressive strain in the concrete is 0.003;

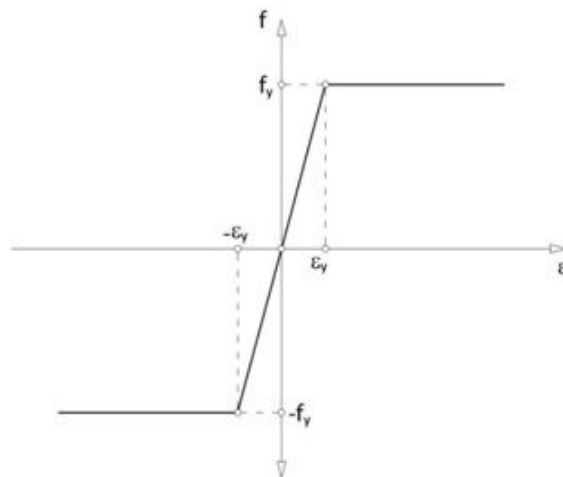
The tensile strength of concrete is neglected; and

The FRP reinforcement has a linear elastic stress-strain relationship until failure

Stress-strain profile for concrete



Stress-strain profile for reinforcing steel



For NSM FRP applications, the value of ϵ_{fd} may vary from $0.6 \cdot \epsilon_{fu}$ to $0.9 \cdot \epsilon_{fu}$ depending on many factors. The ACI440-2R-17 recommends the use of:

$$\epsilon_{fd} = 0.7 \cdot \epsilon_{fu}$$

Main FRP reinforcement

$$\epsilon_{fd} : \underline{0.0059}$$

An additional reduction factor for FRP, Ψ_f , is applied to the flexural-strength contribution of the FRP reinforcement. The recommended value of Ψ_f is 0.85.

Force balance of section. Initial loads

$$S_u = S_i = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\epsilon_{\max} \sigma_{\max}$



ϵ_{\min}

Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.00 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = 0.00 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 0.00 \text{ MPa}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19	320	0.00	0.00
No. 10, No. 8	378	0.00	0.00
No. 19	-350	0.00	0.00

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

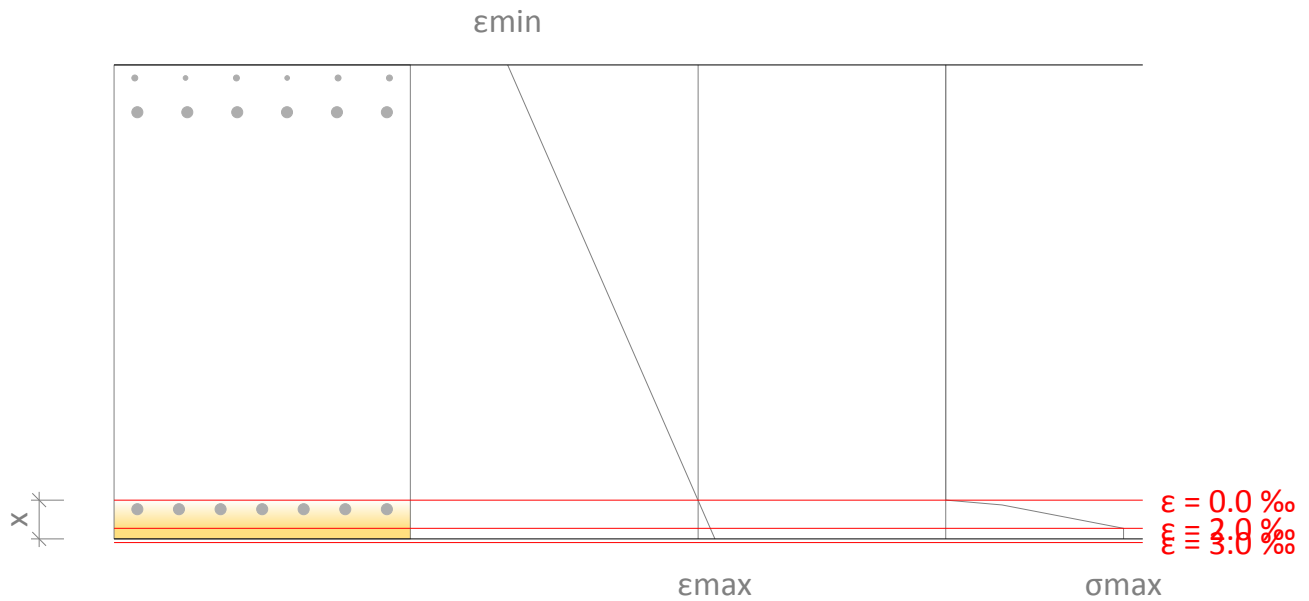
$$424.28 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 280.70 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{471.42} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.74 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -30.77 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 17.00 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 65.42 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	-320.00	-27.42
No. 10, No. 8	378	-320.00	-29.85
No. 19	-350	129.15	0.65
*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).			

Strengthening limits. Strengthened section and expected loads.

$$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

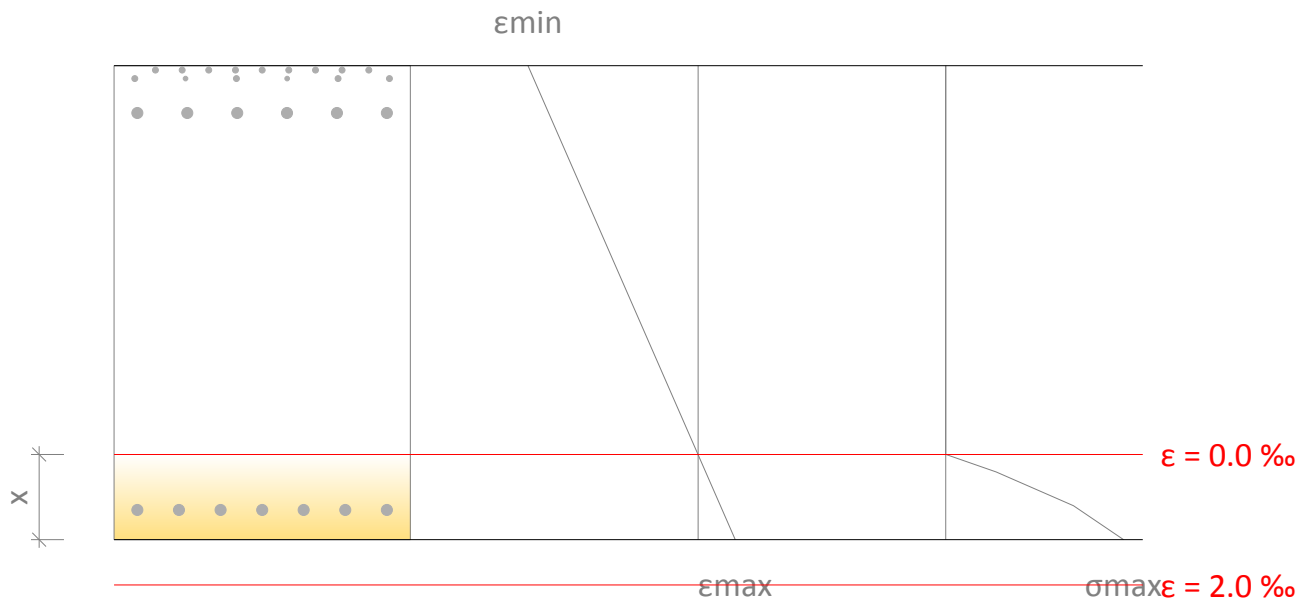
$$604.17 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 598.83 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{671.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 1.30 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -5.96 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 14.94 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 143.69 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	-320.00	-5.23
No. 10, No. 8	378	-320.00	-5.76
No. 19	-350	170.07	0.85
FRP	393	-401.50	-5.89
*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).			

5.3. Serviceability limit states

The stress in the steel reinforcement under service loads must be limited to 80% of the yield strength. In addition, the compressive stress in concrete under service loads must be limited to 60% of the compressive strength (ACI 440.2R, 10.2.8).

$$f_{s,s} \leq 0.8 \cdot f_y$$

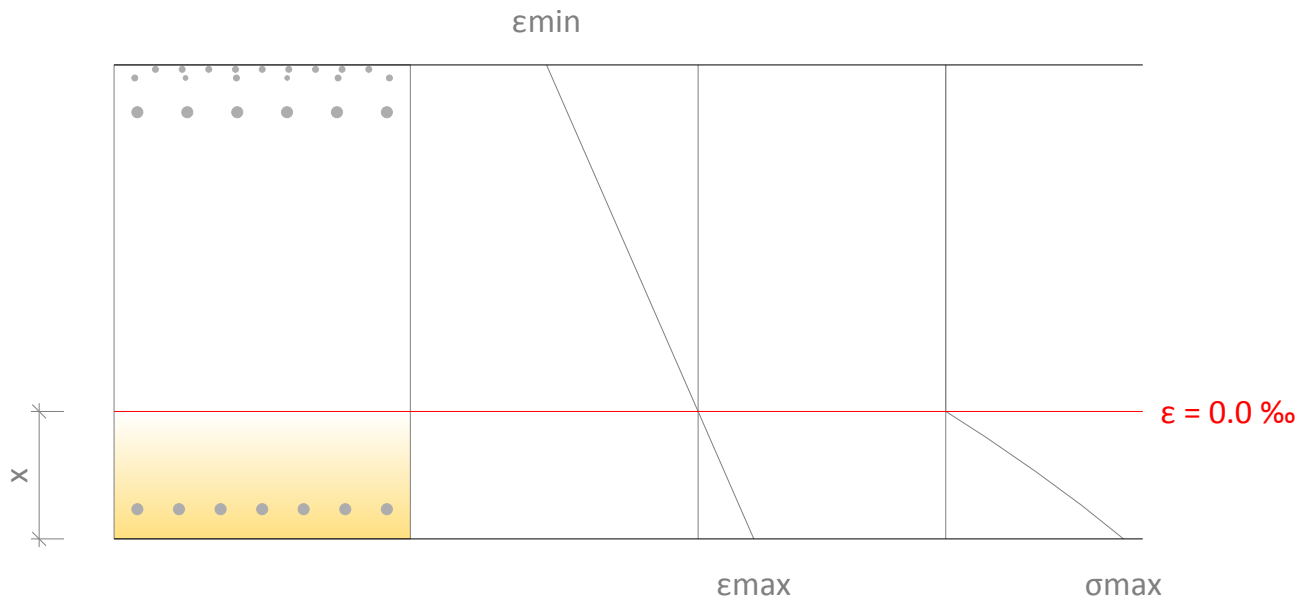
$$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$$

The sustained stress should be limited as expressed by eq.(ACI 440.2R-17, 10.2.9):

$$f_{i,s} \leq 0.55 \cdot f_{tu}$$

Force balance of section under service loads

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.49 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -1.32 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 7.26 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 215.13 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	-228.31	-1.14
No. 10, No. 8	378	-254.54	-1.27
No. 19	-350	74.67	0.37
FRP	393	-89.01	-1.31

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Strengthening limits. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.80 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$471.42 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 299.42 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{471.42 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{1.00}$$

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. Development length

The available anchorage length for the FRP must exceed the value:
FRP main reinforcement

$$l_{db} = \frac{d_b}{4 \cdot \tau_b} \cdot f_{fd}$$

$$l_{db} : \underline{172.0 \text{ mm}}$$

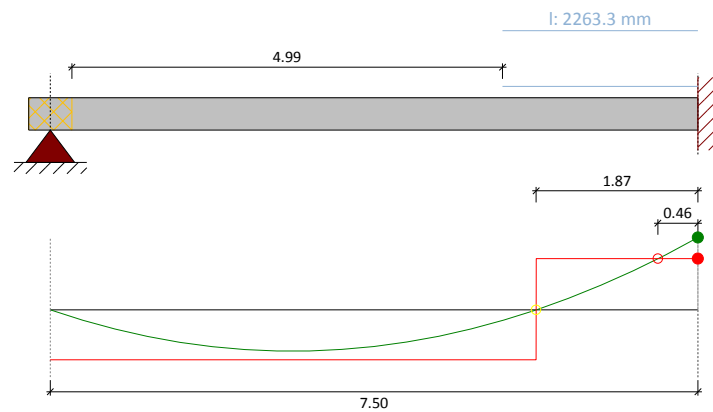
$\tau_b = 1000 \text{ psi}$ (4.9 MPa). Recommended value for calculating the bar development length

FRP reinforcement. Bending scheme: Negative

FRP main reinforcement (NSM) l_{db} : 172.0 mm

9 x SikaWrap® FX-50C

- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened section) = 424.28 kN·m
- M_u (Anticipated loads) = 598.83 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Strengthened section) = 604.17 kN·m



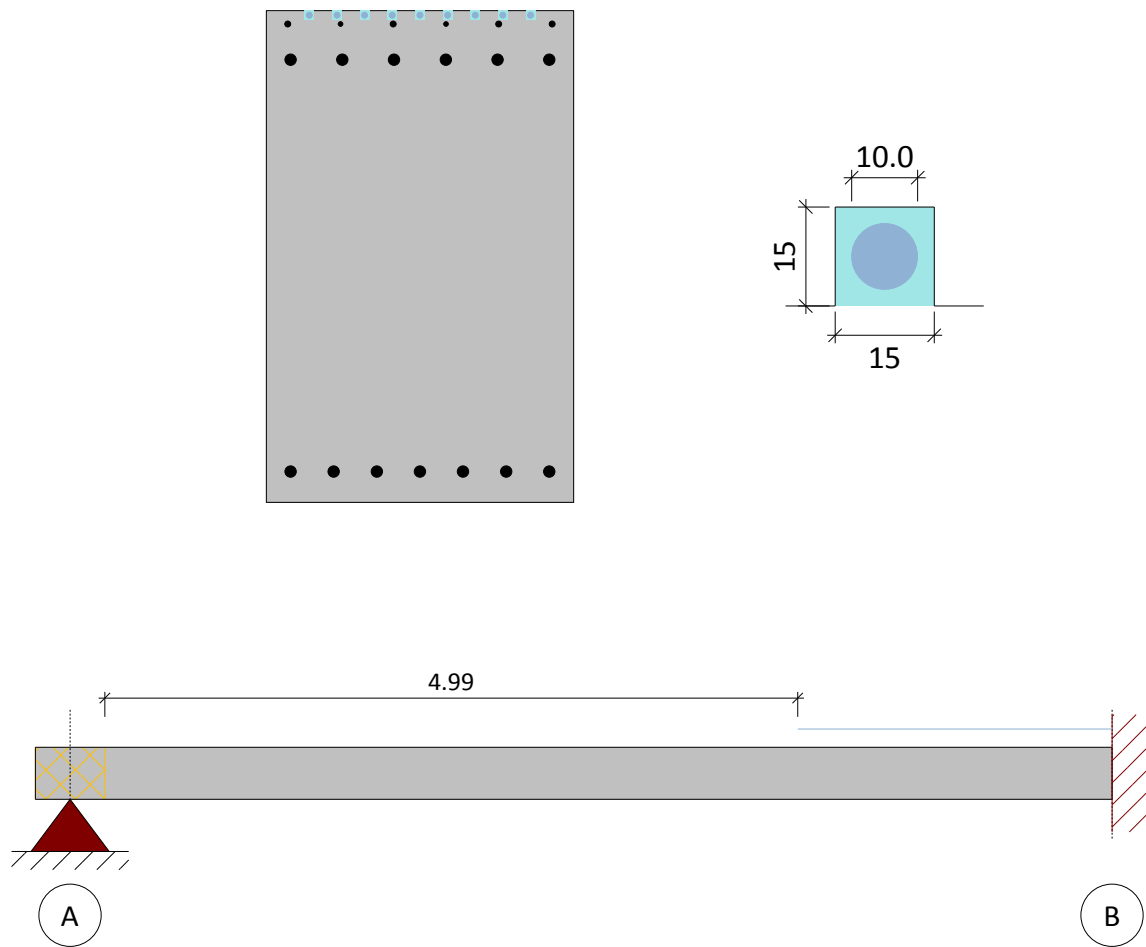
5.6. FRP arrangement

The previous results correspond to the following FRP scheme:

FRP main reinforcement: 9 (SikaWrap® FX-50C)

Minimum clear distance to the edge of reinforced concrete member = 60.0 mm

Minimum clear spacing between consecutive FRP profiles. = 30.0 mm



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Flexible NSM SikaWrap® string

The strengthening shall be achieved using prefabricated carbon fibre strings, encased in a continuous plastic envelope, saturated with epoxy adhesive Sikadur®-300 and bonded with epoxy adhesive Sikadur®-330.

The material used for the carbon fibre string shall be unidirectional carbon fibre.

The fibres shall be free, straight and free of torsion inside the continuous plastic envelope. The bundle will comprise 100% carbon fibres, with no presence of any other additional or auxiliary material or fibre.

6.1.1. Concrete surface preparation

The concrete has to be checked for the depth of reinforcements and care must be taken not to cut through existing reinforcing steel, steel tendons, embedded ducts, or other materials within the substrate.

Grooves are cut with a depth, spacing and width according to the parameters indicated in the calculation report.

The surface must be clean and sound. It may be dry or damp, but free of standing water and frost.

Remove dust, laitance, grease, curing compounds, impregnations, waxes, or other foreign particles, together with any damaged concrete or other bond inhibiting materials from the surface.

In addition, immediately prior to installation, clean the cut groove with high pressure water and remove the excess water with oil-free compressed air.

6.1.2. SikaWrap® FX-50C

The material shall comply with the performance characteristics described as follows:

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	≈ 240000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Strain at break	> 1.6 %

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 2100 N/mm ² (MPa)

6.1.3. Epoxy Adhesive

The adhesive shall be epoxy based.

The filling of the grooves will be done by means of Sikadur®-330.

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-330 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.30 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Thermal expansion coefficient	-10°C to +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +10°C	+36°C
	7 days, +23°C	+47°C
	7 days, +35°C	+53°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 days at +23°C)

6.1.3.2. Typical Properties of Sikadur®-300 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.16 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+15°C	≈ 2000 mPas
	+23°C	≈ 700 mPas
	+40°C	≈ 200 mPas
Thermal expansion coefficient	-20°C to +40°C	6.0 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +15°C	+43°C
	7 days, +23°C	+49°C
	3 days, +40°C	+60°C
	7 days, +40°C	+66°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	45 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	2800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	3500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	1.5% (7 days at +23°C)

6.1.4. Application procedure

Stir the adhesive components well in their individual containers. Measure and add the components together, in the correct proportions, in a suitable mixing container, then stir using an electric low speed mixer.

The adhesive pot life begins when the resin and hardener are mixed. It is shorter at high temperatures and longer at low temperatures. Additionally the greater the quantity / volume of material mixed together at one time, the shorter the pot life. To obtain longer workability at high temperatures, the mixed adhesive may subsequently be divided into portions; alternatively another method is to chill the components A and B before mixing them.

After mixing, the adhesive is filled into cartridges for application with the adhesive guns. If metal barrel guns or cartridges are used, such as professional 'sausage' sealant guns, then they must be cleaned immediately after use with Sika Colma Cleaner (or an Isopropanol based cleaner), as any hardened adhesive can only be removed mechanically. As an alternative, disposable single-use plastic cartridges can be used.

After cutting and cleaning of the grooves, the dew point must be measured prior to the system installation to make sure no condensed water impairs the application. The ambient temperature must be at least 3°C above the dew point. The installation should then be performed as follows:

The SikaWrap® FX-50C must be cut to length with special scissors and impregnated with Sikadur®-300 resin on a plastic sheet. The excess resin is squeezed out of the fibres and the connector is fixed with a cable tie every 40 – 50 cm. The fibres will stick together with the help of the resin. Only work in fibre direction during impregnation in order to keep the fibres aligned and untangled.

The Sikadur®-330 adhesive is filled into an empty cartridge / barrel gun and the grooves are filled from the bottom up, with the tip of the nozzle squeezed flat, in order to reach the bottom of the groove.

The grooves are then filled up to 2/3 with Sikadur®-330 adhesive and the fibre connector is placed in the groove. It must be pushed into the adhesive gently and special care has to be taken that the fibres remain undisturbed and aligned in parallel. If a long connector needs to be installed, the impregnated string can be wound on a cardboard cone for transportation and handling.

Within the open time of the epoxy (dependent on the temperature), the CarboDur® rods or plates are pressed into the adhesive in the grooves. If necessary, additional adhesive can be applied to fill the grooves, or any excess adhesive is removed. Do not re-use the excess adhesive.

Strike the surface with a trowel to force out any air and provide a clean installation. For optimum adhesion of any possible additional layers, the adhesive may be broadcast and covered lightly with quartz sand. Any sand must be graded, clean and kiln dried.

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 22/03/2022
Project: Vedlegg A92 - Forsterk...



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A93 - Forsterkning bjelke Bj.C.306 over 6.støtte

ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Beam definition.....	3
2.2. Geometry.....	3
2.3. Concrete.....	4
2.4. Reinforcing steel.....	4
2.5. Strength reduction factors.....	4
2.6. Load factors.....	5
2.7. Exposure conditions.....	5
3. FRP STRENGTH.....	5
3.1. Main FRP reinforcement.....	5
3.2. Lateral FRP reinforcement.....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	5
4.1. Beam loads.....	5
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	7
5.3. Serviceability limit states.....	11
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	12
5.5. Development length.....	13
5.6. FRP arrangement.....	14
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	15
6.1. Flexible NSM SikaWrap® string.....	15

6.1.1. Concrete surface preparation.....	15
6.1.2. SikaWrap® FX-50C.....	16
6.1.3. Epoxy Adhesive.....	16
6.1.4. Application procedure.....	17
7. LEGAL DISCLAIMER.....	19
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	19

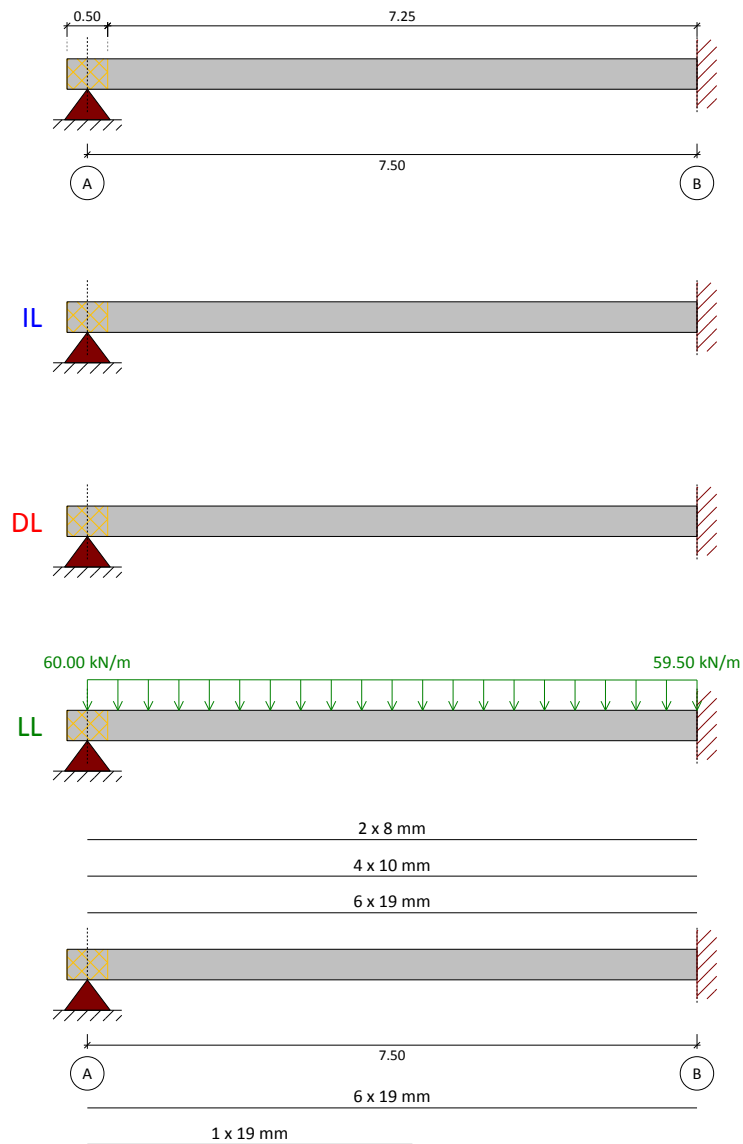
1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Flexural strengthening of beam.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

2.1. Beam definition



2.2. Geometry

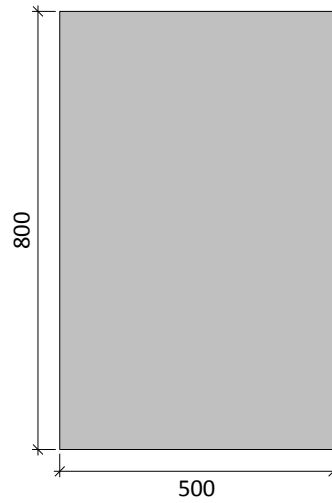
Cross section = Rectangled

Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Switzerland)
 www.sika.com

Element:
 Editor:
 Remarks:

Date: 22/03/2022
 Project: Vedlegg A93 - Forsterk...

Width = 500 mm
 Height = 800 mm



2.3. Concrete

Compressive strength of concrete
 Concrete strength (f'_c) = 20 MPa
 Cylinder specimen = 20 MPa
 Cube specimen = 25 MPa

2.4. Reinforcing steel

Reinforcement layers

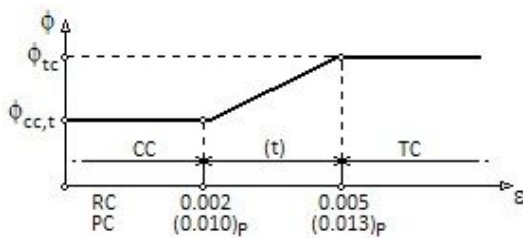
Top layer	d_2 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	80	(B320) 320	200000	6 x 19.0
2.	22	(B320) 320	200000	4 x 10.0
3.	22	(B320) 320	200000	2 x 8.0
Bottom layer	d_1 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	50	(B320) 320	200000	6 x 19.0

2.5. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)

$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$



2.6. Load factors

User values	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	0.75
Expected loads (strengthening design)	1.20	1.60
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	0.80

2.7. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

3. FRP STRENGTH

3.1. Main FRP reinforcement

NSM. SikaWrap® C

SikaWrap® FX-50C	Number	E_f (MPa)	Area (mm ²)	ϵ_{fu}	Diameter (mm)
Layer: 1	9	80210.00	78.54	0.0089	10.00

3.2. Lateral FRP reinforcement

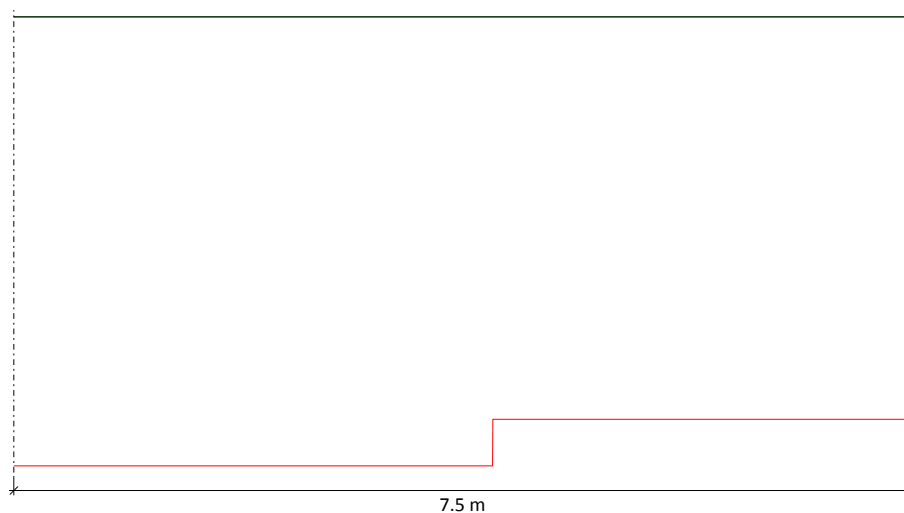
NSM. SikaWrap® C

SikaWrap® FX-50C	Number	E_f (MPa)	Area (mm ²)	ϵ_{fu}	Diameter (mm)
Web	2 x 3	80210.00	78.54	0.0089	10.00

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

4.1. Beam loads

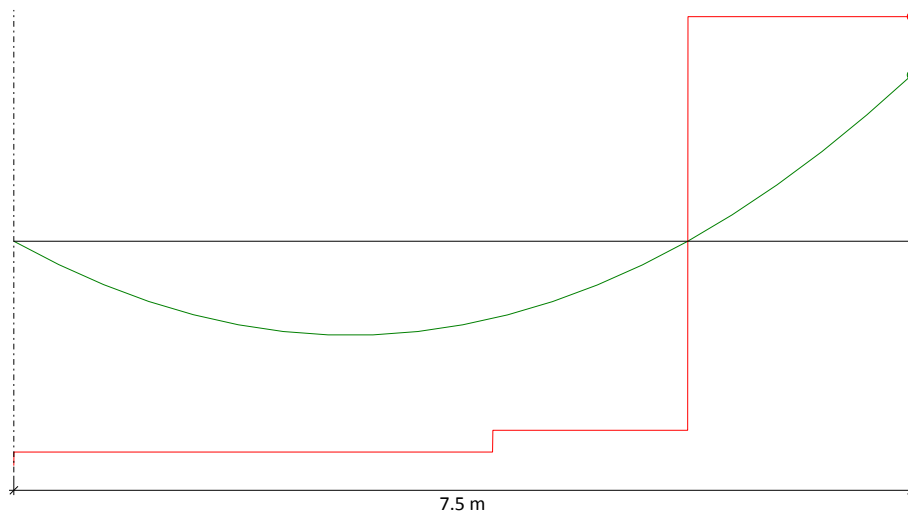
Initial loads



● M_u (Initial loads) = 0.00 kN-m

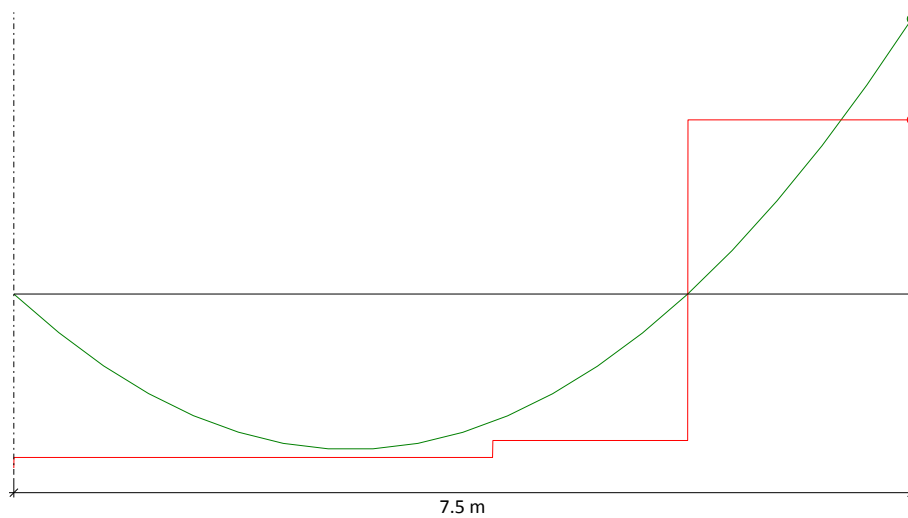
● $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 357.23 kN-m

Strengthening limits



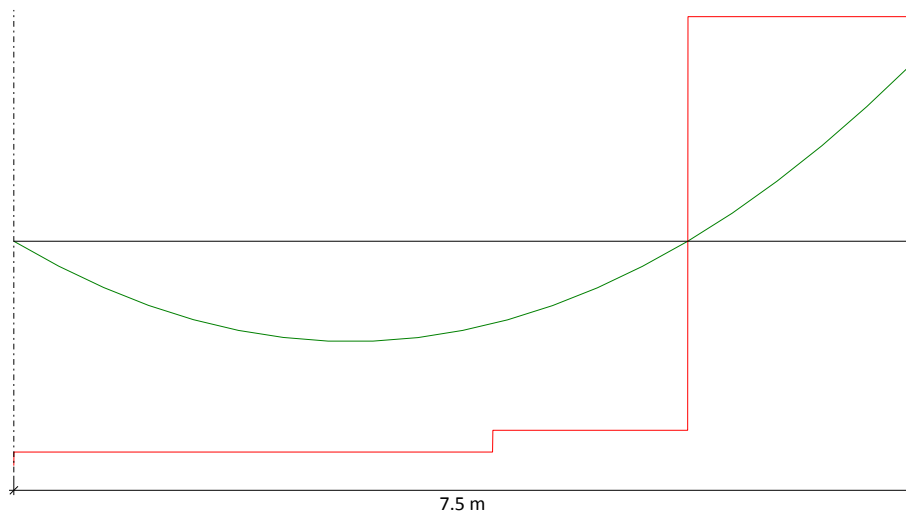
- M_u (Strengthening limits) = 314.00 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 424.28 kN·m

Anticipated loads



- M_u (Anticipated loads) = 669.86 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 424.28 kN·m

Fire situation



- M_u (Fire situation) = 334.93 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 471.42 kN·m

5. RESULTS

5.1. Summary of results

Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.90	314.00	471.42	Un-strengthened section $424.28 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 314.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Strengthened section under anticipated loads				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.90	669.86	764.35	Strengthened section $687.92 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 669.86 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Serviceability limit states			
Loading	Service stresses		
	$f_{cs} \leq 0.6 \cdot f'_c$	$f_{ys} \leq 0.8 \cdot f_y$	$f_{fs} \leq 0.55 \cdot f_{fu}$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$8.12 \text{ MPa} \leq 12.00 \text{ MPa}$ ✓	$271.66 \text{ MPa} \leq 256.00 \text{ MPa}$ ✗	$95.04 \text{ MPa} \leq 373.00 \text{ MPa}$ ✓

Fire resistance ($t=0$ min.)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.80 \cdot S_{LL}$	1.00	334.93	471.42	Un-strengthened section $471.42 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 334.93 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

5.2. Ultimate limit states

The flexural strength of a section depends on the controlling failure mode. The following flexural failure modes are investigated for the FRP-strengthened section (ACI 440.2R-17, 10.1.1):

- Crushing of the concrete in compression before yielding of the reinforcing steel;
- Yielding of the steel in tension followed by rupture of the FRP laminate;
- Yielding of the steel in tension followed by concrete crushing;

Shear tension delamination of the concrete cover (cover delamination)

Debonding of the FRP from the concrete substrate (FRP debonding).

The following assumptions are made in calculating the flexural resistance of a section strengthened with an externally applied FRP system (ACI 440.2R-17, 10.2.1):

Design calculations are based on the dimensions, internal reinforcing steel arrangement, and material properties of the existing member to be strengthened;

The strains in the steel reinforcement and concrete are directly proportional to the distance from the neutral axis. That is, a plane section before loading remains plane after loading;

There is no relative slip between external FRP reinforcement and the concrete;

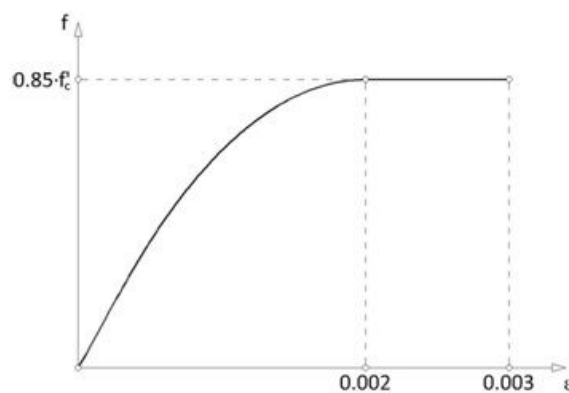
The shear deformation within the adhesive layer is neglected because the adhesive layer is very thin with slight variations in its thickness;

The maximum usable compressive strain in the concrete is 0.003;

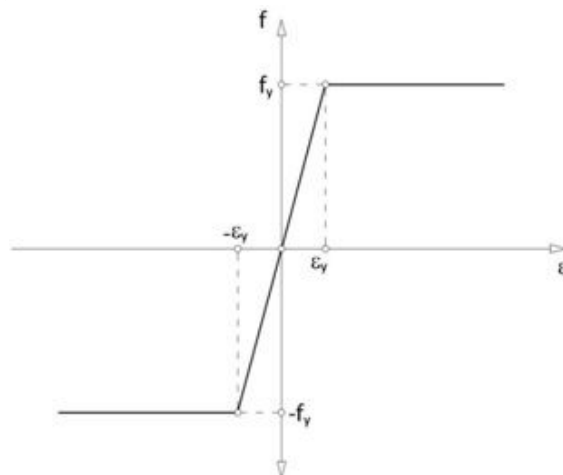
The tensile strength of concrete is neglected; and

The FRP reinforcement has a linear elastic stress-strain relationship until failure

Stress-strain profile for concrete



Stress-strain profile for reinforcing steel



For NSM FRP applications, the value of ϵ_{fd} may vary from $0.6 \cdot \epsilon_{fu}$ to $0.9 \cdot \epsilon_{fu}$ depending on many factors. The ACI440-2R-17 recommends the use of:

$$\epsilon_{fd} = 0.7 \cdot \epsilon_{fu}$$

Main FRP reinforcement

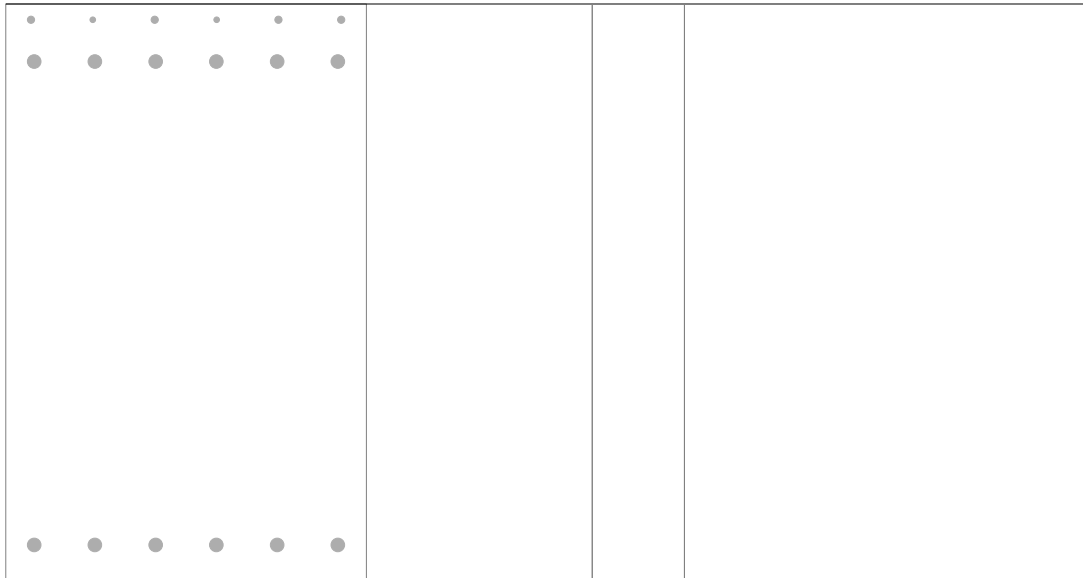
$$\epsilon_{fd} : \underline{0.0059}$$

An additional reduction factor for FRP, Ψ_f , is applied to the flexural-strength contribution of the FRP reinforcement. The recommended value of Ψ_f is 0.85.

Force balance of section. Initial loads

$S_u = S_i = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$\epsilon_{max}\sigma_{max}$



ϵ_{min}

Maximum and minimum strain

$\epsilon_{max} = 0.00 \text{ ‰}$

$\epsilon_{min} = 0.00 \text{ ‰}$

Maximum stress in concrete

$f_c = 0.00 \text{ MPa}$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19	320	0.00	0.00
No. 10, No. 8	378	0.00	0.00
No. 19	-350	0.00	0.00
*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).			

Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$

$\phi \cdot M_n \geq M_u$

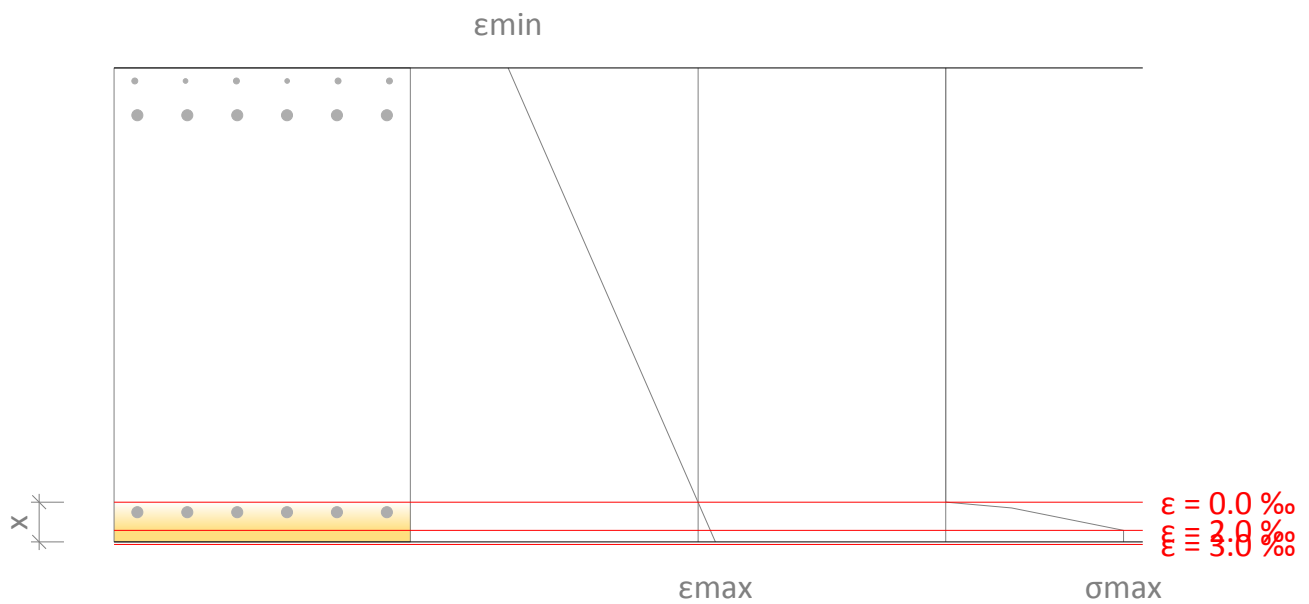
$424.28 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 314.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Nominal moment

M_n : 471.42 kN·m

Strength reduction factor

ϕ : 0.90



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.81 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -30.77 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 17.00 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 66.99 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	-320.00	-27.42
No. 10, No. 8	378	-320.00	-29.85
No. 19	-350	142.64	0.71
*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).			

Strengthening limits. Strengthened section and expected loads.

$$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

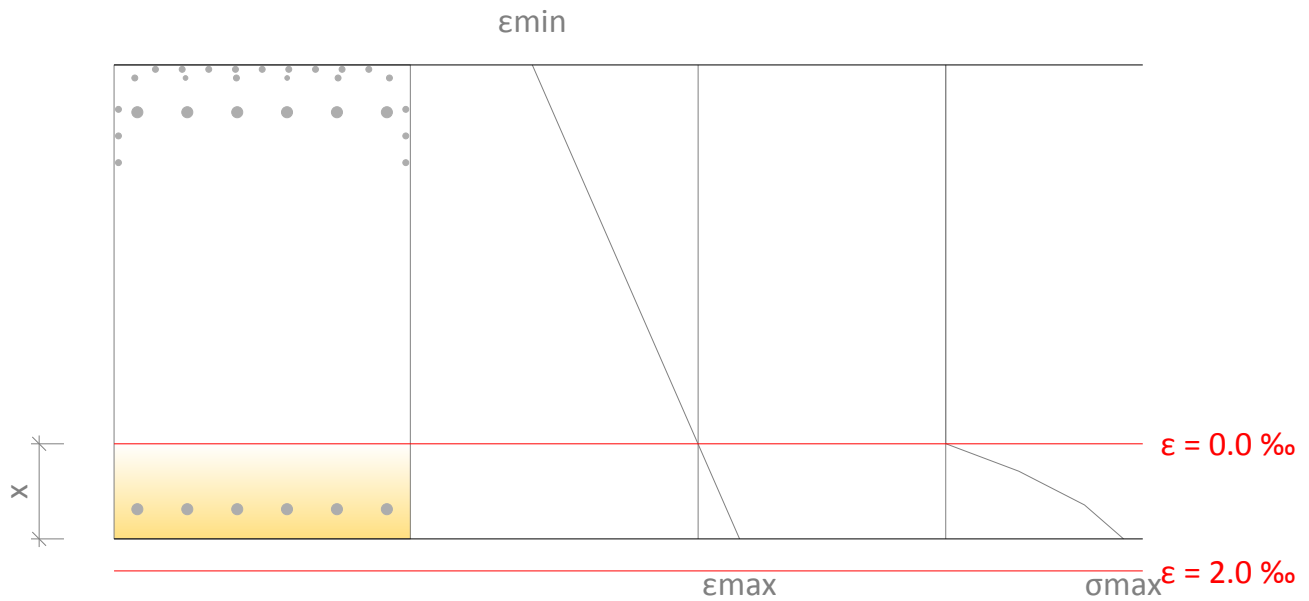
$$687.92 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 669.86 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{764.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 1.50 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -5.96 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 15.92 \text{ MPa}$$

$$x = 160.52 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	-320.00	-5.21
No. 10, No. 8	378	-320.00	-5.75
No. 19	-350	205.96	1.03
FRP	393	-401.50	-5.89
FRP	325	-358.61	-5.26
FRP	280	-330.03	-4.84
FRP	235	-301.44	-4.42

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

5.3. Serviceability limit states

The stress in the steel reinforcement under service loads must be limited to 80% of the yield strength. In addition, the compressive stress in concrete under service loads must be limited to 60% of the compressive strength (ACI 440.2R, 10.2.8).

$$f_{s,s} \leq 0.8 \cdot f_y$$

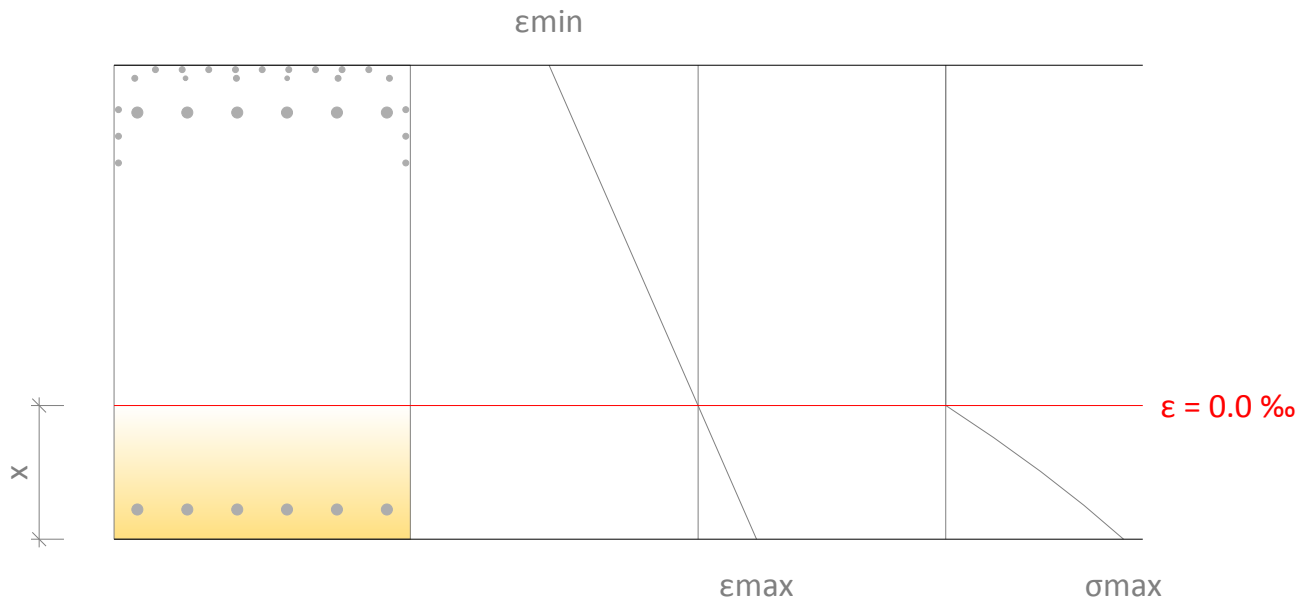
$$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$$

The sustained stress should be limited as expressed by eq.(ACI 440.2R-17, 10.2.9):

$$f_{r,s} \leq 0.55 \cdot f_{ru}$$

Force balance of section under service loads

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{max} = 0.55 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{min} = -1.41 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 8.12 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 225.56 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19	320	-243.14	-1.22
No. 10, No. 8	378	-271.66	-1.36
No. 19	-350	86.33	0.43
FRP	393	-95.04	-1.39
FRP	325	-83.72	-1.23
FRP	280	-76.18	-1.12
FRP	235	-68.63	-1.01

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Strengthening limits. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.80 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

Nominal moment

$$471.42 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 334.93 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Strength reduction factor

$$M_n : \frac{471.42}{334.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\phi : \frac{1.00}{1.00}$$

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. Development length

The available anchorage length for the FRP must exceed the value:

FRP main reinforcement

$$l_{db} = \frac{d_b}{4 \cdot \tau_b} \cdot f_{fd}$$

$$l_{db} : \underline{172.0} \text{ mm}$$

$\tau_b = 1000$ psi (4.9 MPa). Recommended value for calculating the bar development length

Lateral FRP reinforcement

$$l_{db} = \frac{d_b}{4 \cdot \tau_b} \cdot f_{fd}$$

$$l_{db} : \underline{172.0} \text{ mm}$$

$\tau_b = 1000$ psi (4.9 MPa). Recommended value for calculating the bar development length

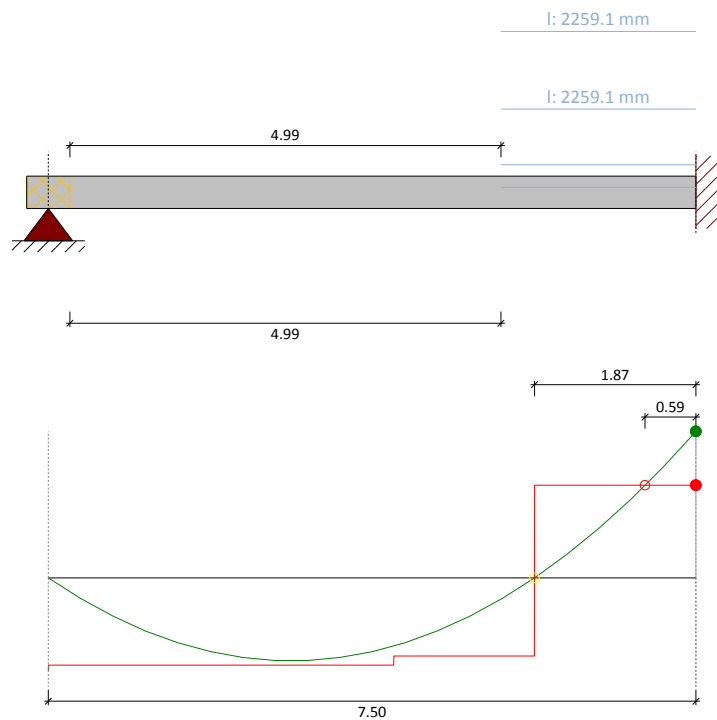
FRP reinforcement. Bending scheme: Negative

FRP main reinforcement (NSM) ldb: 172.0 mm

9 x SikaWrap® FX-50C

FRP lateral reinforcement (NSM) ldb: 172.0 mm

6 x SikaWrap® FX-50C



● $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened section) = 424.28 kN-m

● M_u (Anticipated loads) = 669.86 kN-m

● $\phi \cdot M_n$ (Strengthened section) = 687.92 kN-m

5.6. FRP arrangement

The previous results correspond to the following FRP scheme:

FRP main reinforcement: 9 (SikaWrap® FX-50C)

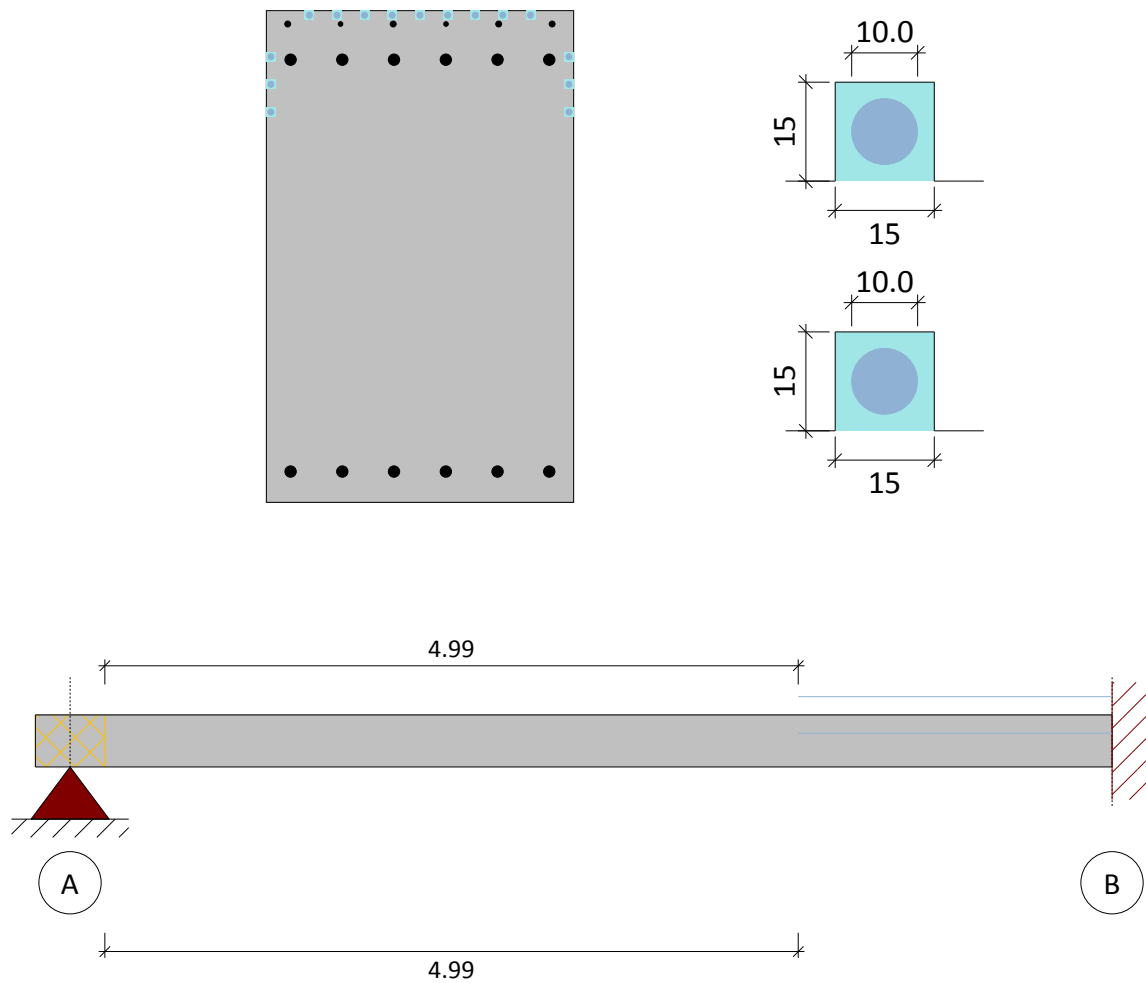
Minimum clear distance to the edge of reinforced concrete member = 60.0 mm

Minimum clear spacing between consecutive FRP profiles. = 30.0 mm

Lateral FRP reinforcement: Web 2 x 3 (SikaWrap® FX-50C)

Clear distance to the edge of reinforced concrete member = 60.0 mm

Clear spacing between consecutive FRP profiles. = 30.0 mm



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Flexible NSM SikaWrap® string

The strengthening shall be achieved using prefabricated carbon fibre strings, encased in a continuous plastic envelope, saturated with epoxy adhesive Sikadur®-300 and bonded with epoxy adhesive Sikadur®-330.

The material used for the carbon fibre string shall be unidirectional carbon fibre.

The fibres shall be free, straight and free of torsion inside the continuous plastic envelope. The bundle will comprise 100% carbon fibres, with no presence of any other additional or auxiliary material or fibre.

6.1.1. Concrete surface preparation

The concrete has to be checked for the depth of reinforcements and care must be taken not to cut through existing reinforcing steel, steel tendons, embedded ducts, or other materials within the substrate.

Grooves are cut with a depth, spacing and width according to the parameters indicated in the calculation report.

The surface must be clean and sound. It may be dry or damp, but free of standing water and frost.

Remove dust, laitance, grease, curing compounds, impregnations, waxes, or other foreign particles, together with any damaged concrete or other bond inhibiting materials from the surface.

In addition, immediately prior to installation, clean the cut groove with high pressure water and remove the excess water with oil-free compressed air.

6.1.2. SikaWrap® FX-50C

The material shall comply with the performance characteristics described as follows:

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	≈ 240000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Strain at break	> 1.6 %

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 2100 N/mm ² (MPa)

6.1.3. Epoxy Adhesive

The adhesive shall be epoxy based.

The filling of the grooves will be done by means of Sikadur®-330.

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-330 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.30 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Thermal expansion coefficient	-10°C to +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +10°C	+36°C
	7 days, +23°C	+47°C
	7 days, +35°C	+53°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 days at +23°C)

6.1.3.2. Typical Properties of Sikadur®-300 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.16 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+15°C	≈ 2000 mPas
	+23°C	≈ 700 mPas
	+40°C	≈ 200 mPas
Thermal expansion coefficient	-20°C to +40°C	6.0 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +15°C	+43°C
	7 days, +23°C	+49°C
	3 days, +40°C	+60°C
	7 days, +40°C	+66°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	45 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	2800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	3500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	1.5% (7 days at +23°C)

6.1.4. Application procedure

Stir the adhesive components well in their individual containers. Measure and add the components together, in the correct proportions, in a suitable mixing container, then stir using an electric low speed mixer.

The adhesive pot life begins when the resin and hardener are mixed. It is shorter at high temperatures and longer at low temperatures. Additionally the greater the quantity / volume of material mixed together at one time, the shorter the pot life. To obtain longer workability at high temperatures, the mixed adhesive may subsequently be divided into portions; alternatively another method is to chill the components A and B before mixing them.

After mixing, the adhesive is filled into cartridges for application with the adhesive guns. If metal barrel guns or cartridges are used, such as professional 'sausage' sealant guns, then they must be cleaned immediately after use with Sika Colma Cleaner (or an Isopropanol based cleaner), as any hardened adhesive can only be removed mechanically. As an alternative, disposable single-use plastic cartridges can be used.

After cutting and cleaning of the grooves, the dew point must be measured prior to the system installation to make sure no condensed water impairs the application. The ambient temperature must be at least 3°C above the dew point. The installation should then be performed as follows:

The SikaWrap® FX-50C must be cut to length with special scissors and impregnated with Sikadur®-300 resin on a plastic sheet. The excess resin is squeezed out of the fibres and the connector is fixed with a cable tie every 40 – 50 cm. The fibres will stick together with the help of the resin. Only work in fibre direction during impregnation in order to keep the fibres aligned and untangled.

The Sikadur®-330 adhesive is filled into an empty cartridge / barrel gun and the grooves are filled from the bottom up, with the tip of the nozzle squeezed flat, in order to reach the bottom of the groove.

The grooves are then filled up to 2/3 with Sikadur®-330 adhesive and the fibre connector is placed in the groove. It must be pushed into the adhesive gently and special care has to be taken that the fibres remain undisturbed and aligned in parallel. If a long connector needs to be installed, the impregnated string can be wound on a cardboard cone for transportation and handling.

Within the open time of the epoxy (dependent on the temperature), the CarboDur® rods or plates are pressed into the adhesive in the grooves. If necessary, additional adhesive can be applied to fill the grooves, or any excess adhesive is removed. Do not re-use the excess adhesive.

Strike the surface with a trowel to force out any air and provide a clean installation. For optimum adhesion of any possible additional layers, the adhesive may be broadcast and covered lightly with quartz sand. Any sand must be graded, clean and kiln dried.

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 22/03/2022
Project: Vedlegg A93 - Forsterk...

BUILDING TRUST



Left

Principal

 Right

Span length (m)

7.50

Supports

Type A B Width (mm) A B

Loads

 Initial loads are automatically generated

Initial loads



Type	Pos1 (m)	Pos2 (m)	Value1	Value2
------	----------	----------	--------	--------

Dead loads

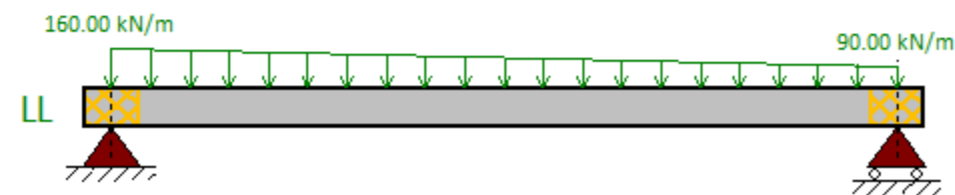
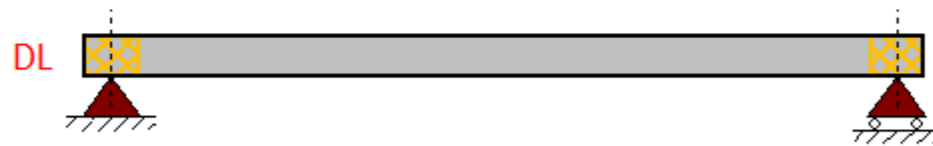
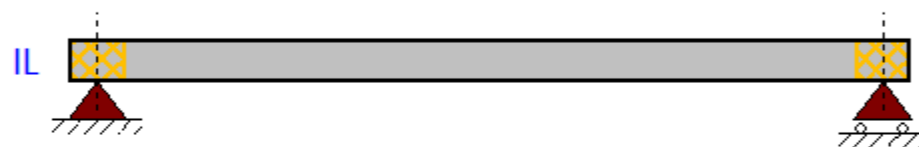
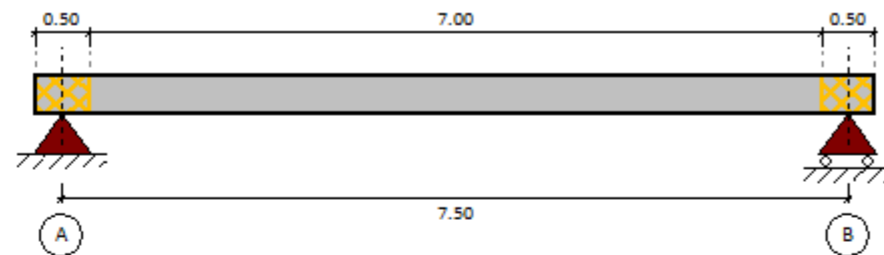


Type	Pos1 (m)	Pos2 (m)	Value1	Value2
------	----------	----------	--------	--------

Live loads



Type	Pos1 (m)	Pos2 (m)	Value1	Value2
1. Distributed	0	7.5	160.00 kN/m	90.00 kN/m



Cylinder specimen 13 MPa
 Cube specimen 16.0 MPa

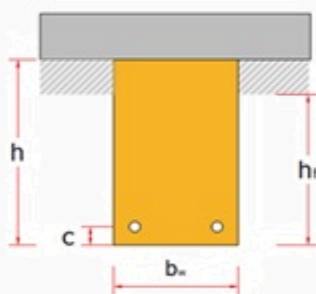
Strength reduction factor

Defined by ACI 318-14 $\phi = 0.75$

Cross section



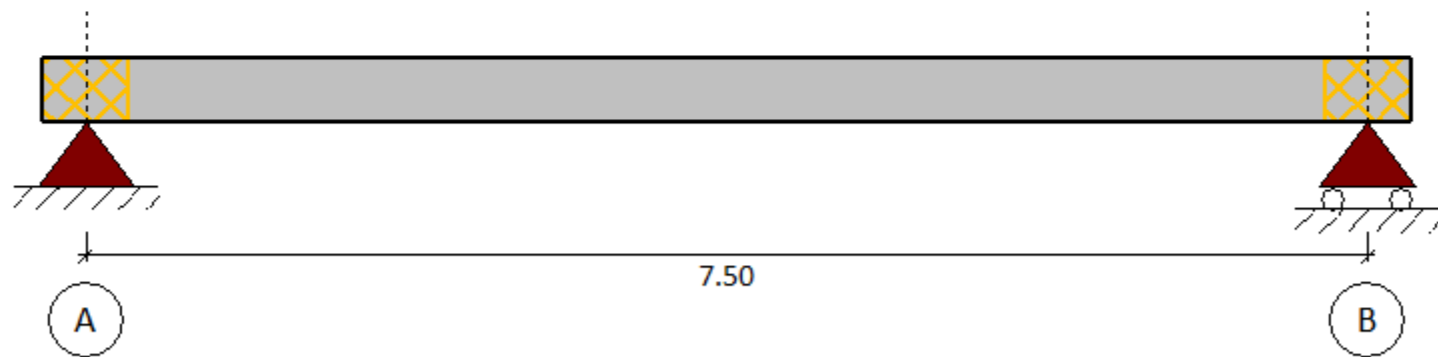
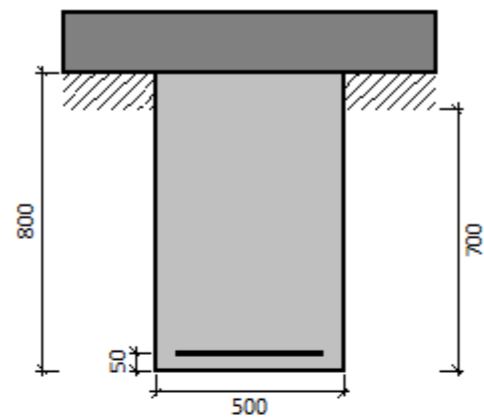
Height of the beam (h) 800 mm
 Web width (bw) 500 mm
 Distance to centroid of reinforcement (c) 50 mm
 Available height (hf) 700 mm



Transverse steel reinforcement



Origin (m)	Final (m)	Steel	fy (MPa)	Defined	Num. bars	Diameter (mm)	Area (mm ²)	C. to c. spacing (mm)	Angle



Position selection

In the critical section under shear forces

Loads

Shear force (Dead loads)	0.00 kN
Shear force (Live loads)	395.13 kN

Combinations

Default ACI combinations

 Consider strengthening limits The live load is expected to be sustained


S_u (Strengthening limits)	=	1.1 · S_{DL}	+	0.75 · S_{LL}
S_u (Anticipated loads)	=	1.2 · S_{DL}	+	1.6 · S_{LL}
S_u (Fire situation)	=	1.0 · S_{DL}	+	1.0 · S_{LL}

Results

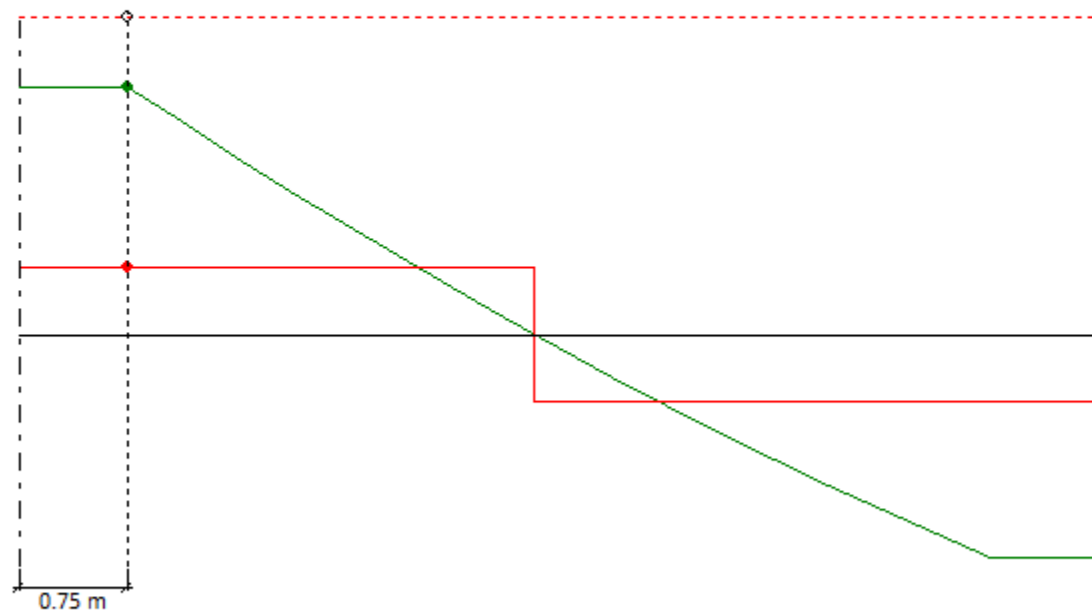
DESIGN LIMITS - UNSTRENGTHENED MEMBER

The anticipated design loads must exceed the existing capacity of the un-strengthened member $\phi \cdot V_n < V_u$

The sum of the shear strengths provided by reinforcements should be limited $V_s + V_r \leq 0.66 \cdot f_c' \cdot \frac{1}{2} \cdot b_w \cdot d$

 Resistance of the un-strengthened member in case of fire

$V_n \geq V_u$



◆ V_u (Anticipated loads) = 632.20 kN

◆ $\phi \cdot V_n$ (Un-strengthened) = 172.39 kN

◇ $\phi \cdot V_n$ (Max) = 808.21 kN


Laminates

Sika CarboDur® M

Sika® CarboDur® M1214


Width: 120.0 mm; Thickness: 1.400 mm; E-modulus: 210.00 GPa; Elongation: 14.10 %

Reinforcement

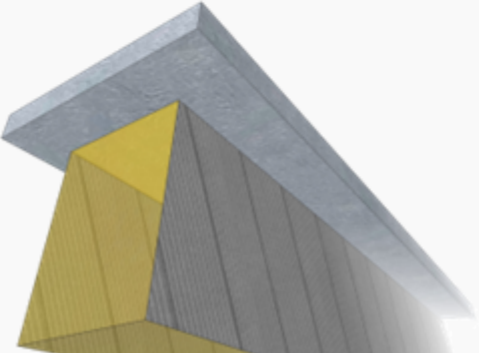
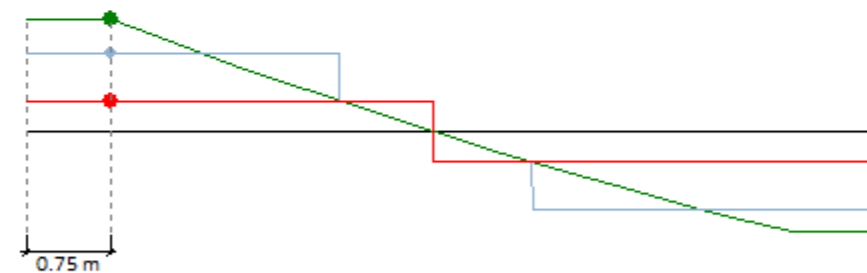
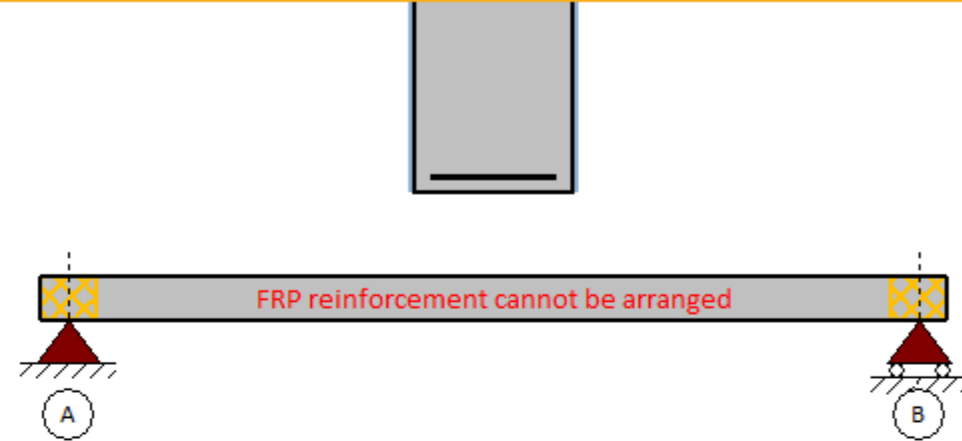
Design 

Type: Continuous jacket

Angle: 45.00 °

Number of layers: 1 

FRP reinforcement

- V_u (Anticipated loads) = 632.20 kN
- ϕV_n (Un-strengthened section) = 172.39 kN
- ◆ ϕV_n (Strengthened section) = 438.05 kN

Effective strain in FRP laminates

$\epsilon_{fe} = 0.0008$

Stress in FRP shear reinforcement

$f_{fe} = 161.91$ MPa

Vedlegg A94 - Forsterkning Bj.C.306 skjær

Skjekker om det er nok skjærarmoring til å holde den resterende kraften

Resterende skjærkraft etter forsterkning:

$$V_{Ed} := 628 \text{ kN} - 438 \text{ kN} = (190 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Fra Sika Carbodur}$$

Skjærkapasitet: Se vedlegg B3 s.119

$$\varnothing := 10 \text{ mm} \quad d := 700 \text{ mm} \quad \varnothing_2 := 19 \text{ mm} \quad \theta := 21.8^\circ \quad f_{yd} := 320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{sw.1} := 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2}\right)^2 \quad A_{sw.2} := \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_2}{2}\right)^2$$

$$V_{Rd.1} := \frac{A_{sw.1}}{250 \text{ mm}} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta) = (3.167 \cdot 10^5) \text{ N}$$

$$V_{Rd.2} := \frac{A_{sw.2}}{1000 \text{ mm}} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta) = (1.429 \cdot 10^5) \text{ N}$$

$$V_{Rd} := V_{Rd.1} + V_{Rd.2} = (4.596 \cdot 10^5) \text{ N}$$

$$V_{Ed} = (1.9 \cdot 10^5) \text{ N} \quad < \quad V_{Rd} = (4.596 \cdot 10^5) \text{ N} \quad \text{Ok!}$$

SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A95 - Forsterkning bjelke Bj.C.307 nr.1 over 2. støtte
ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Beam definition.....	3
2.2. Geometry.....	3
2.3. Concrete.....	4
2.4. Reinforcing steel.....	4
2.5. Strength reduction factors.....	4
2.6. Load factors.....	5
2.7. Exposure conditions.....	5
3. FRP STRENGTH.....	5
3.1. Main FRP reinforcement.....	5
3.2. Lateral FRP reinforcement.....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	6
4.1. Beam loads.....	6
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	8
5.3. Serviceability limit states.....	13
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	15
5.5. Development length.....	15
5.6. FRP arrangement.....	16
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	17
6.1. Bonded Sika CarboDur® plates.....	17

6.1.1. Concrete surface preparation.....	18
6.1.2. Sika CarboDur® plates.....	18
6.1.3. Epoxy Adhesive.....	18
6.1.4. Application procedure.....	19
6.2. Flexible NSM SikaWrap® string.....	20
6.2.1. Concrete surface preparation.....	20
6.2.2. SikaWrap® FX-50C.....	20
6.2.3. Epoxy Adhesive.....	20
6.2.4. Application procedure.....	21
7. LEGAL DISCLAIMER.....	23
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	23

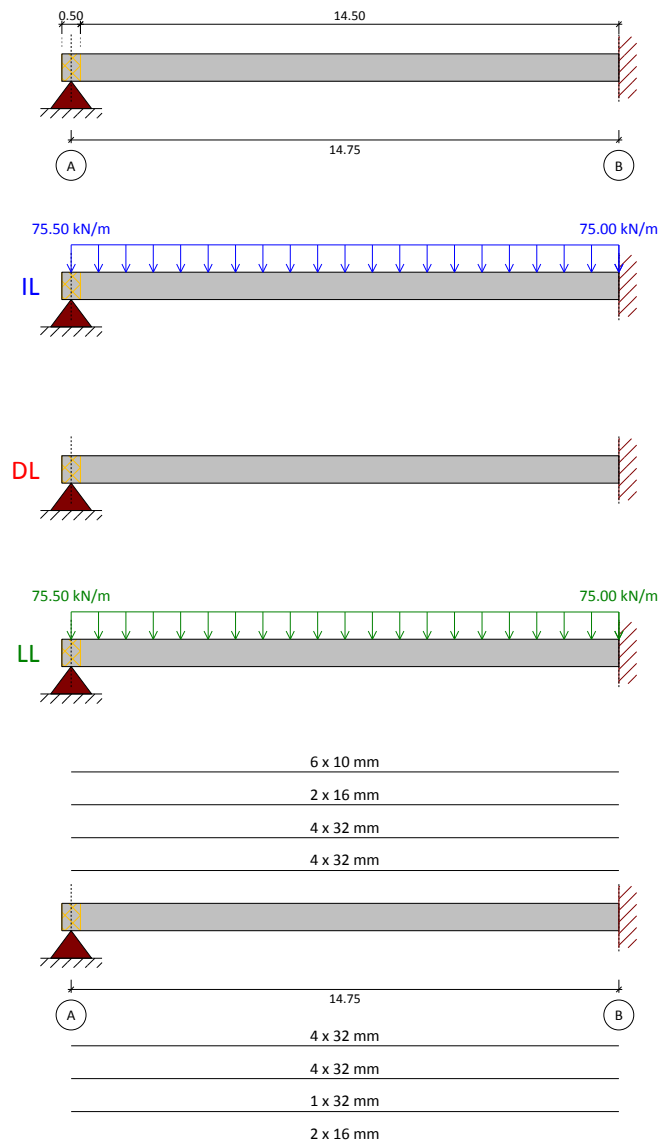
1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Flexural strengthening of beam.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

2.1. Beam definition



2.2. Geometry

Cross section = T-Beam

Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Switzerland)
 www.sika.com

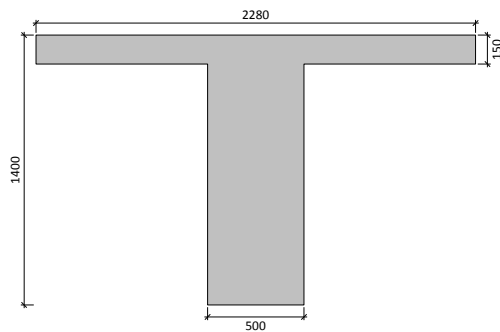
Element:
 Editor:
 Remarks:

Date: 23/03/2022
 Project: Vedlegg A95 - Forsterk...

BUILDING TRUST



Web width = 500 mm
 Total height = 1400 mm
 Width of flange = 2280 mm
 Height of flange = 150 mm



2.3. Concrete

Compressive strength of concrete
 Concrete strength (f'_c) = 20 MPa
 Cylinder specimen = 20 MPa
 Cube specimen = 25 MPa

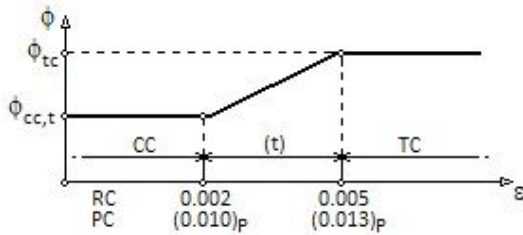
2.4. Reinforcing steel

Reinforcement layers

Top layer	d_2 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	80	(B320) 320	200000	4 x 32.0
2.	128	(B320) 320	200000	4 x 32.0
3.	428	(B320) 320	200000	2 x 16.0
4.	54	(B320) 320	200000	6 x 10.0
Bottom layer	d_1 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	83	(B320) 320	200000	4 x 32.0
2.	140	(B320) 320	200000	4 x 32.0
3.	190	(B320) 320	200000	1 x 32.0
4.	440	(B320) 320	200000	2 x 16.0

2.5. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.6. Load factors

ACI combinations	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	1.00
Expected loads (strengthening design)	1.20	1.60
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

2.7. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

3. FRP STRENGTH

3.1. Main FRP reinforcement

NSM. SikaWrap® C

SikaWrap® FX-50C	Number	E_f (MPa)	Area (mm ²)	ϵ_{fu}	Diameter (mm)
Layer: 1	12	80210.00	78.54	0.0089	10.00

3.2. Lateral FRP reinforcement

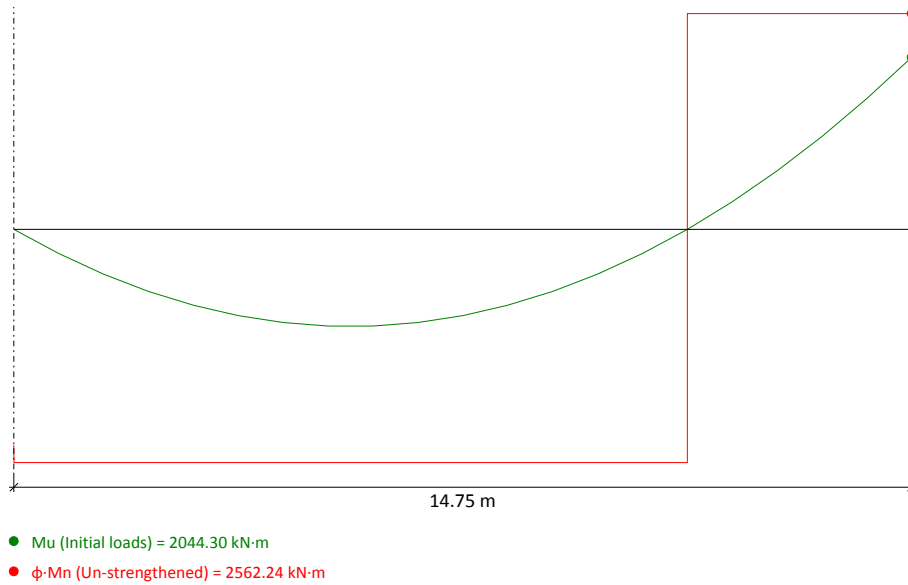
Simply bonded. Sika CarboDur® S

Sika® CarboDur® S1214	Number	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	ϵ_{fu}	Width (mm)
Web	2 x 6	165000.00	1.400	0.0166	120.00

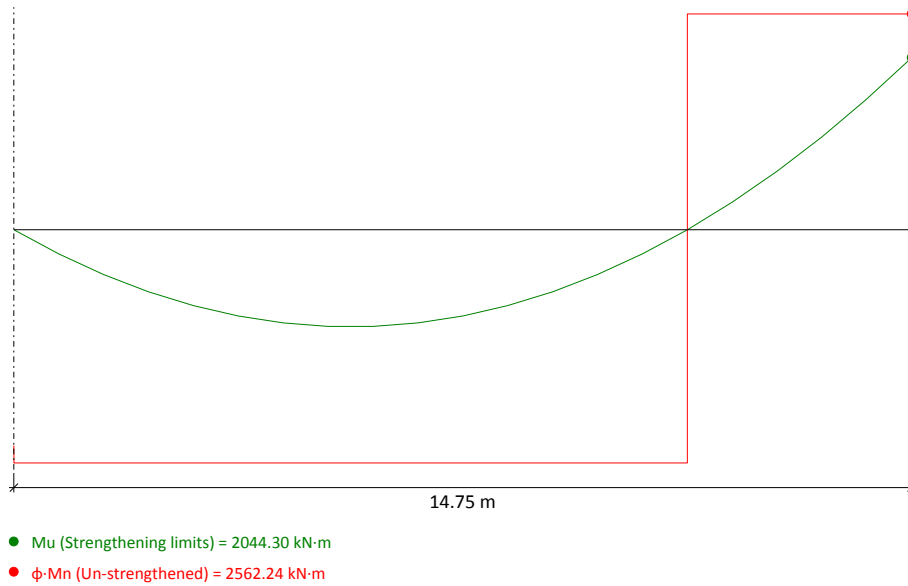
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

4.1. Beam loads

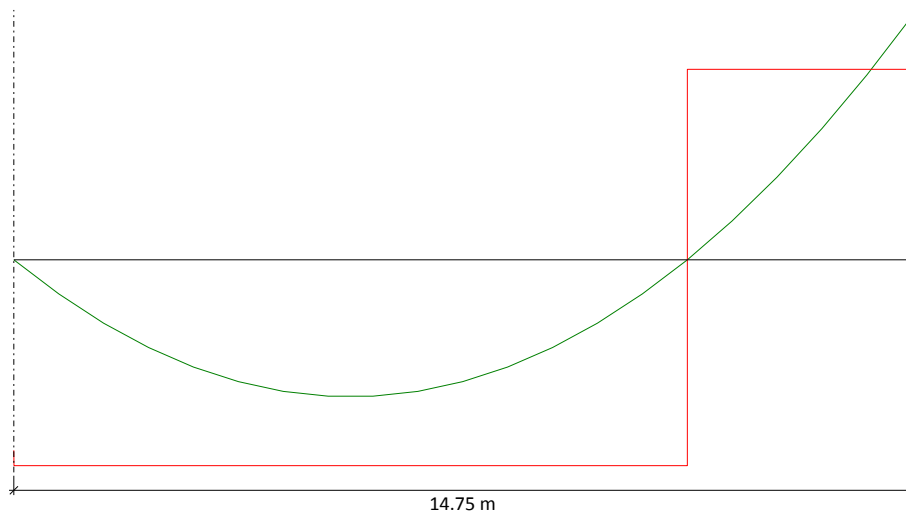
Initial loads



Strengthening limits

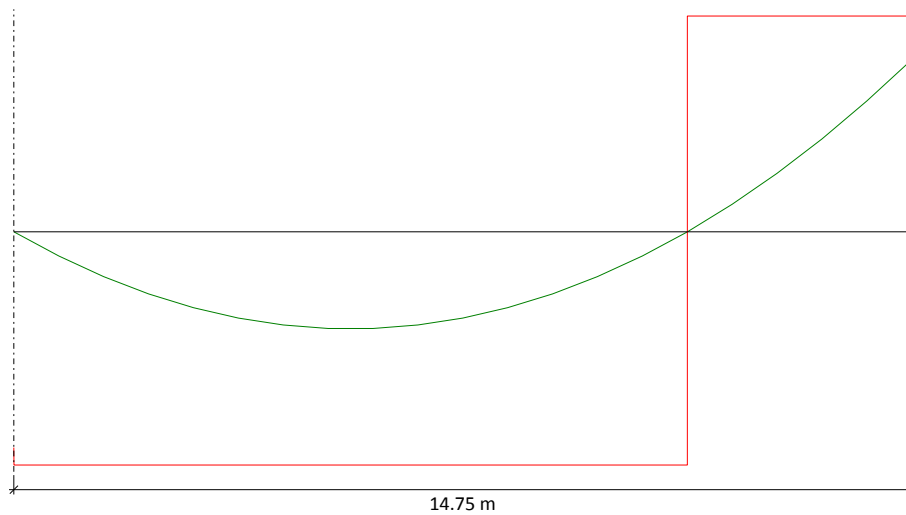


Anticipated loads



- M_u (Anticipated loads) = 3270.88 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2562.24 kN·m

Fire situation



- M_u (Fire situation) = 2044.30 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2846.93 kN·m

5. RESULTS

5.1. Summary of results

Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.90	2044.30	2846.93	Un-strengthened section $2562.24 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq 2044.30 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ✓

Strengthened section under anticipated loads				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.90	3270.88	3655.71	Strengthened section $3290.14 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 3270.88 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓
Serviceability limit states				
Loading	Service stresses			
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$		$f_{y,s} \leq 0.8 \cdot f_y$	
	9.23 MPa \leq 12.00 MPa ✓		262.06 MPa \leq 256.00 MPa ✗	
Fire resistance (t=0 min.)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	2044.30	2846.93	Un-strengthened section $2846.93 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2044.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

5.2. Ultimate limit states

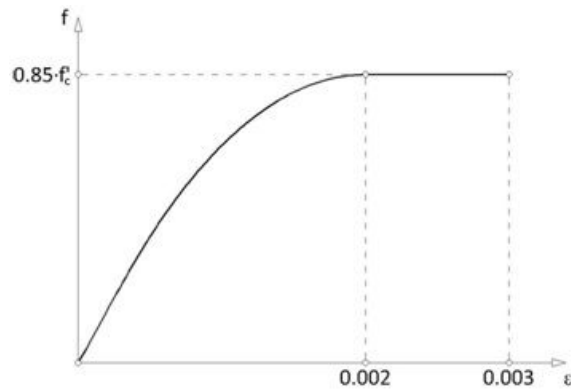
The flexural strength of a section depends on the controlling failure mode. The following flexural failure modes are investigated for the FRP-strengthened section (ACI 440.2R-17, 10.1.1):

- Crushing of the concrete in compression before yielding of the reinforcing steel;
- Yielding of the steel in tension followed by rupture of the FRP laminate;
- Yielding of the steel in tension followed by concrete crushing;
- Shear tension delamination of the concrete cover (cover delamination)
- Debonding of the FRP from the concrete substrate (FRP debonding).

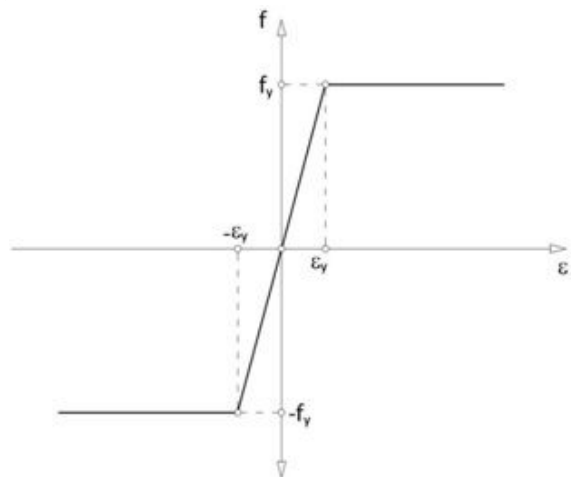
The following assumptions are made in calculating the flexural resistance of a section strengthened with an externally applied FRP system (ACI 440.2R-17, 10.2.1):

- Design calculations are based on the dimensions, internal reinforcing steel arrangement, and material properties of the existing member to be strengthened;
- The strains in the steel reinforcement and concrete are directly proportional to the distance from the neutral axis. That is, a plane section before loading remains plane after loading;
- There is no relative slip between external FRP reinforcement and the concrete;
- The shear deformation within the adhesive layer is neglected because the adhesive layer is very thin with slight variations in its thickness;
- The maximum usable compressive strain in the concrete is 0.003;
- The tensile strength of concrete is neglected; and
- The FRP reinforcement has a linear elastic stress-strain relationship until failure

Stress-strain profile for concrete



Stress-strain profile for reinforcing steel



To prevent such an intermediate crack-induced debonding failure mode, the effective strain in FRP reinforcement must be limited to the strain level at which debonding may occur, ϵ_{fd} , as defined in Eq. (ACI 440.2R-17, Section 10.1):

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{n \cdot E_f \cdot t_f}} \leq 0.9 \cdot \epsilon_{fu}$$

Lateral FRP reinforcement

$\epsilon_{fd} : 0.0038$

For NSM FRP applications, the value of ϵ_{fd} may vary from $0.6 \cdot \epsilon_{fu}$ to $0.9 \cdot \epsilon_{fu}$ depending on many factors. The ACI440-2R-17 recommends the use of:

$$\epsilon_{fd} = 0.7 \cdot \epsilon_{fu}$$

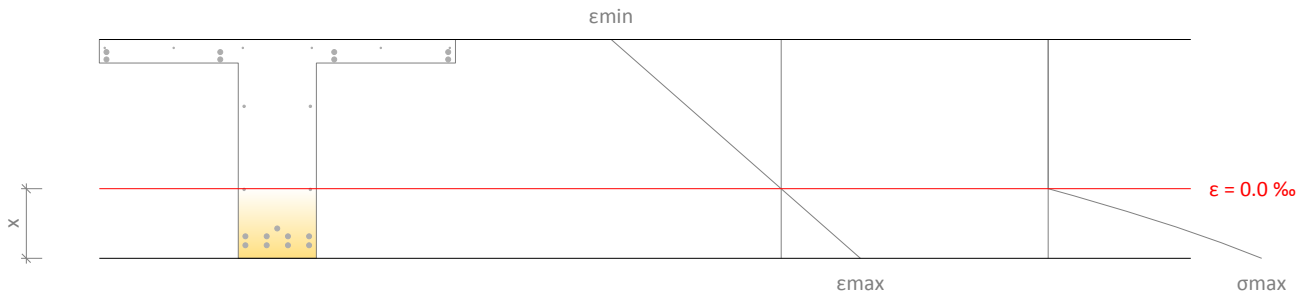
Main FRP reinforcement

$\epsilon_{fd} : 0.0059$

An additional reduction factor for FRP, Ψ_f , is applied to the flexural-strength contribution of the FRP reinforcement. The recommended value of Ψ_f is 0.85.

Force balance of section. Initial loads

$$S_u = S_i = 2044.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.65 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -1.39 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 9.23 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 445.16 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	620	-254.50	-1.27
No. 32	572	-240.53	-1.20
No. 16	272	-153.26	-0.77
No. 10	646	-262.06	-1.31
No. 32	-617	105.35	0.53
No. 32	-560	88.77	0.44
No. 32	-510	74.23	0.37
No. 16	-260	1.50	0.01

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

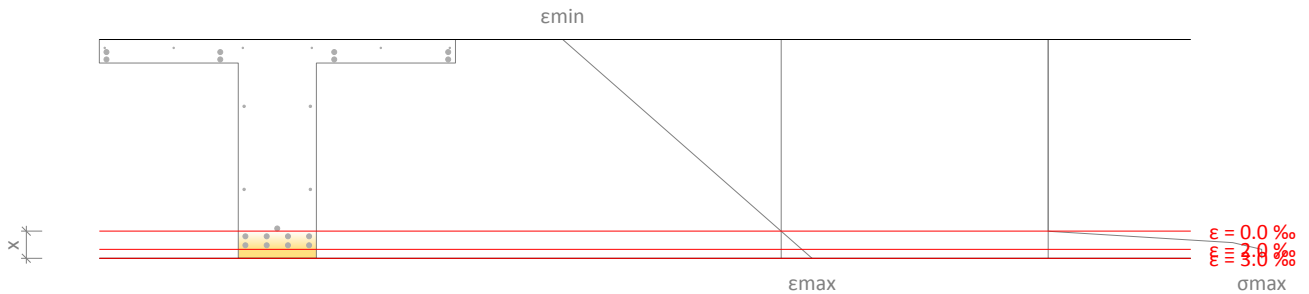
$$2562.24 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2044.30 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{2846.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.99 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -21.13 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 17.00 \text{ MPa}$$

$$x = 173.28 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	620	-320.00	-19.75
No. 32	572	-320.00	-18.93
No. 16	272	-320.00	-13.76
No. 10	646	-320.00	-20.20
No. 32	-617	311.04	1.56
No. 32	-560	114.65	0.57
No. 32	-510	-57.61	-0.29
No. 16	-260	-320.00	-4.59

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

Strengthening limits. Strengthened section and expected loads.

$$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

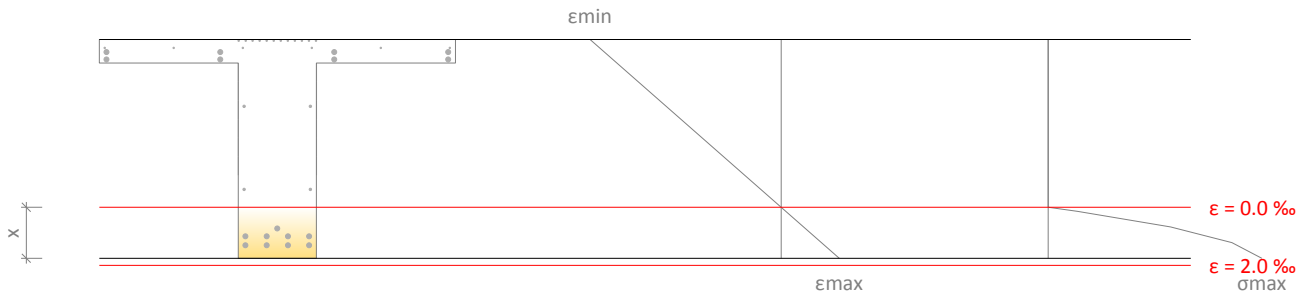
$$3290.14 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 3270.88 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{3655.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 1.76 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -5.78 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 16.75 \text{ MPa}$$

$$x = 326.47 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	620	-320.00	-5.35
No. 32	572	-320.00	-5.09
No. 16	272	-320.00	-3.47
No. 10	646	-320.00	-5.49
No. 32	-617	262.08	1.31
No. 32	-560	200.72	1.00
No. 32	-510	146.90	0.73
No. 16	-260	-122.20	-0.61
FRP	693	-297.23	-4.36
FRP	490	-499.88	-3.56
FRP	370	-433.78	-3.09
FRP	250	-367.68	-2.62
FRP	130	-301.57	-2.15
FRP	10	-235.47	-1.68
FRP	-110	-169.37	-1.21

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

5.3. Serviceability limit states

The stress in the steel reinforcement under service loads must be limited to 80% of the yield strength. In addition, the compressive stress in concrete under service loads must be limited to 60% of the compressive strength (ACI 440.2R, 10.2.8).

$$f_{s,s} \leq 0.8 \cdot f_y$$

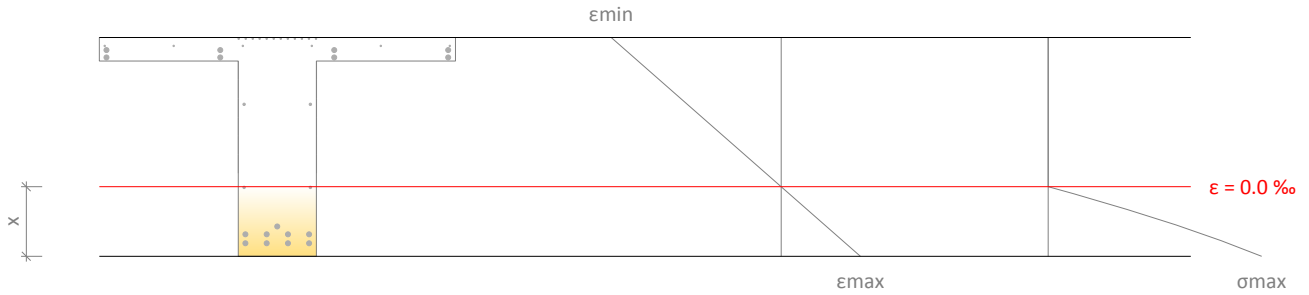
$$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$$

The sustained stress should be limited as expressed by eq.(ACI 440.2R-17, 10.2.9):

$$f_{f,s} \leq 0.55 \cdot f_{tu}$$

Force balance of section under service loads

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.65 ‰$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -1.39 ‰$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 9.23 \text{ MPa}$$

$$x = 445.16 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	620	-254.50	-1.27
No. 32	572	-240.53	-1.20
No. 16	272	-153.26	-0.77
No. 10	646	-262.06	-1.31
No. 32	-617	105.35	0.53
No. 32	-560	88.77	0.44
No. 32	-510	74.23	0.37
No. 16	-260	1.50	0.01
FRP	693	0.00	0.00
FRP	490	0.00	0.00
FRP	370	0.00	0.00
FRP	250	0.00	0.00
FRP	130	0.00	0.00
FRP	10	0.00	0.00
FRP	-110	0.00	0.00

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Strengthening limits. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$2846.93 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2044.30 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{2846.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{1.00}$$

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. Development length

The available anchorage length for the FRP must exceed the value:

FRP main reinforcement

$$l_{db} = \frac{d_b}{4 \cdot \tau_b} \cdot f_{td}$$

$$l_{db} : \underline{172.0} \text{ mm}$$

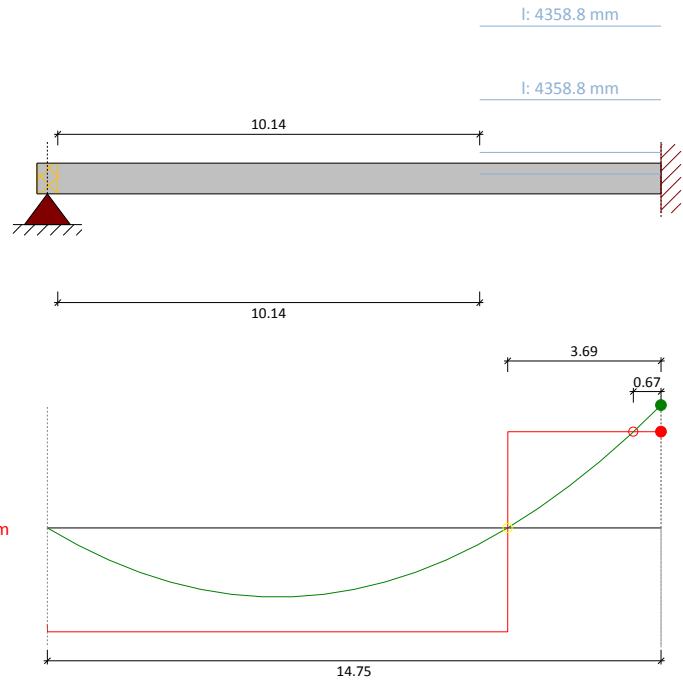
$\tau_b = 1000 \text{ psi}$ (4.9 MPa). Recommended value for calculating the bar development length

Lateral FRP reinforcement

$$l_{df} = \sqrt{\frac{n \cdot E_f \cdot t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

$$l_{df} : \underline{227.3} \text{ mm}$$

FRP reinforcement. Bending scheme: Negative
 FRP main reinforcement (NSM) ldb: 172.0 mm
 12 x SikaWrap® FX-50C
 FRP lateral reinforcement (Simply bonded) ldf: 227.3 mm
 12 x Sika® CarboDur® S1214



5.6. FRP arrangement

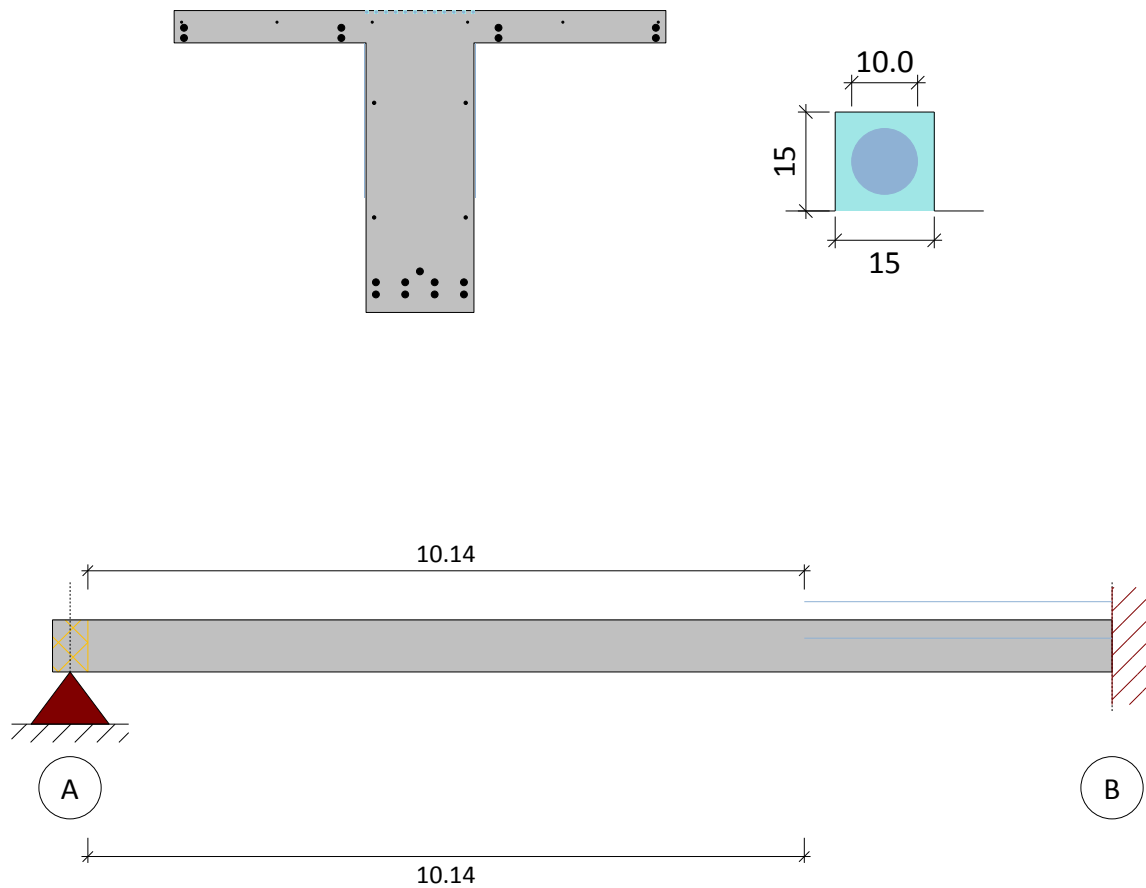
The previous results correspond to the following FRP scheme:

FRP main reinforcement: 12 (SikaWrap® FX-50C)

Minimum clear distance to the edge of reinforced concrete member = 60.0 mm

Minimum clear spacing between consecutive FRP profiles. = 30.0 mm

Lateral FRP reinforcement: Web 2 x 6 (Sika® CarboDur® S1214)



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded Sika CarboDur® plates

The strengthening shall be achieved using pultruded CarboDur plates reinforced polymer laminate, externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-30.

The material shall be a pultruded, unidirectional CFRP plate, and exhibit a fibre volume content >68%.

The plates shall be straight, flat and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

Test reports regarding reaction of adhesive joint to artificial weathering after 100 days shall be provided.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. Sika CarboDur® plates

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of Sika CarboDur® S plates:

Fibre volume content		> 68%
Glass transition temp.		> 100°C
E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 170000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 3100 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	> 1.7%

6.1.3. Epoxy Adhesive

The material shall be epoxy based, and combine primer, putty and adhesive in one product.

The material shall not release substances dangerous to health, hygiene and the environment.

The material shall be long-term creep resistant proven by independent report.

The material shall meet the requirements of EN 1504-4 as structural bonding product for bonded plate reinforcement.

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-30 adhesive:

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Density (parts A+B mixed) at +23°C	1.65 kg/l + 0.1 kg/l
Slant shear strength at steel:	50° ≥ 50 N/mm ²
	60° ≥ 60 N/mm ²
	70° ≥ 70 N/mm ²
Bond/adhesion strength:	≥ 14 N/mm ²
Shear strength:	≥ 12 N/mm ²
Compressive strength:	≥ 30 N/mm ²
Shrinkage / expansion:	≤ 0.1%
Workability:	85 min. at 23°C
Sensitivity to water	Pass
Modulus of elasticity:	≥ 2000 N/mm ²
Coefficient of thermal expansion:	≤ 100 x 10 ⁻⁶
Glass transition temperature:	≥ 40°C
Durability	Pass

Compliance with FIP requirement

Sag flow	Non sag up to 3 -5 mm in vertical
Squeezability	4000 m ² at +15°C at 15 kg
Volume change	0.04%
Shear strength at 15°C	>14 N/mm ²
Shear strength at 35°C	>26 N/mm ²
E-modulus in compression	9600 N/mm ²
E-modulus in tensile	11200 N/mm ²

6.1.4. Application procedure

The plates shall be cut to length using either a rotary disc cutter or a hacksaw.

The plates shall be cleaned and degreased with Sika® Colma® Cleaner or an Isopropyl alcohol based cleaner.

The adhesive shall be applied to the plates in a way that it is approximately 1 mm thick on the sides and 2 mm thick in the middle of the plate.

A very thin layer of the adhesive shall be applied to the prepared substrate surface to fill any small voids and irregularities.

The plate shall be placed on the prepared area and pressed onto the substrate, first gently by hand and second with a hard rubber roller, until adhesive material is squeezed out on both sides of the plate. The excess material shall be removed.

In case of plate intersections, the surface of the underlying plate shall be cleaned from dirt and grease and an adhesive ramp shall be applied on both sides of the underlying plate so the top plate is connected to the substrate on the entire area.

The freshly bonded system shall not be disturbed for at least 24 hours and any vibrations shall be kept at a minimum during the curing period of the adhesive.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the laminate shall be available).

6.2. Flexible NSM SikaWrap® string

The strengthening shall be achieved using prefabricated carbon fibre strings, encased in a continuous plastic envelope, saturated with epoxy adhesive Sikadur®-300 and bonded with epoxy adhesive Sikadur®-330.

The material used for the carbon fibre string shall be unidirectional carbon fibre.

The fibres shall be free, straight and free of torsion inside the continuous plastic envelope. The bundle will comprise 100% carbon fibres, with no presence of any other additional or auxiliary material or fibre.

6.2.1. Concrete surface preparation

The concrete has to be checked for the depth of reinforcements and care must be taken not to cut through existing reinforcing steel, steel tendons, embedded ducts, or other materials within the substrate.

Grooves are cut with a depth, spacing and width according to the parameters indicated in the calculation report.

The surface must be clean and sound. It may be dry or damp, but free of standing water and frost.

Remove dust, laitance, grease, curing compounds, impregnations, waxes, or other foreign particles, together with any damaged concrete or other bond inhibiting materials from the surface.

In addition, immediately prior to installation, clean the cut groove with high pressure water and remove the excess water with oil-free compressed air.

6.2.2. SikaWrap® FX-50C

The material shall comply with the performance characteristics described as follows:

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	≈ 240000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Strain at break	> 1.6 %

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 2100 N/mm ² (MPa)

6.2.3. Epoxy Adhesive

The adhesive shall be epoxy based.

The filling of the grooves will be done by means of Sikadur®-330.

6.2.3.1. Typical Properties of Sikadur®-330 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.30 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Thermal expansion coefficient	-10°C to +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +10°C	+36°C
	7 days, +23°C	+47°C
	7 days, +35°C	+53°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 days at +23°C)

6.2.3.2. Typical Properties of Sikadur®-300 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.16 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+15°C	≈ 2000 mPas
	+23°C	≈ 700 mPas
	+40°C	≈ 200 mPas
Thermal expansion coefficient	-20°C to +40°C	6.0 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +15°C	+43°C
	7 days, +23°C	+49°C
	3 days, +40°C	+60°C
	7 days, +40°C	+66°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	45 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	2800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	3500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	1.5% (7 days at +23°C)

6.2.4. Application procedure

Stir the adhesive components well in their individual containers. Measure and add the components together, in the correct proportions, in a suitable mixing container, then stir using an electric low speed mixer.

The adhesive pot life begins when the resin and hardener are mixed. It is shorter at high temperatures and longer at low temperatures. Additionally the greater the quantity / volume of material mixed together at one time, the shorter the pot life. To obtain longer workability at high temperatures, the mixed adhesive may subsequently be divided into portions; alternatively another method is to chill the components A and B before mixing them.

After mixing, the adhesive is filled into cartridges for application with the adhesive guns. If metal barrel guns or cartridges are used, such as professional 'sausage' sealant guns, then they must be cleaned immediately after use with Sika Colma Cleaner (or an Isopropanol based cleaner), as any hardened adhesive can only be removed mechanically. As an alternative, disposable single-use plastic cartridges can be used.

After cutting and cleaning of the grooves, the dew point must be measured prior to the system installation to make sure no condensed water impairs the application. The ambient temperature must be at least 3°C above the dew point. The installation should then be performed as follows:

The SikaWrap® FX-50C must be cut to length with special scissors and impregnated with Sikadur®-300 resin on a plastic sheet. The excess resin is squeezed out of the fibres and the connector is fixed with a cable tie every 40 – 50 cm. The fibres will stick together with the help of the resin. Only work in fibre direction during impregnation in order to keep the fibres aligned and untangled.

The Sikadur®-330 adhesive is filled into an empty cartridge / barrel gun and the grooves are filled from the bottom up, with the tip of the nozzle squeezed flat, in order to reach the bottom of the groove.

The grooves are then filled up to 2/3 with Sikadur®-330 adhesive and the fibre connector is placed in the groove. It must be pushed into the adhesive gently and special care has to be taken that the fibres remain undisturbed and aligned in parallel. If a long connector needs to be installed, the impregnated string can be wound on a cardboard cone for transportation and handling.

Within the open time of the epoxy (dependent on the temperature), the CarboDur® rods or plates are pressed into the adhesive in the grooves. If necessary, additional adhesive can be applied to fill the grooves, or any excess adhesive is removed. Do not re-use the excess adhesive.

Strike the surface with a trowel to force out any air and provide a clean installation. For optimum adhesion of any possible additional layers, the adhesive may be broadcast and covered lightly with quartz sand. Any sand must be graded, clean and kiln dried.

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 23/03/2022
Project: Vedlegg A95 - Forsterk...

SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A96 - Forsterkning bjelke Bj.C.307 nr.1 over 3.støtte

ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Beam definition.....	3
2.2. Geometry.....	3
2.3. Concrete.....	4
2.4. Reinforcing steel.....	4
2.5. Strength reduction factors.....	4
2.6. Load factors.....	5
2.7. Exposure conditions.....	5
3. FRP STRENGTH.....	5
3.1. Main FRP reinforcement.....	5
3.2. Lateral FRP reinforcement.....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	6
4.1. Beam loads.....	6
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	8
5.3. Serviceability limit states.....	13
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	14
5.5. Development length.....	15
5.6. FRP arrangement.....	16
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	17
6.1. Bonded Sika CarboDur® plates.....	17

6.1.1. Concrete surface preparation.....	18
6.1.2. Sika CarboDur® plates.....	18
6.1.3. Epoxy Adhesive.....	18
6.1.4. Application procedure.....	19
6.2. Flexible NSM SikaWrap® string.....	20
6.2.1. Concrete surface preparation.....	20
6.2.2. SikaWrap® FX-50C.....	20
6.2.3. Epoxy Adhesive.....	20
6.2.4. Application procedure.....	21
7. LEGAL DISCLAIMER.....	23
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	23

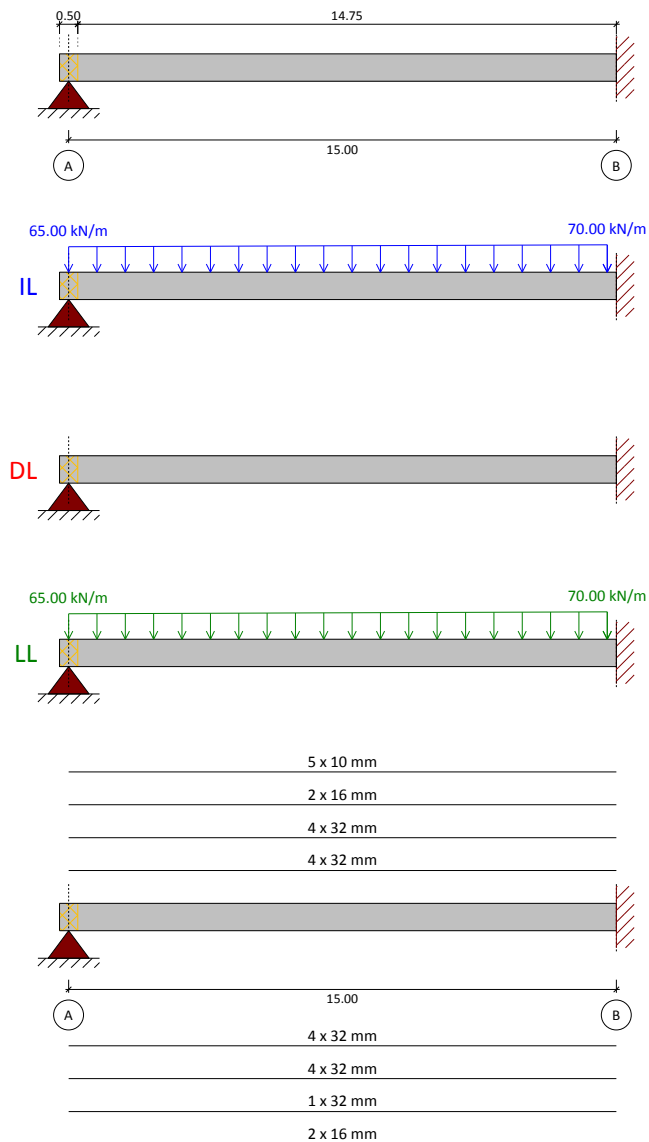
1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Flexural strengthening of beam.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

2.1. Beam definition



2.2. Geometry

Cross section = T-Beam

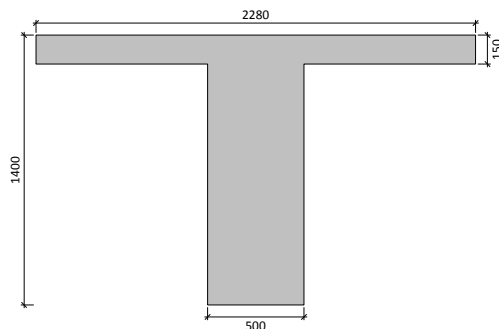
Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Switzerland)
 www.sika.com

Element:
 Editor:
 Remarks:

Date: 23/03/2022
 Project: Vedlegg A96 - Forsterk...



Web width = 500 mm
 Total height = 1400 mm
 Width of flange = 2280 mm
 Height of flange = 150 mm



2.3. Concrete

Compressive strength of concrete
 Concrete strength (f'_c) = 20 MPa
 Cylinder specimen = 20 MPa
 Cube specimen = 25 MPa

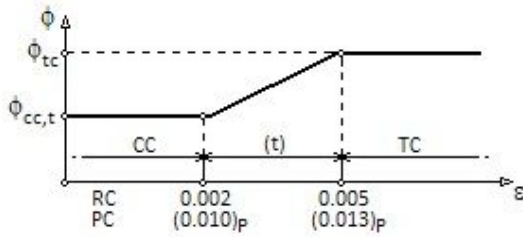
2.4. Reinforcing steel

Reinforcement layers

Top layer	d_2 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	80	(B320) 320	200000	4 x 32.0
2.	128	(B320) 320	200000	4 x 32.0
3.	428	(B320) 320	200000	2 x 16.0
4.	54	(B320) 320	200000	5 x 10.0
Bottom layer	d_1 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	83	(B320) 320	200000	4 x 32.0
2.	140	(B320) 320	200000	4 x 32.0
3.	190	(B320) 320	200000	1 x 32.0
4.	440	(B320) 320	200000	2 x 16.0

2.5. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.6. Load factors

ACI combinations	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	1.00
Expected loads (strengthening design)	1.20	1.60
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

2.7. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

3. FRP STRENGTH

3.1. Main FRP reinforcement

NSM. SikaWrap® C

SikaWrap® FX-50C	Number	E_f (MPa)	Area (mm ²)	ϵ_{fu}	Diameter (mm)
Layer: 1	10	80210.00	78.54	0.0089	10.00

3.2. Lateral FRP reinforcement

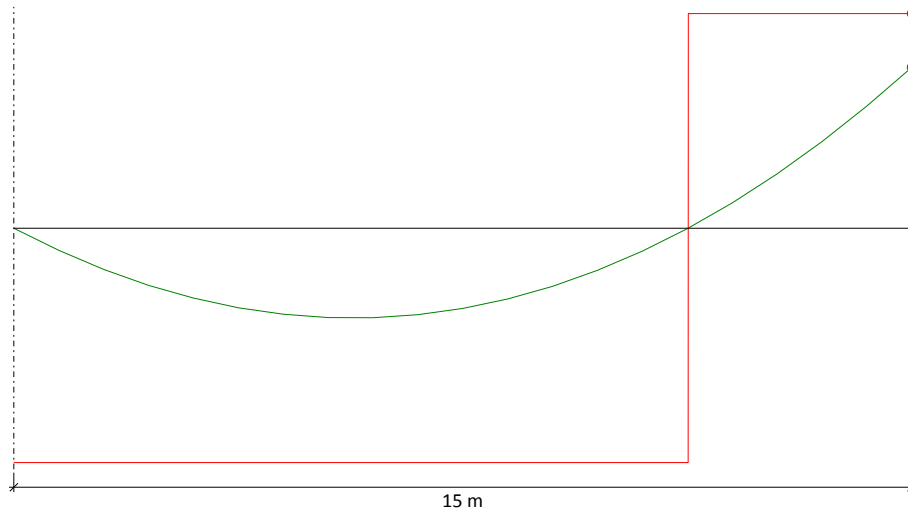
Simply bonded. Sika CarboDur® S

Sika® CarboDur® S1214	Number	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	ϵ_{fu}	Width (mm)
Web	2 x 3	165000.00	1.400	0.0166	120.00

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

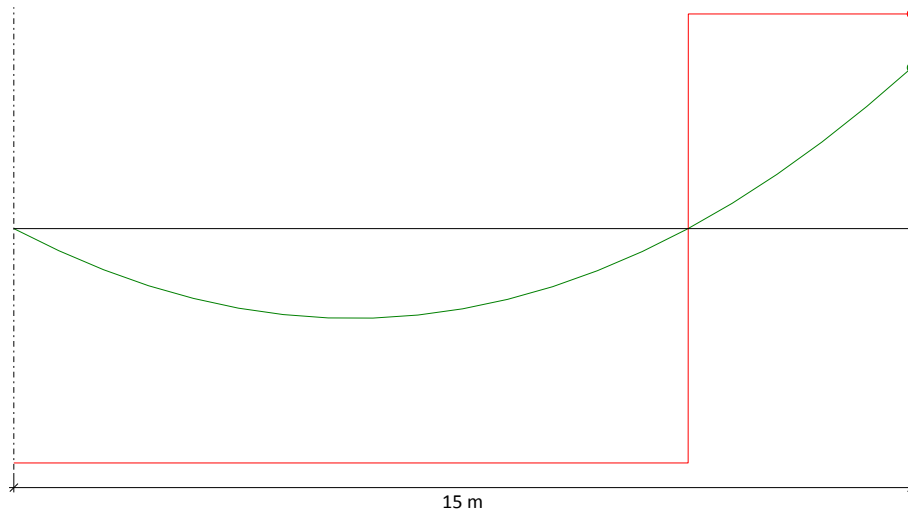
4.1. Beam loads

Initial loads



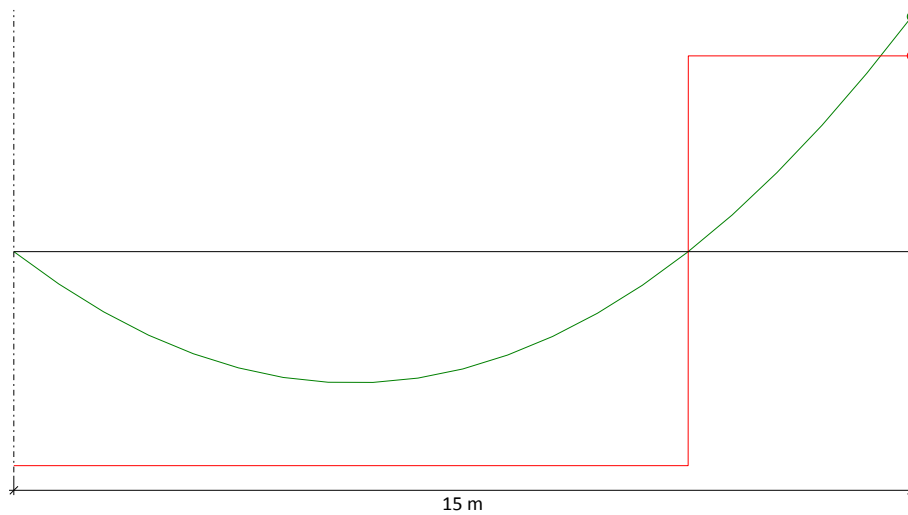
- M_u (Initial loads) = 1900.72 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2534.81 kN·m

Strengthening limits



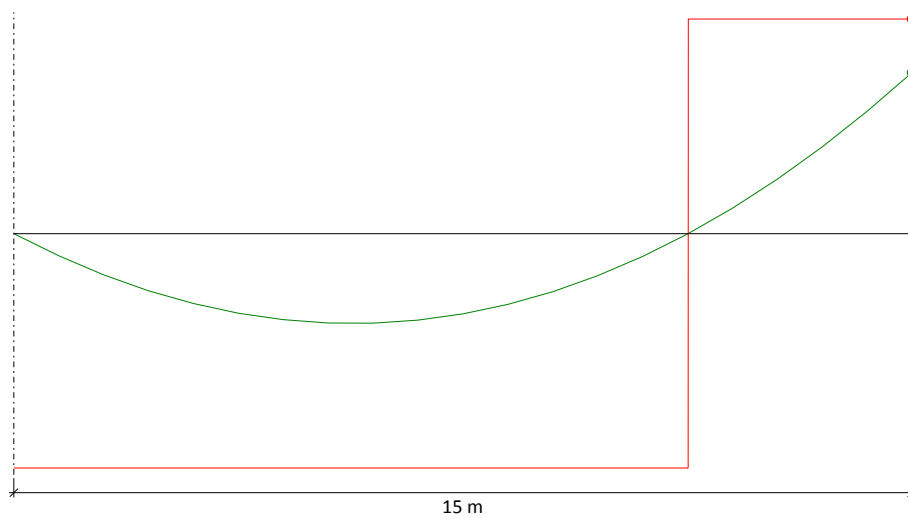
- M_u (Strengthening limits) = 1900.72 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2534.81 kN·m

Anticipated loads



- M_u (Anticipated loads) = 3041.16 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2534.81 kN·m

Fire situation



- M_u (Fire situation) = 1900.72 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2816.46 kN·m

5. RESULTS

5.1. Summary of results

Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.90	1900.72	2816.46	Un-strengthened section $2534.81 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 1900.72 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Strengthened section under anticipated loads				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.90	3041.16	3433.73	Strengthened section $3090.35 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 3041.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓
Serviceability limit states				
Loading	Service stresses			
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$		$f_{y,s} \leq 0.8 \cdot f_y$	
	8.70 MPa \leq 12.00 MPa ✓		246.39 MPa \leq 256.00 MPa ✓	
Fire resistance (t=0 min.)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	1900.72	2816.46	Un-strengthened section $2816.46 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 1900.72 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

5.2. Ultimate limit states

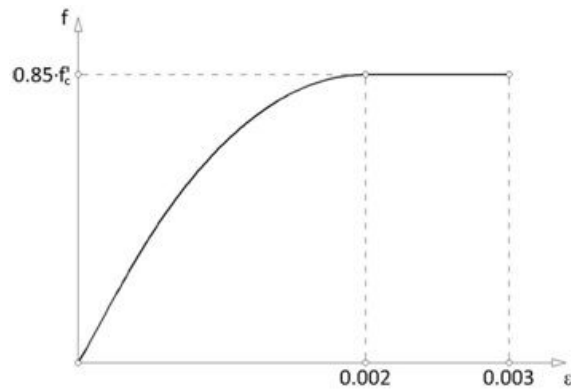
The flexural strength of a section depends on the controlling failure mode. The following flexural failure modes are investigated for the FRP-strengthened section (ACI 440.2R-17, 10.1.1):

- Crushing of the concrete in compression before yielding of the reinforcing steel;
- Yielding of the steel in tension followed by rupture of the FRP laminate;
- Yielding of the steel in tension followed by concrete crushing;
- Shear tension delamination of the concrete cover (cover delamination)
- Debonding of the FRP from the concrete substrate (FRP debonding).

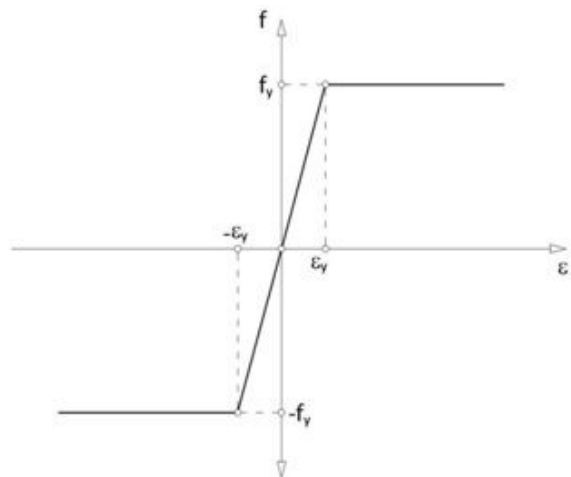
The following assumptions are made in calculating the flexural resistance of a section strengthened with an externally applied FRP system (ACI 440.2R-17, 10.2.1):

- Design calculations are based on the dimensions, internal reinforcing steel arrangement, and material properties of the existing member to be strengthened;
- The strains in the steel reinforcement and concrete are directly proportional to the distance from the neutral axis. That is, a plane section before loading remains plane after loading;
- There is no relative slip between external FRP reinforcement and the concrete;
- The shear deformation within the adhesive layer is neglected because the adhesive layer is very thin with slight variations in its thickness;
- The maximum usable compressive strain in the concrete is 0.003;
- The tensile strength of concrete is neglected; and
- The FRP reinforcement has a linear elastic stress-strain relationship until failure

Stress-strain profile for concrete



Stress-strain profile for reinforcing steel



To prevent such an intermediate crack-induced debonding failure mode, the effective strain in FRP reinforcement must be limited to the strain level at which debonding may occur, ϵ_{fd} , as defined in Eq. (ACI 440.2R-17, Section 10.1):

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{n \cdot E_f \cdot t_f}} \leq 0.9 \cdot \epsilon_{fu}$$

Lateral FRP reinforcement

$\epsilon_{fd} : 0.0038$

For NSM FRP applications, the value of ϵ_{fd} may vary from $0.6 \cdot \epsilon_{fu}$ to $0.9 \cdot \epsilon_{fu}$ depending on many factors. The ACI440-2R-17 recommends the use of:

$$\epsilon_{fd} = 0.7 \cdot \epsilon_{fu}$$

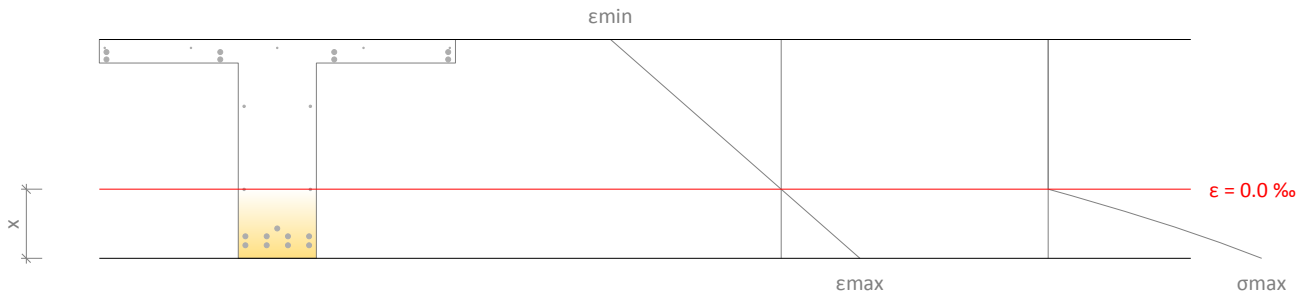
Main FRP reinforcement

$\epsilon_{fd} : 0.0059$

An additional reduction factor for FRP, Ψ_f , is applied to the flexural-strength contribution of the FRP reinforcement. The recommended value of Ψ_f is 0.85.

Force balance of section. Initial loads

$$S_u = S_i = 1900.72 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.60 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -1.31 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 8.70 \text{ MPa}$$

$$x = 441.94 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	620	-239.30	-1.20
No. 32	572	-226.22	-1.13
No. 16	272	-144.46	-0.72
No. 10	646	-246.39	-1.23
No. 32	-617	97.82	0.49
No. 32	-560	82.29	0.41
No. 32	-510	68.66	0.34
No. 16	-260	0.53	0.00

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

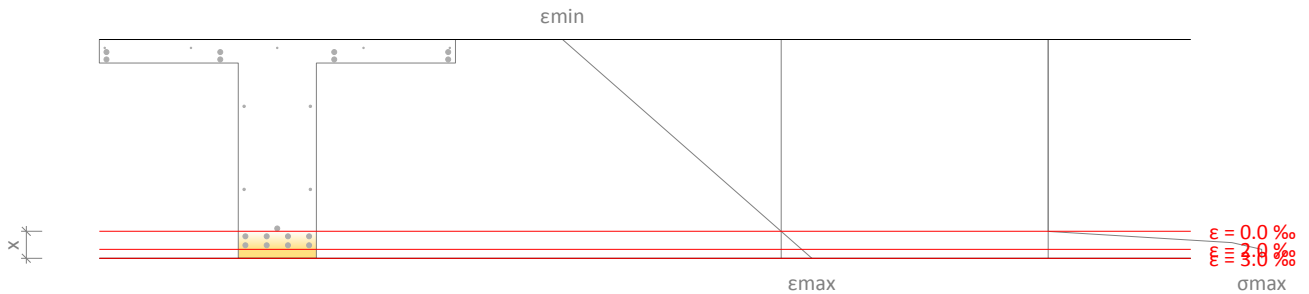
$$2534.81 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 1900.72 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{2816.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.99 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -21.28 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 17.00 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 172.23 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	620	-320.00	-19.89
No. 32	572	-320.00	-19.06
No. 16	272	-320.00	-13.86
No. 10	646	-320.00	-20.34
No. 32	-617	309.30	1.55
No. 32	-560	111.72	0.56
No. 32	-510	-61.59	-0.31
No. 16	-260	-320.00	-4.64

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

Strengthening limits. Strengthened section and expected loads.

$$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

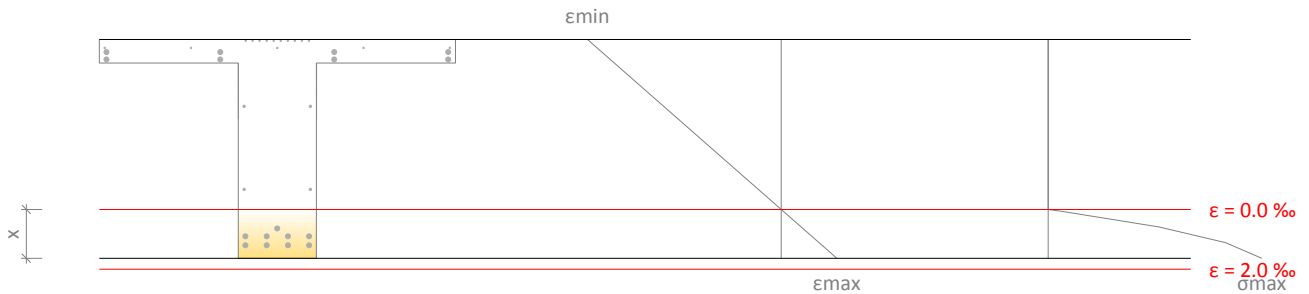
$$3090.35 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 3041.16 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{3433.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 1.63 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -5.68 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 16.43 \text{ MPa}$$

$$x = 312.35 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	620	-320.00	-5.27
No. 32	572	-320.00	-5.02
No. 16	272	-320.00	-3.45
No. 10	646	-320.00	-5.40
No. 32	-617	239.76	1.20
No. 32	-560	180.17	0.90
No. 32	-510	127.90	0.64
No. 16	-260	-133.44	-0.67
FRP	693	-296.60	-4.35
FRP	490	-500.40	-3.57
FRP	370	-435.37	-3.10
FRP	250	-370.33	-2.64

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

5.3. Serviceability limit states

The stress in the steel reinforcement under service loads must be limited to 80% of the yield strength. In addition, the compressive stress in concrete under service loads must be limited to 60% of the compressive strength (ACI 440.2R, 10.2.8).

$$f_{s,s} \leq 0.8 \cdot f_y$$

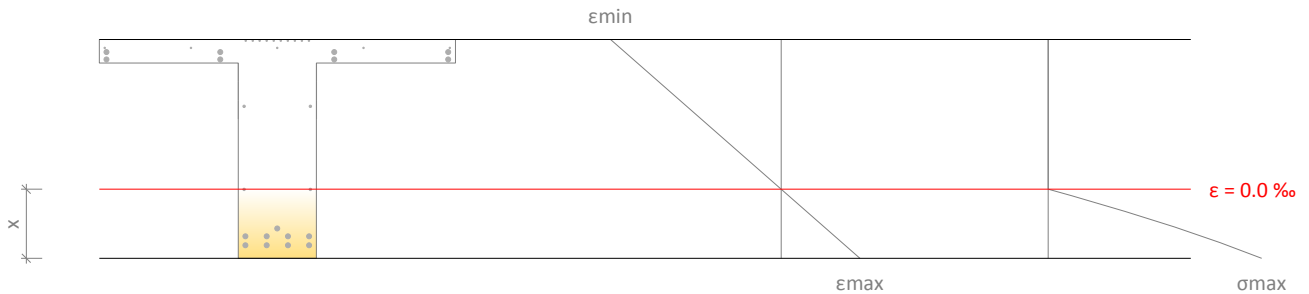
$$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$$

The sustained stress should be limited as expressed by eq.(ACI 440.2R-17, 10.2.9):

$$f_{f,s} \leq 0.55 \cdot f_{tu}$$

Force balance of section under service loads

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.60 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -1.31 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 8.70 \text{ MPa}$$

$$x = 441.94 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	620	-239.30	-1.20
No. 32	572	-226.22	-1.13
No. 16	272	-144.46	-0.72
No. 10	646	-246.39	-1.23
No. 32	-617	97.82	0.49
No. 32	-560	82.29	0.41
No. 32	-510	68.66	0.34
No. 16	-260	0.53	0.00
FRP	693	0.00	0.00
FRP	490	0.00	0.00
FRP	370	0.00	0.00
FRP	250	0.00	0.00

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Strengthening limits. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$2816.46 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 1900.72 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{2816.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{1.00}$$

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. Development length

The available anchorage length for the FRP must exceed the value:

FRP main reinforcement

$$l_{db} = \frac{d_b}{4 \cdot \tau_b} \cdot f_{fd}$$

$$l_{db} : \underline{172.0} \text{ mm}$$

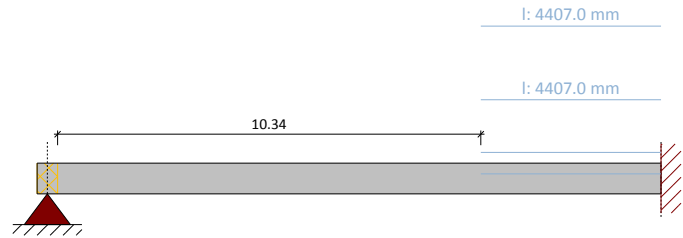
$\tau_b = 1000 \text{ psi}$ (4.9 MPa). Recommended value for calculating the bar development length

Lateral FRP reinforcement

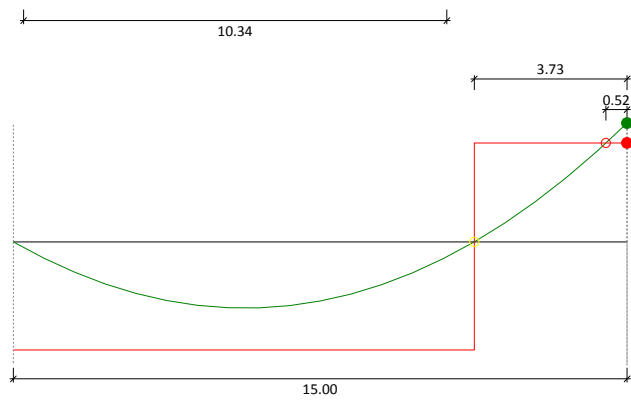
$$l_{df} = \sqrt{\frac{n \cdot E_f \cdot t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

$$l_{df} : \underline{227.3} \text{ mm}$$

FRP reinforcement. Bending scheme: Negative
 FRP main reinforcement (NSM) ldb: 172.0 mm
 10 x SikaWrap® FX-50C
 FRP lateral reinforcement (Simply bonded) ldf: 227.3 mm
 6 x Sika® CarboDur® S1214



- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened section) = 2534.81 kN·m
- M_u (Anticipated loads) = 3041.16 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Strengthened section) = 3090.35 kN·m



5.6. FRP arrangement

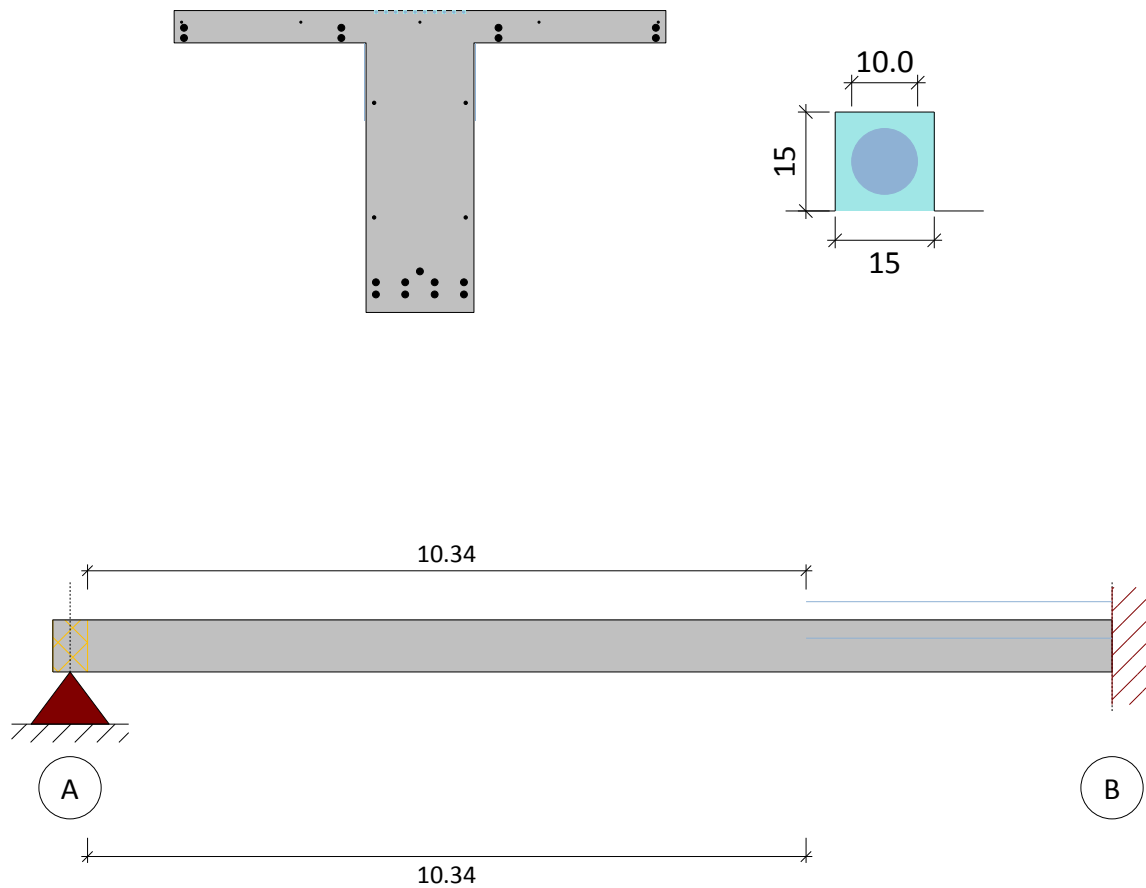
The previous results correspond to the following FRP scheme:

FRP main reinforcement: 10 (SikaWrap® FX-50C)

Minimum clear distance to the edge of reinforced concrete member = 60.0 mm

Minimum clear spacing between consecutive FRP profiles. = 30.0 mm

Lateral FRP reinforcement: Web 2 x 3 (Sika® CarboDur® S1214)



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded Sika CarboDur® plates

The strengthening shall be achieved using pultruded CarboDur plates reinforced polymer laminate, externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-30.

The material shall be a pultruded, unidirectional CFRP plate, and exhibit a fibre volume content >68%.

The plates shall be straight, flat and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

Test reports regarding reaction of adhesive joint to artificial weathering after 100 days shall be provided.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. Sika CarboDur® plates

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of Sika CarboDur® S plates:

Fibre volume content		> 68%
Glass transition temp.		> 100°C
E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 170000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 3100 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	> 1.7%

6.1.3. Epoxy Adhesive

The material shall be epoxy based, and combine primer, putty and adhesive in one product.

The material shall not release substances dangerous to health, hygiene and the environment.

The material shall be long-term creep resistant proven by independent report.

The material shall meet the requirements of EN 1504-4 as structural bonding product for bonded plate reinforcement.

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-30 adhesive:

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Density (parts A+B mixed) at +23°C	1.65 kg/l + 0.1 kg/l
Slant shear strength at steel:	50° ≥ 50 N/mm ²
	60° ≥ 60 N/mm ²
	70° ≥ 70 N/mm ²
Bond/adhesion strength:	≥ 14 N/mm ²
Shear strength:	≥ 12 N/mm ²
Compressive strength:	≥ 30 N/mm ²
Shrinkage / expansion:	≤ 0.1%
Workability:	85 min. at 23°C
Sensitivity to water	Pass
Modulus of elasticity:	≥ 2000 N/mm ²
Coefficient of thermal expansion:	≤ 100 x 10 ⁻⁶
Glass transition temperature:	≥ 40°C
Durability	Pass

Compliance with FIP requirement

Sag flow	Non sag up to 3 -5 mm in vertical
Squeezability	4000 m ² at +15°C at 15 kg
Volume change	0.04%
Shear strength at 15°C	>14 N/mm ²
Shear strength at 35°C	>26 N/mm ²
E-modulus in compression	9600 N/mm ²
E-modulus in tensile	11200 N/mm ²

6.1.4. Application procedure

The plates shall be cut to length using either a rotary disc cutter or a hacksaw.

The plates shall be cleaned and degreased with Sika® Colma® Cleaner or an Isopropyl alcohol based cleaner.

The adhesive shall be applied to the plates in a way that it is approximately 1 mm thick on the sides and 2 mm thick in the middle of the plate.

A very thin layer of the adhesive shall be applied to the prepared substrate surface to fill any small voids and irregularities.

The plate shall be placed on the prepared area and pressed onto the substrate, first gently by hand and second with a hard rubber roller, until adhesive material is squeezed out on both sides of the plate. The excess material shall be removed.

In case of plate intersections, the surface of the underlying plate shall be cleaned from dirt and grease and an adhesive ramp shall be applied on both sides of the underlying plate so the top plate is connected to the substrate on the entire area.

The freshly bonded system shall not be disturbed for at least 24 hours and any vibrations shall be kept at a minimum during the curing period of the adhesive.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the laminate shall be available).

6.2. Flexible NSM SikaWrap® string

The strengthening shall be achieved using prefabricated carbon fibre strings, encased in a continuous plastic envelope, saturated with epoxy adhesive Sikadur®-300 and bonded with epoxy adhesive Sikadur®-330.

The material used for the carbon fibre string shall be unidirectional carbon fibre.

The fibres shall be free, straight and free of torsion inside the continuous plastic envelope. The bundle will comprise 100% carbon fibres, with no presence of any other additional or auxiliary material or fibre.

6.2.1. Concrete surface preparation

The concrete has to be checked for the depth of reinforcements and care must be taken not to cut through existing reinforcing steel, steel tendons, embedded ducts, or other materials within the substrate.

Grooves are cut with a depth, spacing and width according to the parameters indicated in the calculation report.

The surface must be clean and sound. It may be dry or damp, but free of standing water and frost.

Remove dust, laitance, grease, curing compounds, impregnations, waxes, or other foreign particles, together with any damaged concrete or other bond inhibiting materials from the surface.

In addition, immediately prior to installation, clean the cut groove with high pressure water and remove the excess water with oil-free compressed air.

6.2.2. SikaWrap® FX-50C

The material shall comply with the performance characteristics described as follows:

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	≈ 240000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Strain at break	> 1.6 %

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 2100 N/mm ² (MPa)

6.2.3. Epoxy Adhesive

The adhesive shall be epoxy based.

The filling of the grooves will be done by means of Sikadur®-330.

6.2.3.1. Typical Properties of Sikadur®-330 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.30 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Thermal expansion coefficient	-10°C to +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +10°C	+36°C
	7 days, +23°C	+47°C
	7 days, +35°C	+53°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 days at +23°C)

6.2.3.2. Typical Properties of Sikadur®-300 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.16 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+15°C	≈ 2000 mPas
	+23°C	≈ 700 mPas
	+40°C	≈ 200 mPas
Thermal expansion coefficient	-20°C to +40°C	6.0 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +15°C	+43°C
	7 days, +23°C	+49°C
	3 days, +40°C	+60°C
	7 days, +40°C	+66°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	45 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	2800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	3500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	1.5% (7 days at +23°C)

6.2.4. Application procedure

Stir the adhesive components well in their individual containers. Measure and add the components together, in the correct proportions, in a suitable mixing container, then stir using an electric low speed mixer.

The adhesive pot life begins when the resin and hardener are mixed. It is shorter at high temperatures and longer at low temperatures. Additionally the greater the quantity / volume of material mixed together at one time, the shorter the pot life. To obtain longer workability at high temperatures, the mixed adhesive may subsequently be divided into portions; alternatively another method is to chill the components A and B before mixing them.

After mixing, the adhesive is filled into cartridges for application with the adhesive guns. If metal barrel guns or cartridges are used, such as professional 'sausage' sealant guns, then they must be cleaned immediately after use with Sika Colma Cleaner (or an Isopropanol based cleaner), as any hardened adhesive can only be removed mechanically. As an alternative, disposable single-use plastic cartridges can be used.

After cutting and cleaning of the grooves, the dew point must be measured prior to the system installation to make sure no condensed water impairs the application. The ambient temperature must be at least 3°C above the dew point. The installation should then be performed as follows:

The SikaWrap® FX-50C must be cut to length with special scissors and impregnated with Sikadur®-300 resin on a plastic sheet. The excess resin is squeezed out of the fibres and the connector is fixed with a cable tie every 40 – 50 cm. The fibres will stick together with the help of the resin. Only work in fibre direction during impregnation in order to keep the fibres aligned and untangled.

The Sikadur®-330 adhesive is filled into an empty cartridge / barrel gun and the grooves are filled from the bottom up, with the tip of the nozzle squeezed flat, in order to reach the bottom of the groove.

The grooves are then filled up to 2/3 with Sikadur®-330 adhesive and the fibre connector is placed in the groove. It must be pushed into the adhesive gently and special care has to be taken that the fibres remain undisturbed and aligned in parallel. If a long connector needs to be installed, the impregnated string can be wound on a cardboard cone for transportation and handling.

Within the open time of the epoxy (dependent on the temperature), the CarboDur® rods or plates are pressed into the adhesive in the grooves. If necessary, additional adhesive can be applied to fill the grooves, or any excess adhesive is removed. Do not re-use the excess adhesive.

Strike the surface with a trowel to force out any air and provide a clean installation. For optimum adhesion of any possible additional layers, the adhesive may be broadcast and covered lightly with quartz sand. Any sand must be graded, clean and kiln dried.

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 23/03/2022
Project: Vedlegg A96 - Forsterk...



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A97 - Forsterkning bjelke Bj.C.307 nr.2 over 1. felt
ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Beam definition.....	3
2.2. Geometry.....	3
2.3. Concrete.....	4
2.4. Reinforcing steel.....	4
2.5. Strength reduction factors.....	4
2.6. Load factors.....	5
2.7. Exposure conditions.....	5
3. FRP STRENGTH.....	5
3.1. Main FRP reinforcement.....	5
3.2. Lateral FRP reinforcement.....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	6
4.1. Beam loads.....	6
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	8
5.3. Serviceability limit states.....	12
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	14
5.5. Development length.....	14
5.6. FRP arrangement.....	15
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	16
6.1. Bonded Sika CarboDur® plates.....	16

6.1.1. Concrete surface preparation.....	17
6.1.2. Sika CarboDur® plates.....	17
6.1.3. Epoxy Adhesive.....	17
6.1.4. Application procedure.....	18
7. LEGAL DISCLAIMER.....	20
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	20

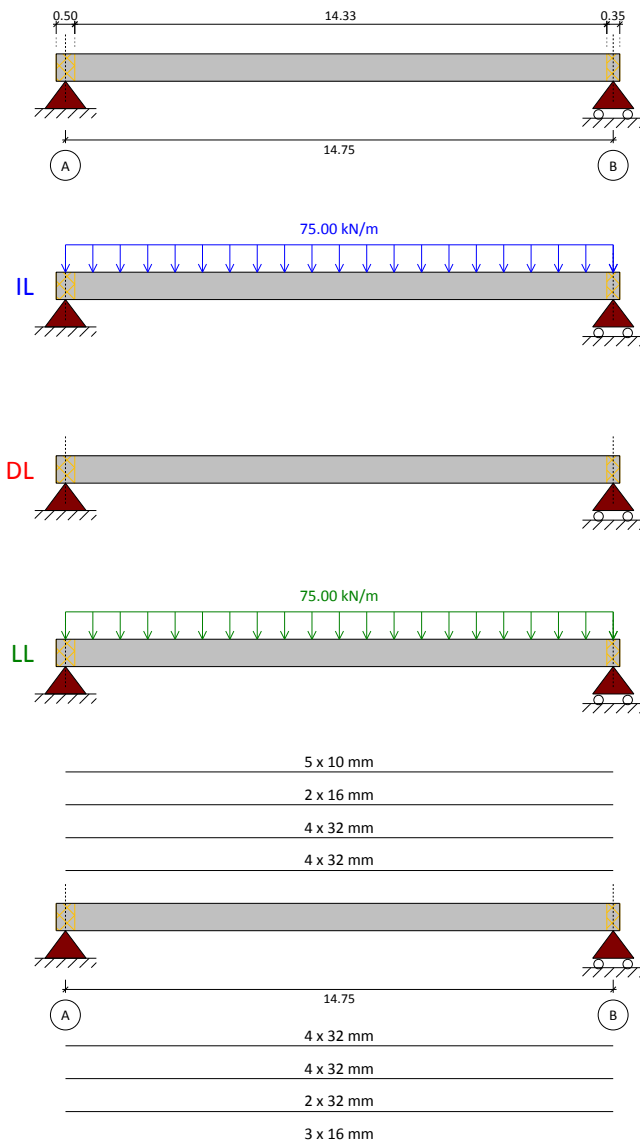
1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Flexural strengthening of beam.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

2.1. Beam definition



2.2. Geometry

Cross section = Rectangled

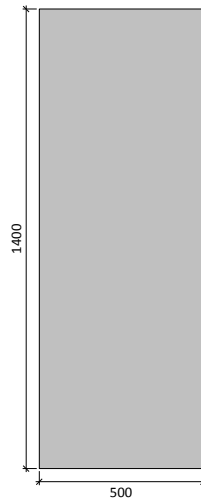
Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Switzerland)
 www.sika.com

Element:
 Editor:
 Remarks:

Date: 23/03/2022
 Project: Vedlegg A97 - Forsterk...



Width = 500 mm
 Height = 1400 mm



2.3. Concrete

Compressive strength of concrete
 Concrete strength (f'_c) = 20 MPa
 Cylinder specimen = 20 MPa
 Cube specimen = 25 MPa

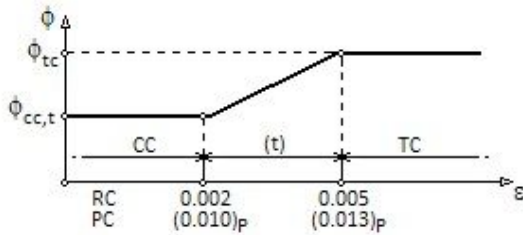
2.4. Reinforcing steel

Reinforcement layers

Top layer	d_2 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	82	(B320) 320	200000	4 x 32.0
2.	128	(B320) 320	200000	4 x 32.0
3.	428	(B320) 320	200000	2 x 16.0
4.	54	(B320) 320	200000	5 x 10.0
Bottom layer	d_1 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	83	(B320) 320	200000	4 x 32.0
2.	140	(B320) 320	200000	4 x 32.0
3.	190	(B320) 320	200000	2 x 32.0
4.	440	(B320) 320	200000	3 x 16.0

2.5. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.6. Load factors

ACI combinations	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	1.00
Expected loads (strengthening design)	1.20	1.60
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

2.7. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

3. FRP STRENGTH

3.1. Main FRP reinforcement

Simply bonded. Sika CarboDur® S

Sika® CarboDur® S1214	Number	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	ϵ_{fu}	Width (mm)
Layer: 1	4	165000.00	1.400	0.0166	120.00

3.2. Lateral FRP reinforcement

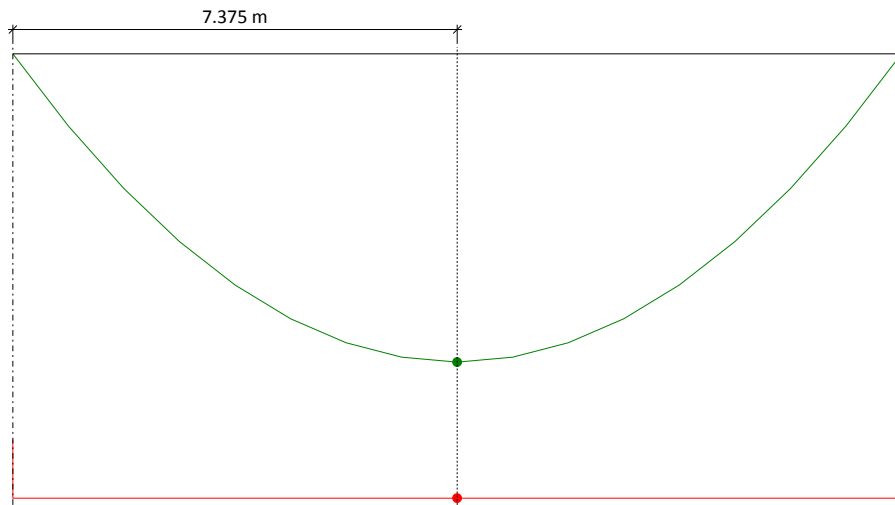
Simply bonded. Sika CarboDur® S

Sika® CarboDur® S1214	Number	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	ϵ_{fu}	Width (mm)
Web	2 x 1	165000.00	1.400	0.0166	120.00

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

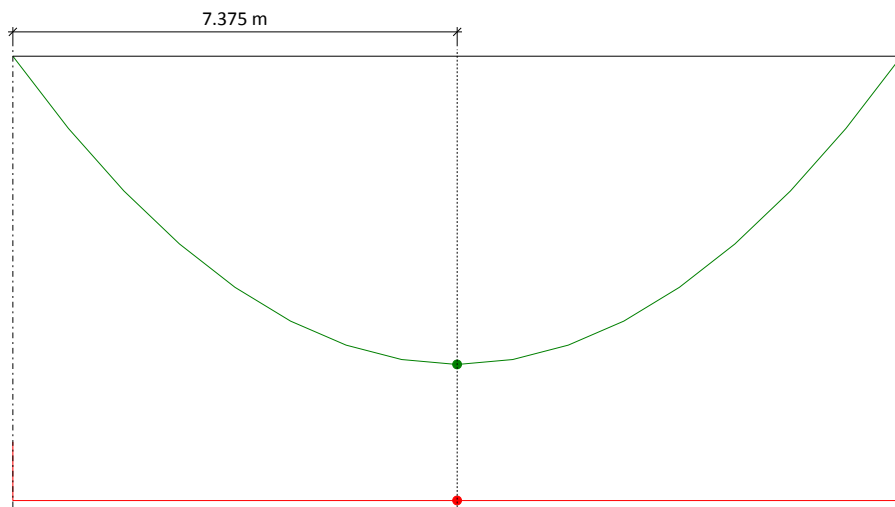
4.1. Beam loads

Initial loads



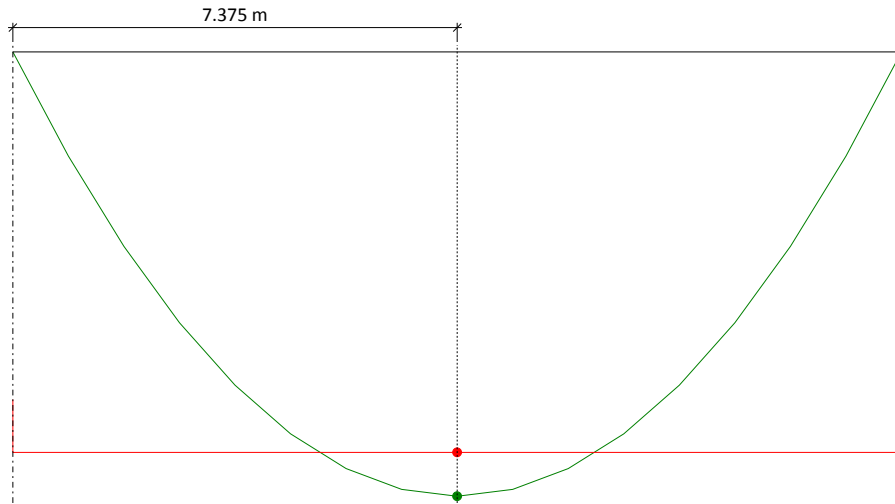
- M_u (Initial loads) = 2039.65 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2940.96 kN·m

Strengthening limits



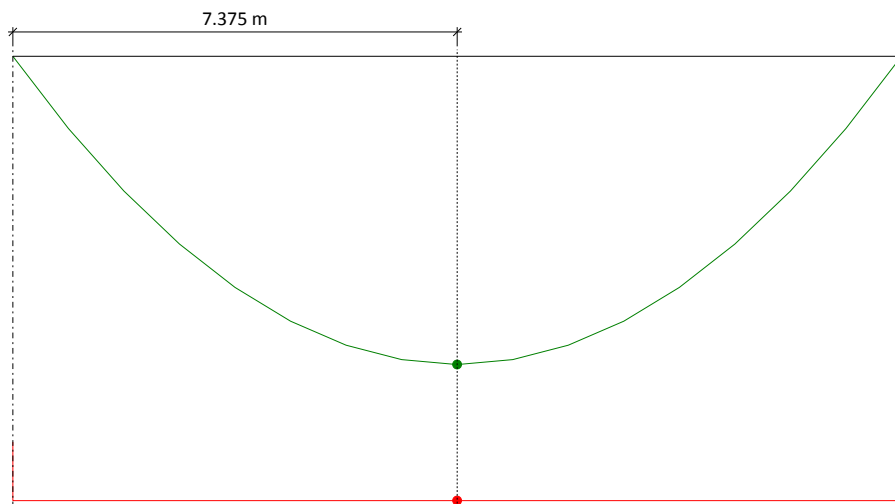
- M_u (Strengthening limits) = 2039.65 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2940.96 kN·m

Anticipated loads



- M_u (Anticipated loads) = 3263.44 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2940.96 kN·m

Fire situation



- M_u (Fire situation) = 2039.65 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 3267.73 kN·m

5. RESULTS

5.1. Summary of results

Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.90	2039.65	3267.73	Un-strengthened section $2940.96 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2039.65 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Strengthened section under anticipated loads				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.87	3263.44	3823.03	Strengthened section $3329.03 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 3263.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓
Serviceability limit states				
Loading	Service stresses			
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$		$f_{y,s} \leq 0.8 \cdot f_y$	
	9.08 MPa \leq 12.00 MPa ✓		228.12 MPa \leq 256.00 MPa ✓	
Fire resistance (t=0 min.)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	2039.65	3267.73	Un-strengthened section $3267.73 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2039.65 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

5.2. Ultimate limit states

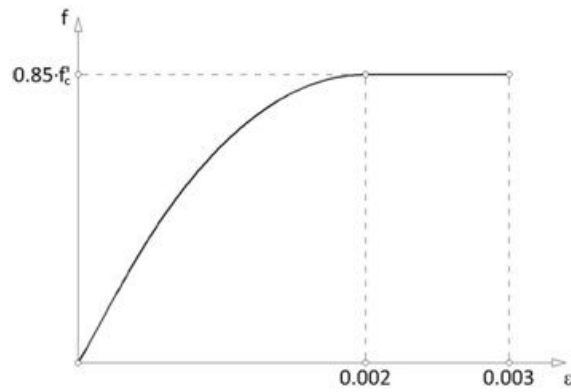
The flexural strength of a section depends on the controlling failure mode. The following flexural failure modes are investigated for the FRP-strengthened section (ACI 440.2R-17, 10.1.1):

- Crushing of the concrete in compression before yielding of the reinforcing steel;
- Yielding of the steel in tension followed by rupture of the FRP laminate;
- Yielding of the steel in tension followed by concrete crushing;
- Shear tension delamination of the concrete cover (cover delamination)
- Debonding of the FRP from the concrete substrate (FRP debonding).

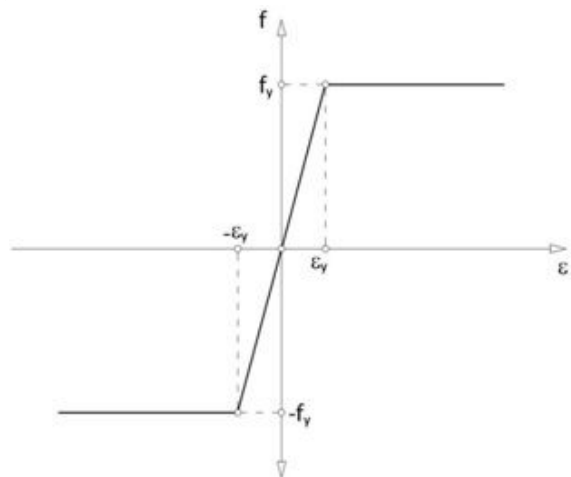
The following assumptions are made in calculating the flexural resistance of a section strengthened with an externally applied FRP system (ACI 440.2R-17, 10.2.1):

- Design calculations are based on the dimensions, internal reinforcing steel arrangement, and material properties of the existing member to be strengthened;
- The strains in the steel reinforcement and concrete are directly proportional to the distance from the neutral axis. That is, a plane section before loading remains plane after loading;
- There is no relative slip between external FRP reinforcement and the concrete;
- The shear deformation within the adhesive layer is neglected because the adhesive layer is very thin with slight variations in its thickness;
- The maximum usable compressive strain in the concrete is 0.003;
- The tensile strength of concrete is neglected; and
- The FRP reinforcement has a linear elastic stress-strain relationship until failure

Stress-strain profile for concrete



Stress-strain profile for reinforcing steel



To prevent such an intermediate crack-induced debonding failure mode, the effective strain in FRP reinforcement must be limited to the strain level at which debonding may occur, ϵ_{fd} , as defined in Eq. (ACI 440.2R-17, Section 10.1):

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{n \cdot E_f \cdot t_f}} \leq 0.9 \cdot \epsilon_{fu}$$

Main FRP reinforcement

$\epsilon_{fd} : 0.0038$

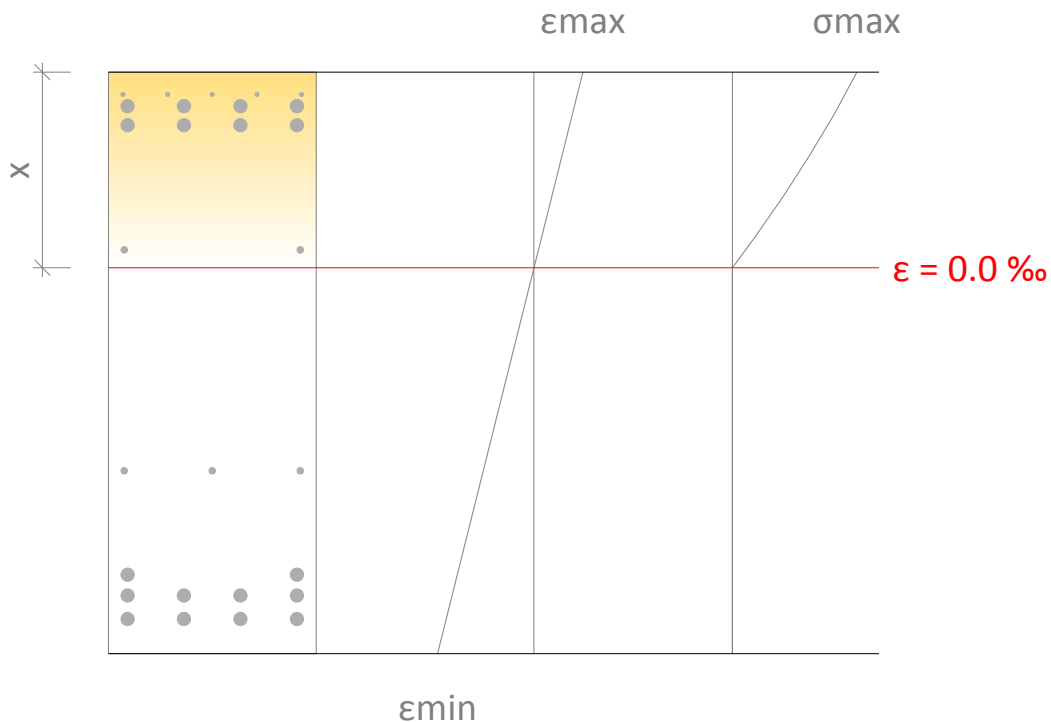
Lateral FRP reinforcement

$\epsilon_{fd} : 0.0038$

An additional reduction factor for FRP, Ψ_f , is applied to the flexural-strength contribution of the FRP reinforcement. The recommended value of Ψ_f is 0.85.

Force balance of section. Initial loads

$S_u = S_i = 2039.65 \text{ kN}\cdot\text{m}$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.63 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -1.25 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 9.08 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 470.76 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	618	104.80	0.52
No. 32	572	92.40	0.46
No. 16	272	11.53	0.06
No. 10	646	112.35	0.56
No. 32	-617	-228.12	-1.14
No. 32	-560	-212.76	-1.06
No. 32	-510	-199.28	-1.00
No. 16	-260	-131.89	-0.66

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

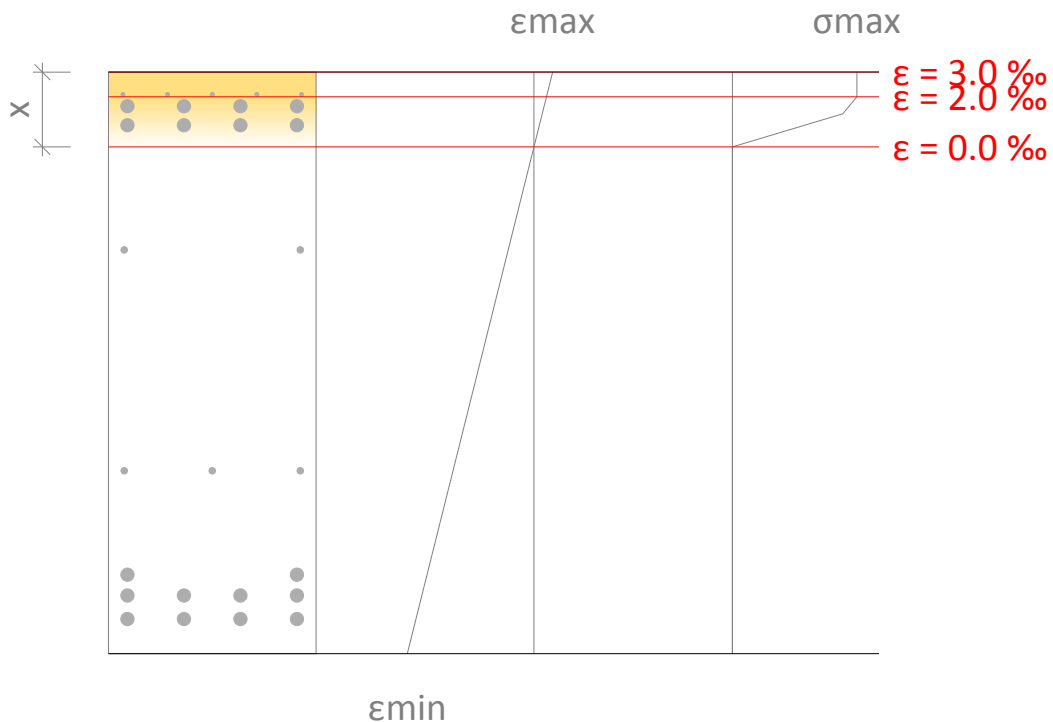
Nominal moment

$$2940.96 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2039.65 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Strength reduction factor

$$M_n : \frac{3267.73}{\phi} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.99 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -20.26 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 17.00 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 179.79 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	618	320.00	1.62
No. 32	572	171.98	0.86
No. 16	272	-320.00	-4.12
No. 10	646	320.00	2.09
No. 32	-617	-320.00	-18.88
No. 32	-560	-320.00	-17.93
No. 32	-510	-320.00	-17.10
No. 16	-260	-320.00	-12.95

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

Strengthening limits. Strengthened section and expected loads.

$$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

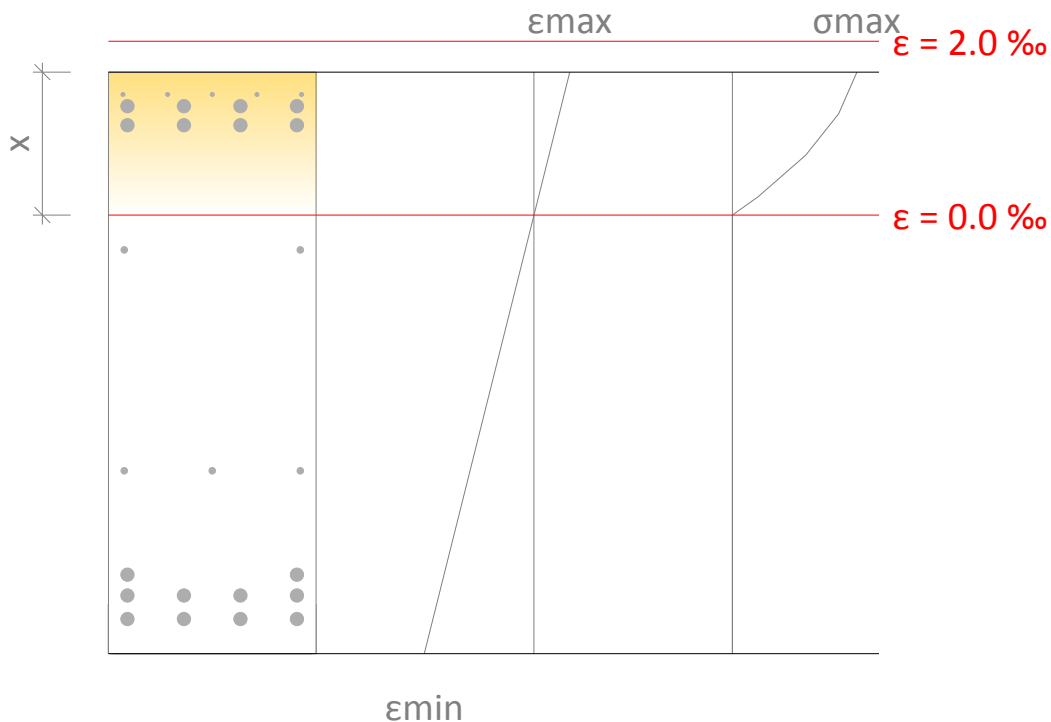
$$3329.03 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 3263.44 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{3823.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.87}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 1.64 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -5.05 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 16.46 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 343.98 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	618	250.37	1.25
No. 32	572	206.41	1.03
No. 16	272	-80.29	-0.40
No. 10	646	277.13	1.39
No. 32	-617	-320.00	-4.65
No. 32	-560	-320.00	-4.38
No. 32	-510	-320.00	-4.14
No. 16	-260	-320.00	-2.94
FRP	-701	-532.38	-3.80
FRP	-640	-503.17	-3.59

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

5.3. Serviceability limit states

The stress in the steel reinforcement under service loads must be limited to 80% of the yield strength. In addition, the compressive stress in concrete under service loads must be limited to 60% of the compressive strength (ACI 440.2R, 10.2.8).

$$f_{s,s} \leq 0.8 \cdot f_y$$

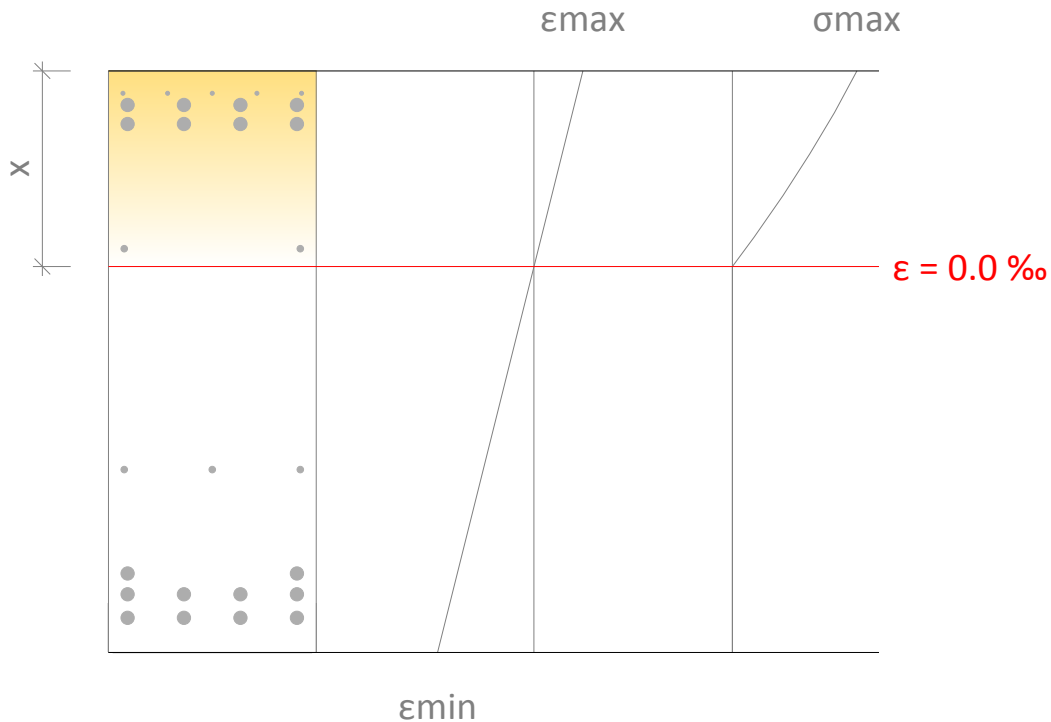
$$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$$

The sustained stress should be limited as expressed by eq.(ACI 440.2R-17, 10.2.9):

$$f_{f,s} \leq 0.55 \cdot f_{fu}$$

Force balance of section under service loads

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{max} = 0.63 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{min} = -1.25 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 9.08 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 470.76 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	618	104.80	0.52
No. 32	572	92.40	0.46
No. 16	272	11.53	0.06
No. 10	646	112.35	0.56
No. 32	-617	-228.12	-1.14
No. 32	-560	-212.76	-1.06
No. 32	-510	-199.28	-1.00
No. 16	-260	-131.89	-0.66
FRP	-701	0.00	0.00
FRP	-640	0.00	0.00

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Strengthening limits. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

Nominal moment

Strength reduction factor

$$3267.73 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2039.65 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

$$M_n : \underline{3267.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\phi : \underline{1.00}$$

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. Development length

The available anchorage length for the FRP must exceed the value:

FRP main reinforcement

$$l_{df} = \sqrt{\frac{n \cdot E_f \cdot t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

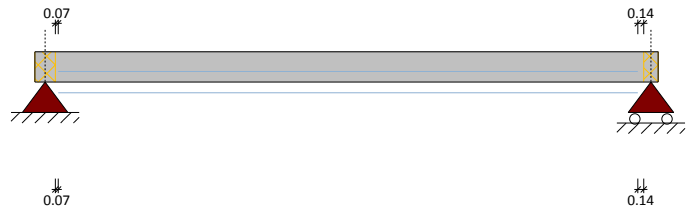
$$l_{df} : \underline{227.3} \text{ mm}$$

Lateral FRP reinforcement

$$l_{df} = \sqrt{\frac{n \cdot E_f \cdot t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

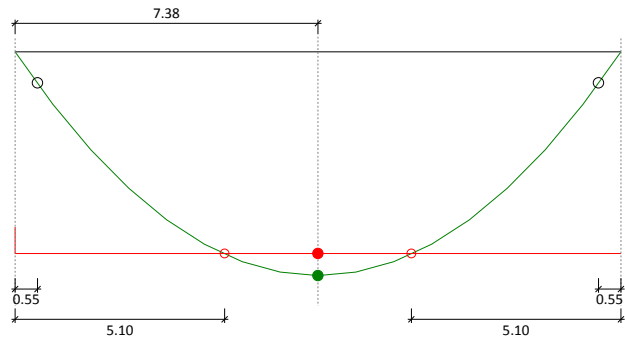
$$l_{df} : \underline{227.3} \text{ mm}$$

FRP reinforcement. Bending scheme: Positive



FRP main reinforcement (Simply bonded) l_{df} : 227.3 mm
 4 x Sika® CarboDur® S1214
 FRP lateral reinforcement (Simply bonded) l_{df} : 227.3 mm
 2 x Sika® CarboDur® S1214

- $M_{cr} = 452.88 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened section) = 2940.96 kN·m
- M_u (Anticipated loads) = 3263.44 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Strengthened section) = 3329.03 kN·m

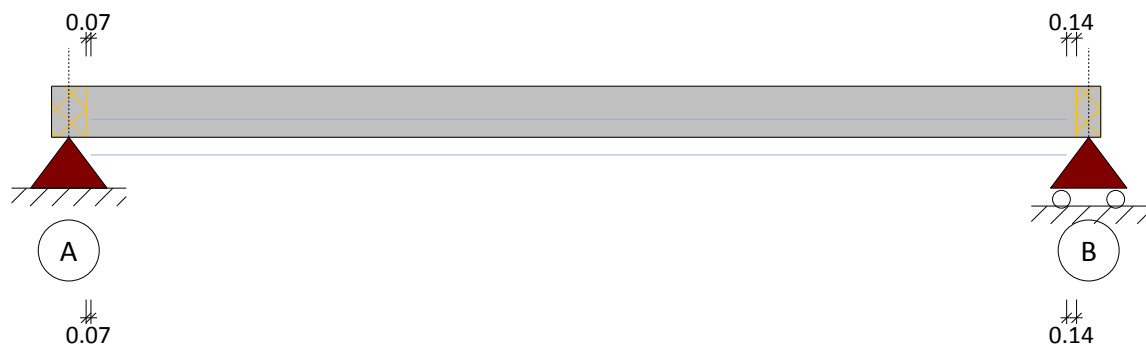
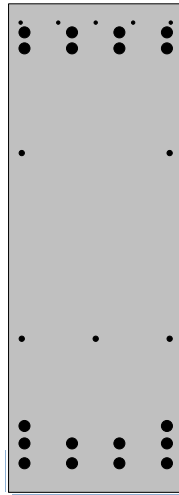


5.6. FRP arrangement

The previous results correspond to the following FRP scheme:

FRP main reinforcement: 4 (Sika® CarboDur® S1214)

Lateral FRP reinforcement: Web 2 x 1 (Sika® CarboDur® S1214)



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded Sika CarboDur® plates

The strengthening shall be achieved using pultruded CarboDur plates reinforced polymer laminate, externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-30.

The material shall be a pultruded, unidirectional CFRP plate, and exhibit a fibre volume content >68%.

The plates shall be straight, flat and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

Test reports regarding reaction of adhesive joint to artificial weathering after 100 days shall be provided.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. Sika CarboDur® plates

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of Sika CarboDur® S plates:

Fibre volume content		> 68%
Glass transition temp.		> 100°C
E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 170000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 3100 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	> 1.7%

6.1.2.2. Typical Properties of Sika CarboDur® S plates:

Fibre volume content		> 68%
Glass transition temp.		> 100°C
E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 170000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 3100 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	> 1.7%

6.1.3. Epoxy Adhesive

The material shall be epoxy based, and combine primer, putty and adhesive in one product.

The material shall not release substances dangerous to health, hygiene and the environment.

The material shall be long-term creep resistant proven by independent report.

The material shall meet the requirements of EN 1504-4 as structural bonding product for bonded plate reinforcement.

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-30 adhesive:

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Density (parts A+B mixed) at +23°C	1.65 kg/l + 0.1 kg/l
Slant shear strength at steel:	50° ≥ 50 N/mm ²
	60° ≥ 60 N/mm ²
	70° ≥ 70 N/mm ²
Bond/adhesion strength:	≥ 14 N/mm ²
Shear strength:	≥ 12 N/mm ²
Compressive strength:	≥ 30 N/mm ²
Shrinkage / expansion:	≤ 0.1%
Workability:	85 min. at 23°C
Sensitivity to water	Pass
Modulus of elasticity:	≥ 2000 N/mm ²
Coefficient of thermal expansion:	≤ 100 x 10 ⁻⁶
Glass transition temperature:	≥ 40°C
Durability	Pass

Compliance with FIP requirement

Sag flow	Non sag up to 3 -5 mm in vertical
Squeezability	4000 m ² at +15°C at 15 kg
Volume change	0.04%
Shear strength at 15°C	>14 N/mm ²
Shear strength at 35°C	>26 N/mm ²
E-modulus in compression	9600 N/mm ²
E-modulus in tensile	11200 N/mm ²

6.1.4. Application procedure

The plates shall be cut to length using either a rotary disc cutter or a hacksaw.

The plates shall be cleaned and degreased with Sika® Colma® Cleaner or an Isopropyl alcohol based cleaner.

The adhesive shall be applied to the plates in a way that it is approximately 1 mm thick on the sides and 2 mm thick in the middle of the plate.

A very thin layer of the adhesive shall be applied to the prepared substrate surface to fill any small voids and irregularities.

The plate shall be placed on the prepared area and pressed onto the substrate, first gently by hand and second with a hard rubber roller, until adhesive material is squeezed out on both sides of the plate. The excess material shall be removed.

In case of plate intersections, the surface of the underlying plate shall be cleaned from dirt and grease and an adhesive ramp shall be applied on both sides of the underlying plate so the top plate is connected to the substrate on the entire area.

The freshly bonded system shall not be disturbed for at least 24 hours and any vibrations shall be kept at a minimum during the curing period of the adhesive.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the laminate shall be available).

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 23/03/2022
Project: Vedlegg A97 - Forsterk...

20/20



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A98 - Forsterkning bjelke Bj.C.307 nr.2 over 2.støtte
ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Beam definition.....	3
2.2. Geometry.....	3
2.3. Concrete.....	4
2.4. Reinforcing steel.....	4
2.5. Strength reduction factors.....	4
2.6. Load factors.....	5
2.7. Exposure conditions.....	5
3. FRP STRENGTH.....	5
3.1. Main FRP reinforcement.....	5
3.2. Lateral FRP reinforcement.....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	6
4.1. Beam loads.....	6
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	8
5.3. Serviceability limit states.....	13
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	15
5.5. Development length.....	15
5.6. FRP arrangement.....	16
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	17
6.1. Bonded Sika CarboDur® plates.....	17

6.1.1. Concrete surface preparation.....	18
6.1.2. Sika CarboDur® plates.....	18
6.1.3. Epoxy Adhesive.....	18
6.1.4. Application procedure.....	19
6.2. Flexible NSM SikaWrap® string.....	20
6.2.1. Concrete surface preparation.....	20
6.2.2. SikaWrap® FX-50C.....	20
6.2.3. Epoxy Adhesive.....	20
6.2.4. Application procedure.....	21
7. LEGAL DISCLAIMER.....	23
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	23

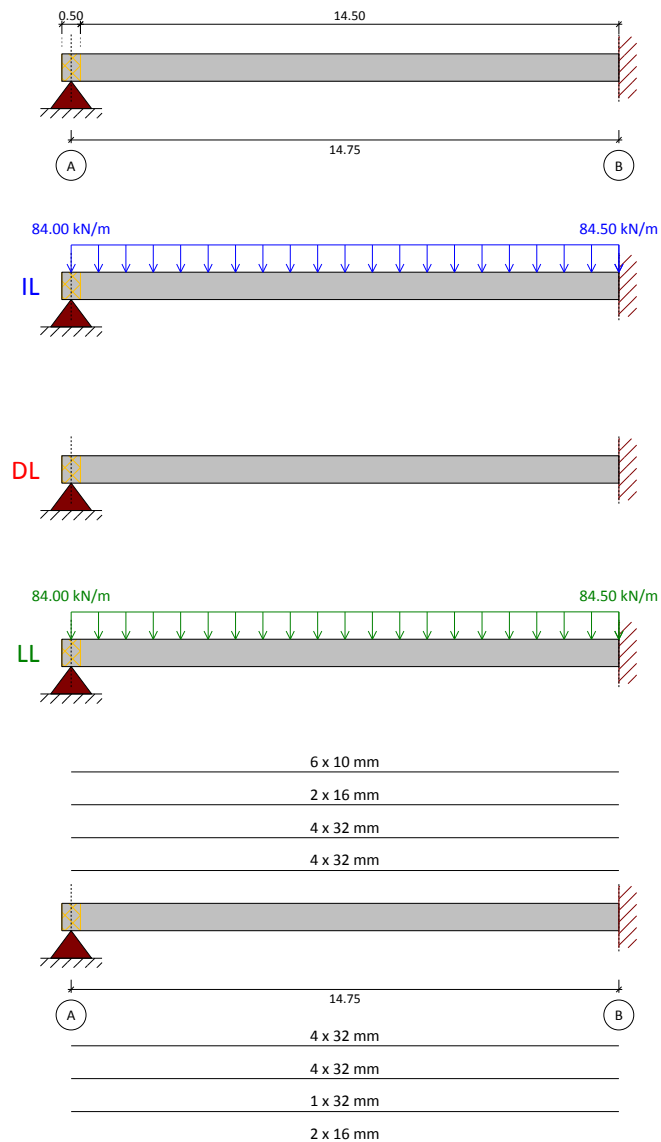
1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Flexural strengthening of beam.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

2.1. Beam definition



2.2. Geometry

Cross section = T-Beam

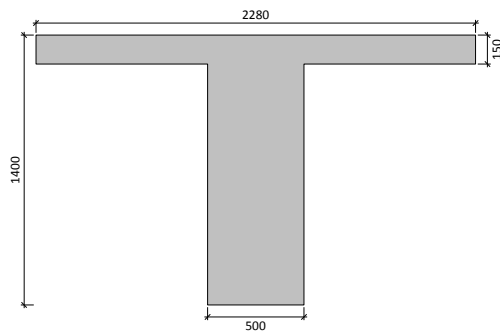
Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Switzerland)
 www.sika.com

Element:
 Editor:
 Remarks:

Date: 23/03/2022
 Project: Vedlegg A98 - Forsterk...



Web width = 500 mm
 Total height = 1400 mm
 Width of flange = 2280 mm
 Height of flange = 150 mm



2.3. Concrete

Compressive strength of concrete
 Concrete strength (f'_c) = 20 MPa
 Cylinder specimen = 20 MPa
 Cube specimen = 25 MPa

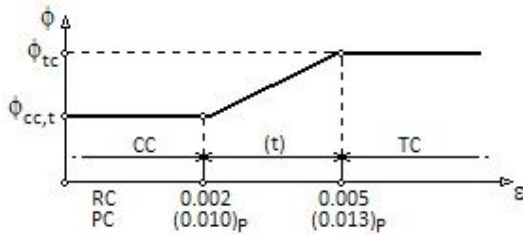
2.4. Reinforcing steel

Reinforcement layers

Top layer	d_2 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	82	(B320) 320	200000	4 x 32.0
2.	128	(B320) 320	200000	4 x 32.0
3.	428	(B320) 320	200000	2 x 16.0
4.	54	(B320) 320	200000	6 x 10.0
Bottom layer	d_1 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	83	(B320) 320	200000	4 x 32.0
2.	140	(B320) 320	200000	4 x 32.0
3.	190	(B320) 320	200000	1 x 32.0
4.	440	(B320) 320	200000	2 x 16.0

2.5. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.6. Load factors

ACI combinations	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	1.00
Expected loads (strengthening design)	1.20	1.60
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

2.7. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

3. FRP STRENGTH

3.1. Main FRP reinforcement

NSM. SikaWrap® C

SikaWrap® FX-50C	Number	E_f (MPa)	Area (mm ²)	ϵ_{fu}	Diameter (mm)
Layer: 1	14	80210.00	78.54	0.0089	10.00

3.2. Lateral FRP reinforcement

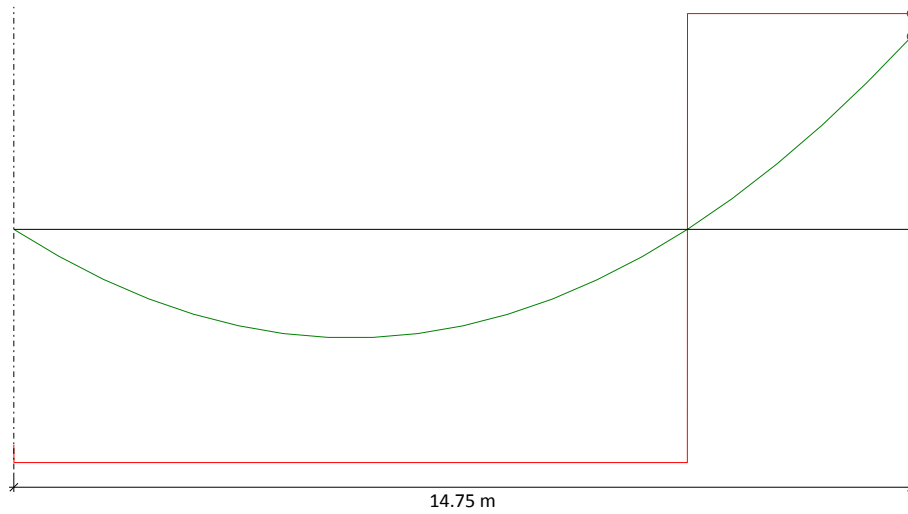
Simply bonded. Sika CarboDur® S

Sika® CarboDur® S1214	Number	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	ϵ_{fu}	Width (mm)
Web	2 x 5	165000.00	1.400	0.0166	120.00
Flange	2 x 2				
Flange	2 x 2				

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

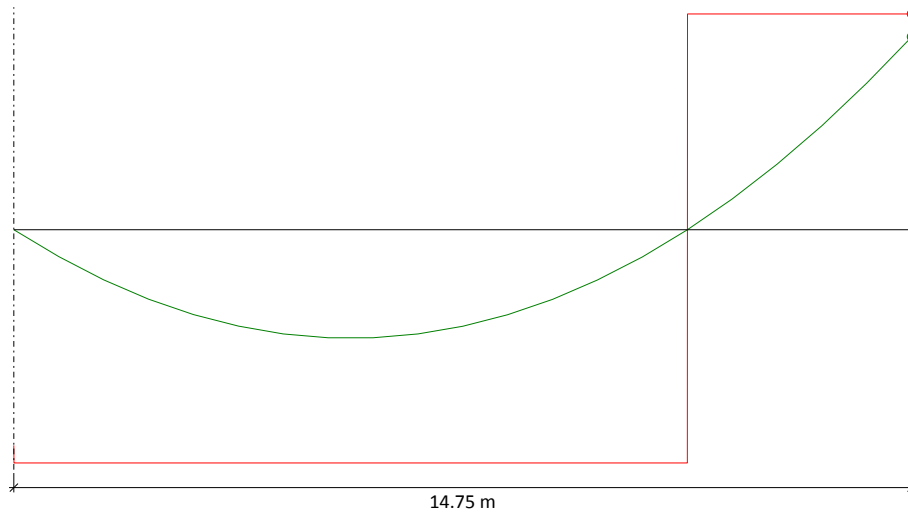
4.1. Beam loads

Initial loads



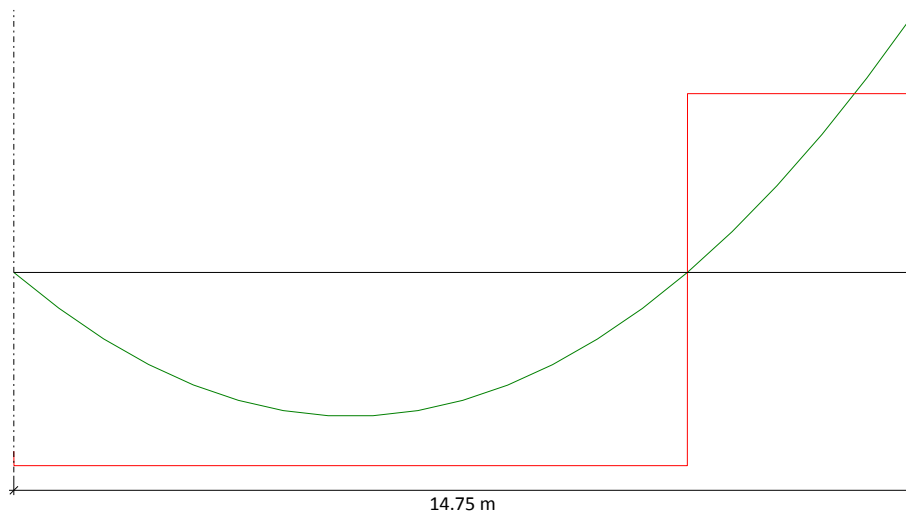
- M_u (Initial loads) = 2289.76 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2560.38 kN·m

Strengthening limits



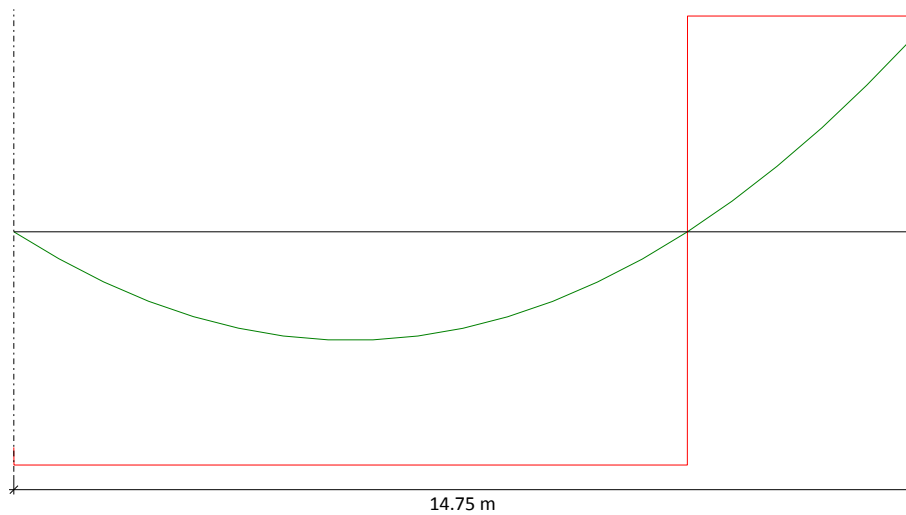
- M_u (Strengthening limits) = 2289.76 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2560.38 kN·m

Anticipated loads



- M_u (Anticipated loads) = 3663.62 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2560.38 kN·m

Fire situation



- M_u (Fire situation) = 2289.76 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2844.87 kN·m

5. RESULTS

5.1. Summary of results

Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.90	2289.76	2844.87	Un-strengthened section $2560.38 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2289.76 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Strengthened section under anticipated loads				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.90	3663.62	4074.98	Strengthened section $3667.48 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 3663.62 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓
Serviceability limit states				
Loading	Service stresses			
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$		$f_{y,s} \leq 0.8 \cdot f_y$	
	10.16 MPa \leq 12.00 MPa ✓		294.29 MPa \leq 256.00 MPa ✗	
Fire resistance (t=0 min.)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	2289.76	2844.87	Un-strengthened section $2844.87 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2289.76 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

5.2. Ultimate limit states

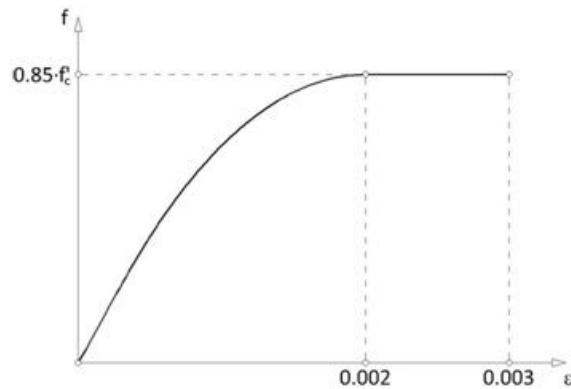
The flexural strength of a section depends on the controlling failure mode. The following flexural failure modes are investigated for the FRP-strengthened section (ACI 440.2R-17, 10.1.1):

- Crushing of the concrete in compression before yielding of the reinforcing steel;
- Yielding of the steel in tension followed by rupture of the FRP laminate;
- Yielding of the steel in tension followed by concrete crushing;
- Shear tension delamination of the concrete cover (cover delamination)
- Debonding of the FRP from the concrete substrate (FRP debonding).

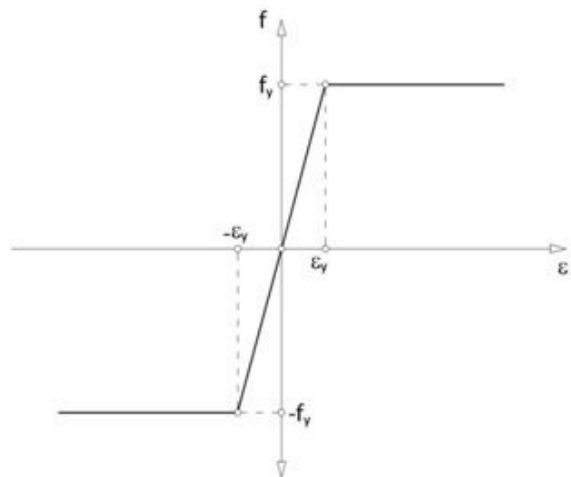
The following assumptions are made in calculating the flexural resistance of a section strengthened with an externally applied FRP system (ACI 440.2R-17, 10.2.1):

- Design calculations are based on the dimensions, internal reinforcing steel arrangement, and material properties of the existing member to be strengthened;
- The strains in the steel reinforcement and concrete are directly proportional to the distance from the neutral axis. That is, a plane section before loading remains plane after loading;
- There is no relative slip between external FRP reinforcement and the concrete;
- The shear deformation within the adhesive layer is neglected because the adhesive layer is very thin with slight variations in its thickness;
- The maximum usable compressive strain in the concrete is 0.003;
- The tensile strength of concrete is neglected; and
- The FRP reinforcement has a linear elastic stress-strain relationship until failure

Stress-strain profile for concrete



Stress-strain profile for reinforcing steel



To prevent such an intermediate crack-induced debonding failure mode, the effective strain in FRP reinforcement must be limited to the strain level at which debonding may occur, ϵ_{fd} , as defined in Eq. (ACI 440.2R-17, Section 10.1):

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{n \cdot E_f \cdot t_f}} \leq 0.9 \cdot \epsilon_{fu}$$

Lateral FRP reinforcement

$\epsilon_{fd} : 0.0038$

For NSM FRP applications, the value of ϵ_{fd} may vary from $0.6 \cdot \epsilon_{fu}$ to $0.9 \cdot \epsilon_{fu}$ depending on many factors. The ACI440-2R-17 recommends the use of:

$$\epsilon_{fd} = 0.7 \cdot \epsilon_{fu}$$

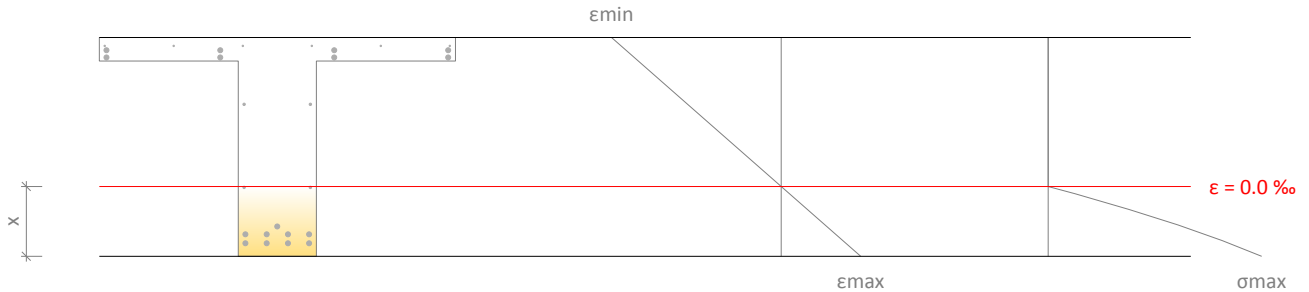
Main FRP reinforcement

$\epsilon_{fd} : 0.0059$

An additional reduction factor for FRP, Ψ_f , is applied to the flexural-strength contribution of the FRP reinforcement. The recommended value of Ψ_f is 0.85.

Force balance of section. Initial loads

$$S_u = S_i = 2289.76 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.73 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -1.56 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 10.16 \text{ MPa}$$

$$x = 446.82 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	618	-285.13	-1.43
No. 32	572	-270.07	-1.35
No. 16	272	-171.89	-0.86
No. 10	646	-294.29	-1.47
No. 32	-617	119.07	0.60
No. 32	-560	100.42	0.50
No. 32	-510	84.05	0.42
No. 16	-260	2.23	0.01

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

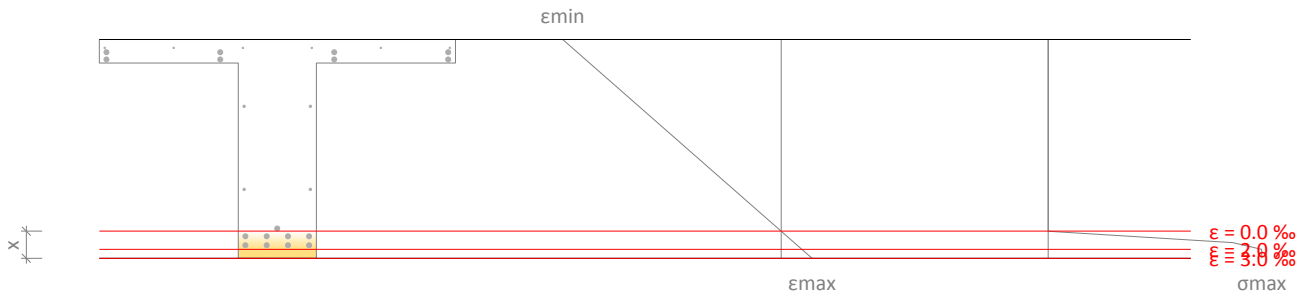
$$2560.38 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2289.76 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{2844.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.99 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -21.13 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 17.00 \text{ MPa}$$

$$x = 173.28 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	618	-320.00	-19.72
No. 32	572	-320.00	-18.93
No. 16	272	-320.00	-13.76
No. 10	646	-320.00	-20.20
No. 32	-617	311.04	1.56
No. 32	-560	114.65	0.57
No. 32	-510	-57.61	-0.29
No. 16	-260	-320.00	-4.59

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

Strengthening limits. Strengthened section and expected loads.

$$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

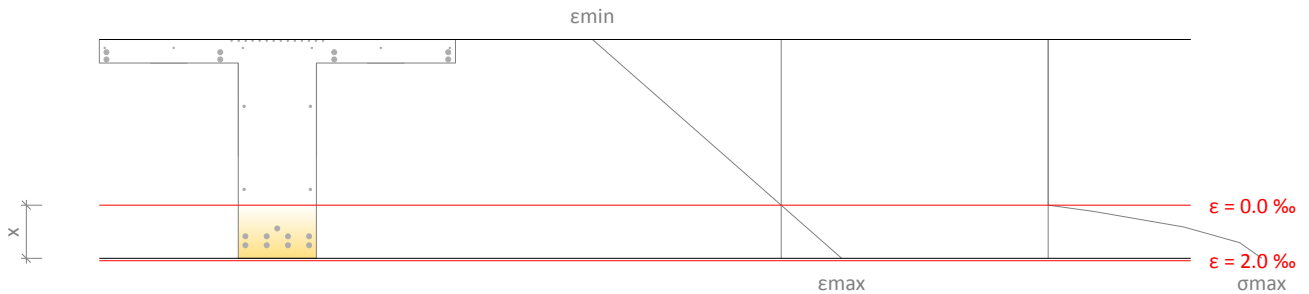
$$3667.48 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 3663.62 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{4074.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 1.91 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -5.96 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 16.97 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 340.13 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 32	618	-320.00	-5.50
No. 32	572	-320.00	-5.24
No. 16	272	-320.00	-3.55
No. 10	646	-320.00	-5.65
No. 32	-617	288.99	1.44
No. 32	-560	224.93	1.12
No. 32	-510	168.74	0.84
No. 16	-260	-112.24	-0.56
FRP	693	-297.69	-4.37
FRP	490	-499.25	-3.56
FRP	370	-432.21	-3.08
FRP	250	-365.18	-2.60
FRP	130	-298.14	-2.13
FRP	10	-231.10	-1.65
FRP	549	-532.38	-3.80

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

5.3. Serviceability limit states

The stress in the steel reinforcement under service loads must be limited to 80% of the yield strength. In addition, the compressive stress in concrete under service loads must be limited to 60% of the compressive strength (ACI 440.2R, 10.2.8).

$$f_{s,s} \leq 0.8 \cdot f_y$$

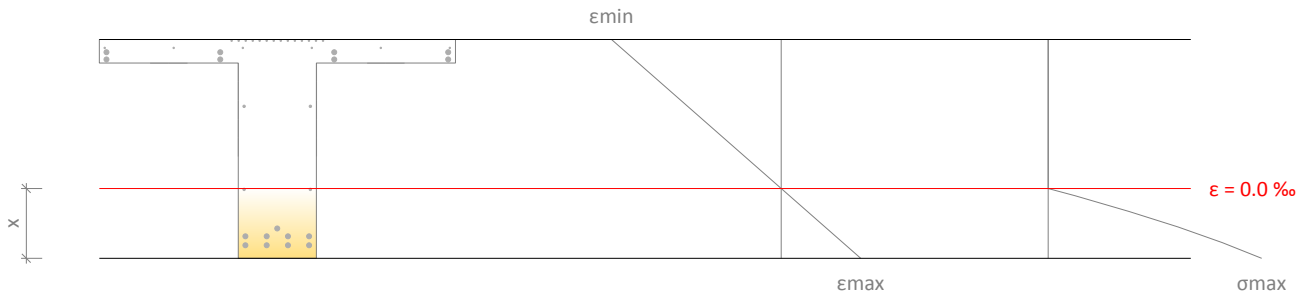
$$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$$

The sustained stress should be limited as expressed by eq.(ACI 440.2R-17, 10.2.9):

$$f_{f,s} \leq 0.55 \cdot f_{tu}$$

Force balance of section under service loads

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.73 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -1.56 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 10.16 \text{ MPa}$$

$$x = 446.82 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	618	-285.13	-1.43
No. 32	572	-270.07	-1.35
No. 16	272	-171.89	-0.86
No. 10	646	-294.29	-1.47
No. 32	-617	119.07	0.60
No. 32	-560	100.42	0.50
No. 32	-510	84.05	0.42
No. 16	-260	2.23	0.01
FRP	693	0.00	0.00
FRP	490	0.00	0.00
FRP	370	0.00	0.00
FRP	250	0.00	0.00
FRP	130	0.00	0.00
FRP	10	0.00	0.00
FRP	549	0.00	0.00

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Strengthening limits. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$2844.87 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2289.76 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{2844.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{1.00}$$

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. Development length

The available anchorage length for the FRP must exceed the value:

FRP main reinforcement

$$l_{db} = \frac{d_b}{4} \cdot \frac{f_{td}}{\tau_b}$$

$$l_{db} : \underline{172.0} \text{ mm}$$

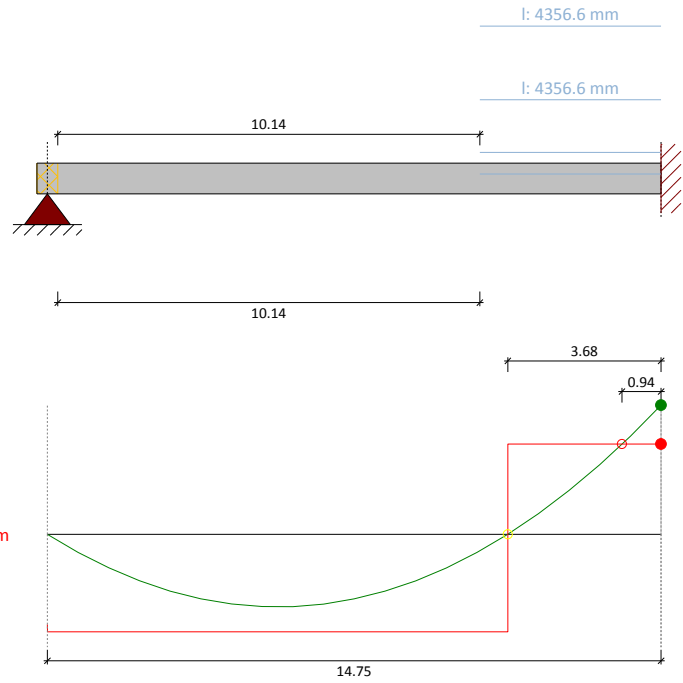
$\tau_b = 1000 \text{ psi}$ (4.9 MPa). Recommended value for calculating the bar development length

Lateral FRP reinforcement

$$l_{df} = \sqrt{\frac{n \cdot E_f \cdot t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

$$l_{df} : \underline{227.3} \text{ mm}$$

FRP reinforcement. Bending scheme: Negative
 FRP main reinforcement (NSM) ldb: 172.0 mm
 14 x SikaWrap® FX-50C
 FRP lateral reinforcement (Simply bonded) ldf: 227.3 mm
 14 x Sika® CarboDur® S1214



5.6. FRP arrangement

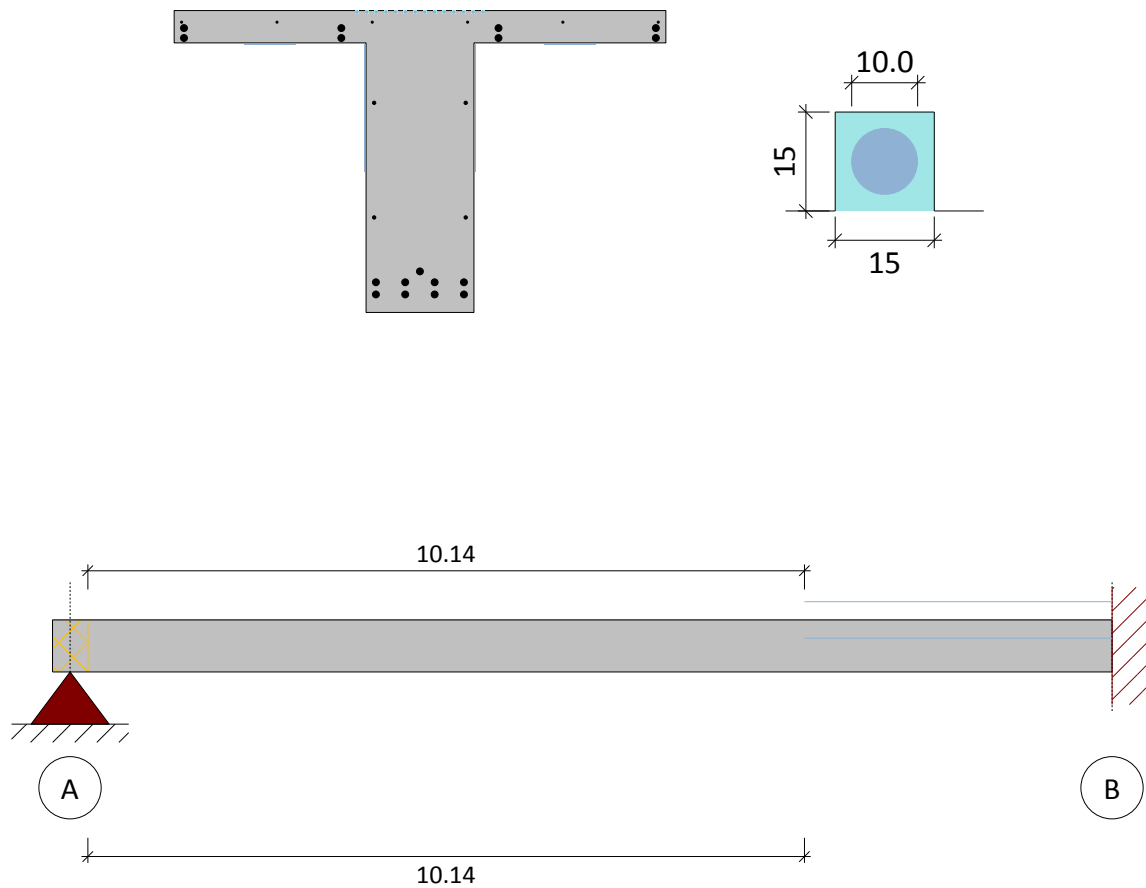
The previous results correspond to the following FRP scheme:

FRP main reinforcement: 14 (SikaWrap® FX-50C)

Minimum clear distance to the edge of reinforced concrete member = 60.0 mm

Minimum clear spacing between consecutive FRP profiles. = 30.0 mm

Lateral FRP reinforcement: Web 2 x 5 + Flange 2 x 2 + Flange 2 x 2 (Sika® CarboDur® S1214)



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded Sika CarboDur® plates

The strengthening shall be achieved using pultruded CarboDur plates reinforced polymer laminate, externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-30.

The material shall be a pultruded, unidirectional CFRP plate, and exhibit a fibre volume content >68%.

The plates shall be straight, flat and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

Test reports regarding reaction of adhesive joint to artificial weathering after 100 days shall be provided.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. Sika CarboDur® plates

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of Sika CarboDur® S plates:

Fibre volume content		> 68%
Glass transition temp.		> 100°C
E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 170000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 3100 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	> 1.7%

6.1.3. Epoxy Adhesive

The material shall be epoxy based, and combine primer, putty and adhesive in one product.

The material shall not release substances dangerous to health, hygiene and the environment.

The material shall be long-term creep resistant proven by independent report.

The material shall meet the requirements of EN 1504-4 as structural bonding product for bonded plate reinforcement.

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-30 adhesive:

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Density (parts A+B mixed) at +23°C	1.65 kg/l + 0.1 kg/l
Slant shear strength at steel:	50° ≥ 50 N/mm ²
	60° ≥ 60 N/mm ²
	70° ≥ 70 N/mm ²
Bond/adhesion strength:	≥ 14 N/mm ²
Shear strength:	≥ 12 N/mm ²
Compressive strength:	≥ 30 N/mm ²
Shrinkage / expansion:	≤ 0.1%
Workability:	85 min. at 23°C
Sensitivity to water	Pass
Modulus of elasticity:	≥ 2000 N/mm ²
Coefficient of thermal expansion:	≤ 100 x 10 ⁻⁶
Glass transition temperature:	≥ 40°C
Durability	Pass

Compliance with FIP requirement

Sag flow	Non sag up to 3 -5 mm in vertical
Squeezability	4000 m ² at +15°C at 15 kg
Volume change	0.04%
Shear strength at 15°C	>14 N/mm ²
Shear strength at 35°C	>26 N/mm ²
E-modulus in compression	9600 N/mm ²
E-modulus in tensile	11200 N/mm ²

6.1.4. Application procedure

The plates shall be cut to length using either a rotary disc cutter or a hacksaw.

The plates shall be cleaned and degreased with Sika® Colma® Cleaner or an Isopropyl alcohol based cleaner.

The adhesive shall be applied to the plates in a way that it is approximately 1 mm thick on the sides and 2 mm thick in the middle of the plate.

A very thin layer of the adhesive shall be applied to the prepared substrate surface to fill any small voids and irregularities.

The plate shall be placed on the prepared area and pressed onto the substrate, first gently by hand and second with a hard rubber roller, until adhesive material is squeezed out on both sides of the plate. The excess material shall be removed.

In case of plate intersections, the surface of the underlying plate shall be cleaned from dirt and grease and an adhesive ramp shall be applied on both sides of the underlying plate so the top plate is connected to the substrate on the entire area.

The freshly bonded system shall not be disturbed for at least 24 hours and any vibrations shall be kept at a minimum during the curing period of the adhesive.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the laminate shall be available).

6.2. Flexible NSM SikaWrap® string

The strengthening shall be achieved using prefabricated carbon fibre strings, encased in a continuous plastic envelope, saturated with epoxy adhesive Sikadur®-300 and bonded with epoxy adhesive Sikadur®-330.

The material used for the carbon fibre string shall be unidirectional carbon fibre.

The fibres shall be free, straight and free of torsion inside the continuous plastic envelope. The bundle will comprise 100% carbon fibres, with no presence of any other additional or auxiliary material or fibre.

6.2.1. Concrete surface preparation

The concrete has to be checked for the depth of reinforcements and care must be taken not to cut through existing reinforcing steel, steel tendons, embedded ducts, or other materials within the substrate.

Grooves are cut with a depth, spacing and width according to the parameters indicated in the calculation report.

The surface must be clean and sound. It may be dry or damp, but free of standing water and frost.

Remove dust, laitance, grease, curing compounds, impregnations, waxes, or other foreign particles, together with any damaged concrete or other bond inhibiting materials from the surface.

In addition, immediately prior to installation, clean the cut groove with high pressure water and remove the excess water with oil-free compressed air.

6.2.2. SikaWrap® FX-50C

The material shall comply with the performance characteristics described as follows:

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	≈ 240000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Strain at break	> 1.6 %

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 2100 N/mm ² (MPa)

6.2.3. Epoxy Adhesive

The adhesive shall be epoxy based.

The filling of the grooves will be done by means of Sikadur®-330.

6.2.3.1. Typical Properties of Sikadur®-330 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.30 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Thermal expansion coefficient	-10°C to +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +10°C	+36°C
	7 days, +23°C	+47°C
	7 days, +35°C	+53°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 days at +23°C)

6.2.3.2. Typical Properties of Sikadur®-300 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.16 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+15°C	≈ 2000 mPas
	+23°C	≈ 700 mPas
	+40°C	≈ 200 mPas
Thermal expansion coefficient	-20°C to +40°C	6.0 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +15°C	+43°C
	7 days, +23°C	+49°C
	3 days, +40°C	+60°C
	7 days, +40°C	+66°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	45 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	2800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	3500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	1.5% (7 days at +23°C)

6.2.4. Application procedure

Stir the adhesive components well in their individual containers. Measure and add the components together, in the correct proportions, in a suitable mixing container, then stir using an electric low speed mixer.

The adhesive pot life begins when the resin and hardener are mixed. It is shorter at high temperatures and longer at low temperatures. Additionally the greater the quantity / volume of material mixed together at one time, the shorter the pot life. To obtain longer workability at high temperatures, the mixed adhesive may subsequently be divided into portions; alternatively another method is to chill the components A and B before mixing them.

After mixing, the adhesive is filled into cartridges for application with the adhesive guns. If metal barrel guns or cartridges are used, such as professional 'sausage' sealant guns, then they must be cleaned immediately after use with Sika Colma Cleaner (or an Isopropanol based cleaner), as any hardened adhesive can only be removed mechanically. As an alternative, disposable single-use plastic cartridges can be used.

After cutting and cleaning of the grooves, the dew point must be measured prior to the system installation to make sure no condensed water impairs the application. The ambient temperature must be at least 3°C above the dew point. The installation should then be performed as follows:

The SikaWrap® FX-50C must be cut to length with special scissors and impregnated with Sikadur®-300 resin on a plastic sheet. The excess resin is squeezed out of the fibres and the connector is fixed with a cable tie every 40 – 50 cm. The fibres will stick together with the help of the resin. Only work in fibre direction during impregnation in order to keep the fibres aligned and untangled.

The Sikadur®-330 adhesive is filled into an empty cartridge / barrel gun and the grooves are filled from the bottom up, with the tip of the nozzle squeezed flat, in order to reach the bottom of the groove.

The grooves are then filled up to 2/3 with Sikadur®-330 adhesive and the fibre connector is placed in the groove. It must be pushed into the adhesive gently and special care has to be taken that the fibres remain undisturbed and aligned in parallel. If a long connector needs to be installed, the impregnated string can be wound on a cardboard cone for transportation and handling.

Within the open time of the epoxy (dependent on the temperature), the CarboDur® rods or plates are pressed into the adhesive in the grooves. If necessary, additional adhesive can be applied to fill the grooves, or any excess adhesive is removed. Do not re-use the excess adhesive.

Strike the surface with a trowel to force out any air and provide a clean installation. For optimum adhesion of any possible additional layers, the adhesive may be broadcast and covered lightly with quartz sand. Any sand must be graded, clean and kiln dried.

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 23/03/2022
Project: Vedlegg A98 - Forsterk...

SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A99 - Forsterkning bjelke Bj.C.307 nr.2 over 3. støtte
ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Beam definition.....	3
2.2. Geometry.....	3
2.3. Concrete.....	4
2.4. Reinforcing steel.....	4
2.5. Strength reduction factors.....	4
2.6. Load factors.....	5
2.7. Exposure conditions.....	5
3. FRP STRENGTH.....	5
3.1. Main FRP reinforcement.....	5
3.2. Lateral FRP reinforcement.....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	6
4.1. Beam loads.....	6
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	8
5.3. Serviceability limit states.....	13
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	15
5.5. Development length.....	15
5.6. FRP arrangement.....	16
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	17
6.1. Bonded Sika CarboDur® plates.....	17

6.1.1. Concrete surface preparation.....	18
6.1.2. Sika CarboDur® plates.....	18
6.1.3. Epoxy Adhesive.....	18
6.1.4. Application procedure.....	19
6.2. Flexible NSM SikaWrap® string.....	20
6.2.1. Concrete surface preparation.....	20
6.2.2. SikaWrap® FX-50C.....	20
6.2.3. Epoxy Adhesive.....	20
6.2.4. Application procedure.....	21
7. LEGAL DISCLAIMER.....	23
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	23

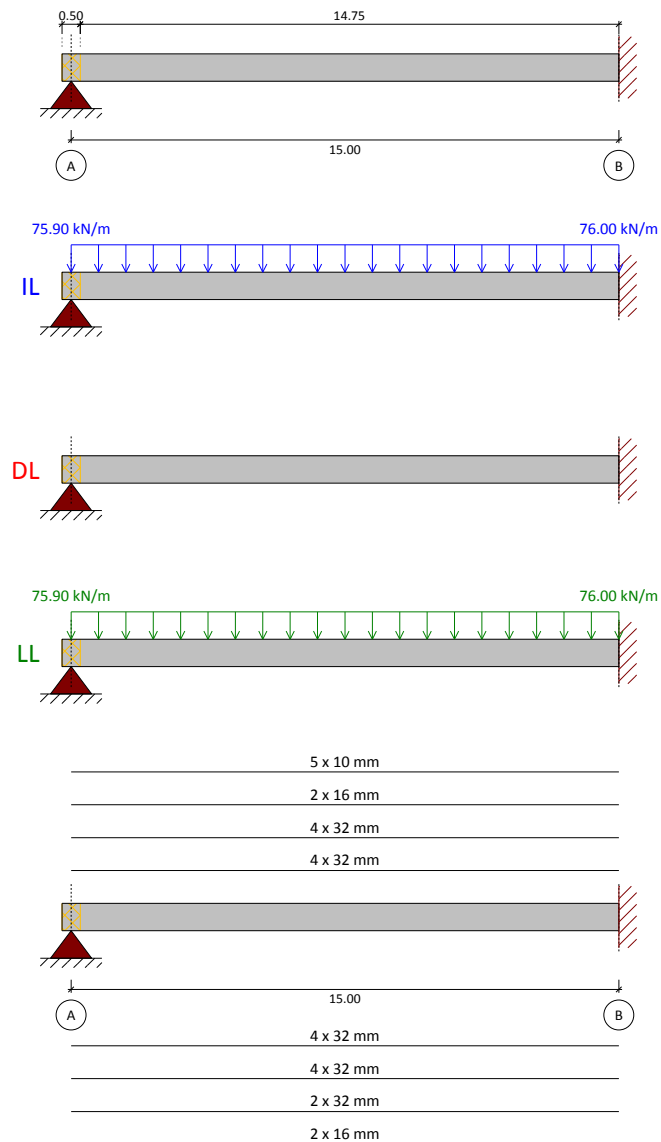
1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Flexural strengthening of beam.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

2.1. Beam definition



2.2. Geometry

Cross section = T-Beam

Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Switzerland)
 www.sika.com

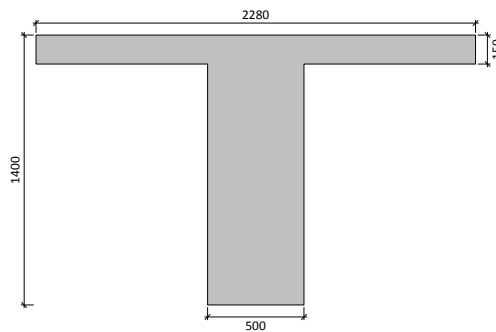
Element:
 Editor:
 Remarks:

Date: 23/03/2022
 Project: Vedlegg A99 - Forsterk...

BUILDING TRUST



Web width = 500 mm
 Total height = 1400 mm
 Width of flange = 2280 mm
 Height of flange = 150 mm



2.3. Concrete

Compressive strength of concrete
 Concrete strength (f'_c) = 20 MPa
 Cylinder specimen = 20 MPa
 Cube specimen = 25 MPa

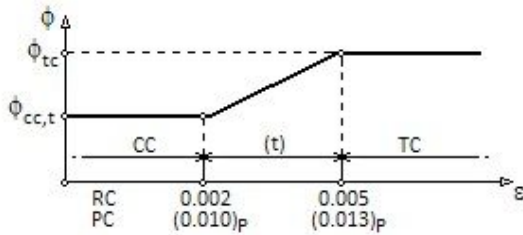
2.4. Reinforcing steel

Reinforcement layers

Top layer	d_2 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	82	(B320) 320	200000	4 x 32.0
2.	128	(B320) 320	200000	4 x 32.0
3.	428	(B320) 320	200000	2 x 16.0
4.	54	(B320) 320	200000	5 x 10.0
Bottom layer	d_1 mm	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
1.	83	(B320) 320	200000	4 x 32.0
2.	140	(B320) 320	200000	4 x 32.0
3.	190	(B320) 320	200000	2 x 32.0
4.	440	(B320) 320	200000	2 x 16.0

2.5. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.6. Load factors

ACI combinations	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	1.00
Expected loads (strengthening design)	1.20	1.60
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

2.7. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

3. FRP STRENGTH

3.1. Main FRP reinforcement

NSM. SikaWrap® C

SikaWrap® FX-50C	Number	E_f (MPa)	Area (mm ²)	ϵ_{fu}	Diameter (mm)
Layer: 1	14	80210.00	78.54	0.0089	10.00

3.2. Lateral FRP reinforcement

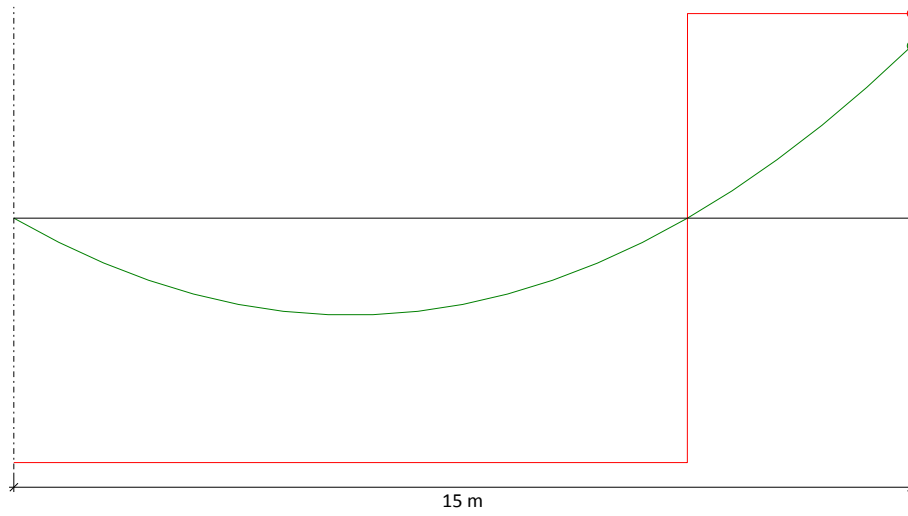
Simply bonded. Sika CarboDur® S

Sika® CarboDur® S1214	Number	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	ϵ_{fu}	Width (mm)
Web	2 x 4	165000.00	1.400	0.0166	120.00
Flange	2 x 1				
Flange	2 x 1				

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

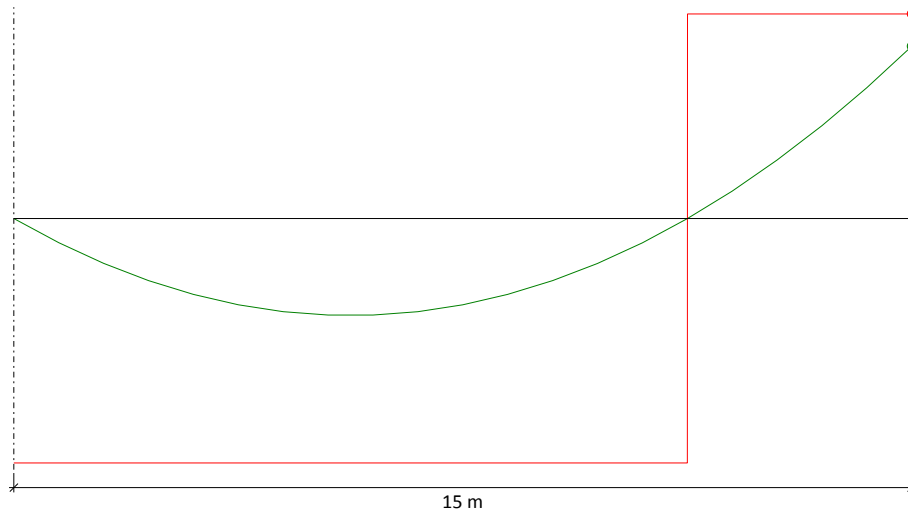
4.1. Beam loads

Initial loads



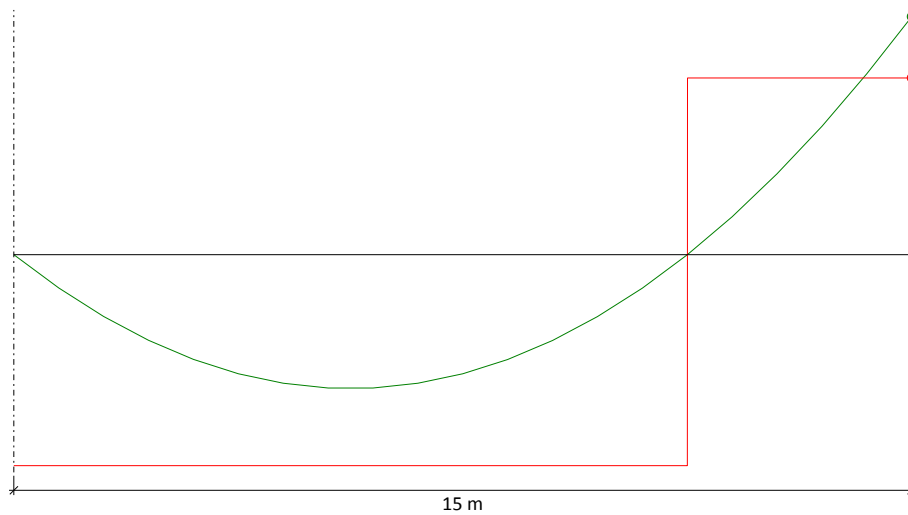
- M_u (Initial loads) = 2134.48 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2535.19 kN·m

Strengthening limits



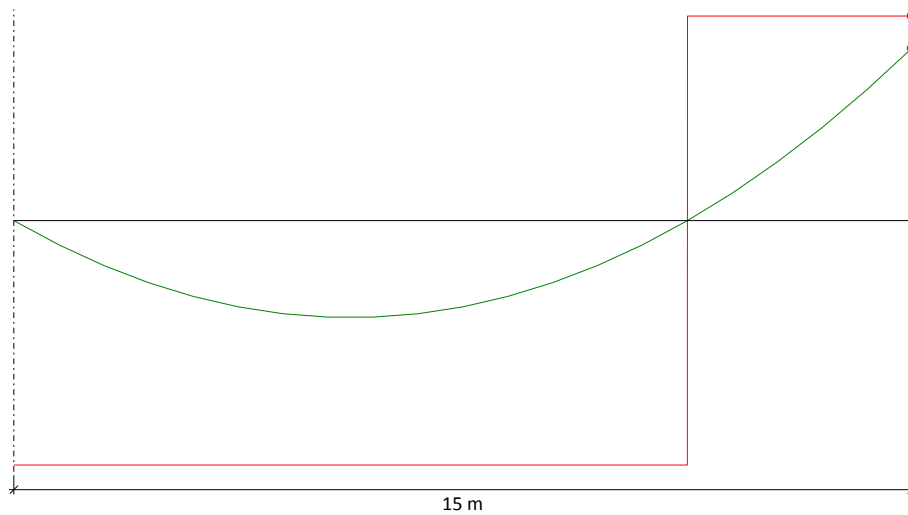
- M_u (Strengthening limits) = 2134.48 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2535.19 kN·m

Anticipated loads



- M_u (Anticipated loads) = 3415.17 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2535.19 kN·m

Fire situation



- M_u (Fire situation) = 2134.48 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened) = 2816.87 kN·m

5. RESULTS

5.1. Summary of results

Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.90	2134.48	2816.87	Un-strengthened section $2535.19 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2134.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

Strengthened section under anticipated loads				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.90	3415.17	3807.35	Strengthened section $3426.62 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 3415.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓
Serviceability limit states				
Loading	Service stresses			
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$		$f_{y,s} \leq 0.8 \cdot f_y$	
	9.44 MPa \leq 12.00 MPa ✓		277.26 MPa \leq 256.00 MPa ✗	
Fire resistance (t=0 min.)				
Loading	ϕ	M_u (kN·m)	M_n (kN·m)	$\phi \cdot M_n \geq M_u$ ($N = N_u$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	2134.48	2816.87	Un-strengthened section $2816.87 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2134.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ✓

5.2. Ultimate limit states

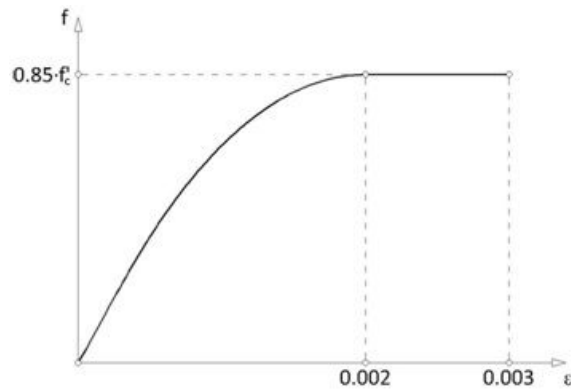
The flexural strength of a section depends on the controlling failure mode. The following flexural failure modes are investigated for the FRP-strengthened section (ACI 440.2R-17, 10.1.1):

- Crushing of the concrete in compression before yielding of the reinforcing steel;
- Yielding of the steel in tension followed by rupture of the FRP laminate;
- Yielding of the steel in tension followed by concrete crushing;
- Shear tension delamination of the concrete cover (cover delamination)
- Debonding of the FRP from the concrete substrate (FRP debonding).

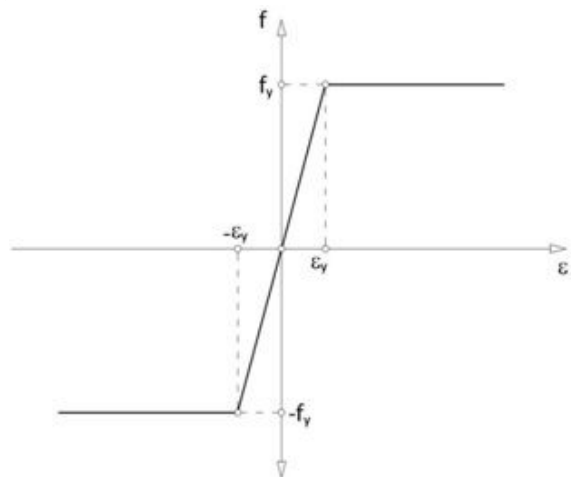
The following assumptions are made in calculating the flexural resistance of a section strengthened with an externally applied FRP system (ACI 440.2R-17, 10.2.1):

- Design calculations are based on the dimensions, internal reinforcing steel arrangement, and material properties of the existing member to be strengthened;
- The strains in the steel reinforcement and concrete are directly proportional to the distance from the neutral axis. That is, a plane section before loading remains plane after loading;
- There is no relative slip between external FRP reinforcement and the concrete;
- The shear deformation within the adhesive layer is neglected because the adhesive layer is very thin with slight variations in its thickness;
- The maximum usable compressive strain in the concrete is 0.003;
- The tensile strength of concrete is neglected; and
- The FRP reinforcement has a linear elastic stress-strain relationship until failure

Stress-strain profile for concrete



Stress-strain profile for reinforcing steel



To prevent such an intermediate crack-induced debonding failure mode, the effective strain in FRP reinforcement must be limited to the strain level at which debonding may occur, ϵ_{fd} , as defined in Eq. (ACI 440.2R-17, Section 10.1):

$$\epsilon_{fd} = 0.41 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{n \cdot E_f \cdot t_f}} \leq 0.9 \cdot \epsilon_{fu}$$

Lateral FRP reinforcement

$\epsilon_{fd} : 0.0038$

For NSM FRP applications, the value of ϵ_{fd} may vary from $0.6 \cdot \epsilon_{fu}$ to $0.9 \cdot \epsilon_{fu}$ depending on many factors. The ACI440-2R-17 recommends the use of:

$$\epsilon_{fd} = 0.7 \cdot \epsilon_{fu}$$

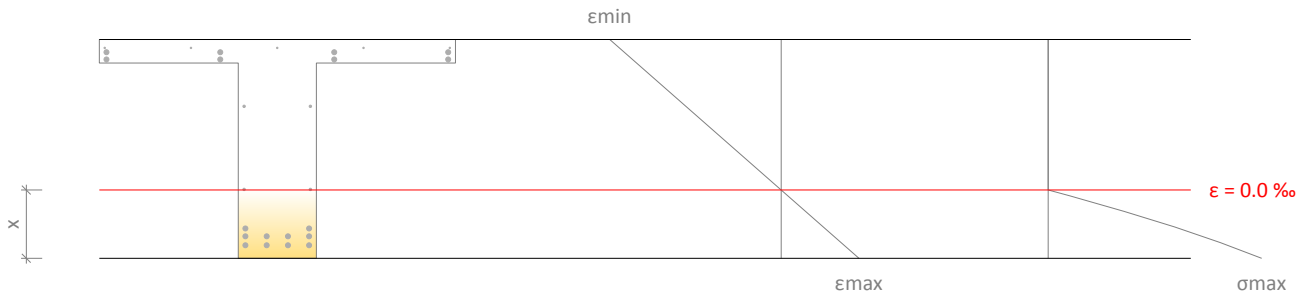
Main FRP reinforcement

$\epsilon_{fd} : 0.0059$

An additional reduction factor for FRP, Ψ_f , is applied to the flexural-strength contribution of the FRP reinforcement. The recommended value of Ψ_f is 0.85.

Force balance of section. Initial loads

$$S_u = S_i = 2134.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.67 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -1.47 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 9.44 \text{ MPa}$$

$$x = 436.83 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	618	-268.73	-1.34
No. 32	572	-254.70	-1.27
No. 16	272	-163.21	-0.82
No. 10	646	-277.26	-1.39
No. 32	-617	107.91	0.54
No. 32	-560	90.52	0.45
No. 32	-510	75.27	0.38
No. 16	-260	-0.97	0.00

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

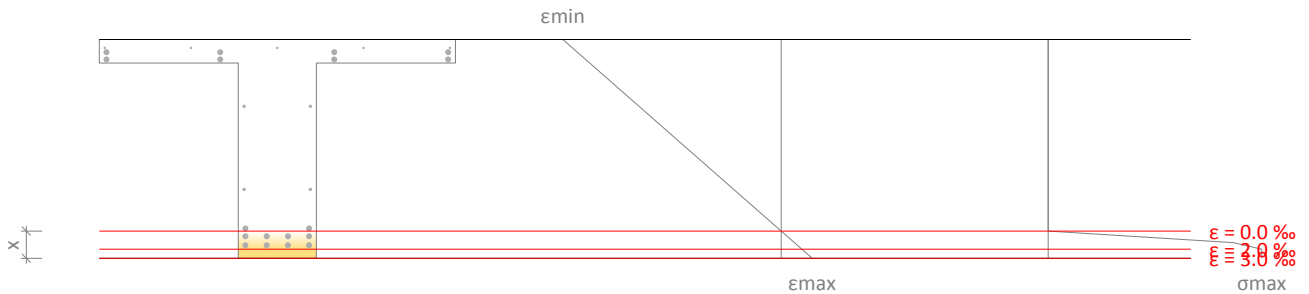
$$2535.19 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2134.48 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{2816.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.99 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -21.02 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 17.00 \text{ MPa}$$

$$x = 174.07 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	618	-320.00	-19.62
No. 32	572	-320.00	-18.83
No. 16	272	-320.00	-13.68
No. 10	646	-320.00	-20.10
No. 32	-617	312.33	1.56
No. 32	-560	116.84	0.58
No. 32	-510	-54.64	-0.27
No. 16	-260	-320.00	-4.56

**: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).*

Strengthening limits. Strengthened section and expected loads.

$$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

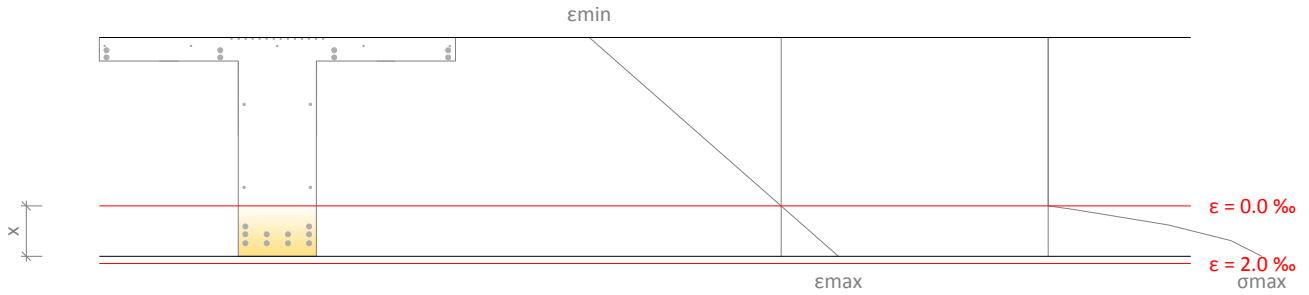
$$3426.62 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 3415.17 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{3807.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{0.90}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 1.75 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -5.85 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 16.73 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 322.19 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 32	618	-320.00	-5.41
No. 32	572	-320.00	-5.16
No. 16	272	-320.00	-3.53
No. 10	646	-320.00	-5.56
No. 32	-617	259.79	1.30
No. 32	-560	197.88	0.99
No. 32	-510	143.57	0.72
No. 16	-260	-127.96	-0.64
FRP	693	-296.93	-4.36
FRP	490	-499.89	-3.56
FRP	370	-434.16	-3.10
FRP	250	-368.42	-2.63
FRP	130	-302.69	-2.16
FRP	549	-532.38	-3.80

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

5.3. Serviceability limit states

The stress in the steel reinforcement under service loads must be limited to 80% of the yield strength. In addition, the compressive stress in concrete under service loads must be limited to 60% of the compressive strength (ACI 440.2R, 10.2.8).

$$f_{s,s} \leq 0.8 \cdot f_y$$

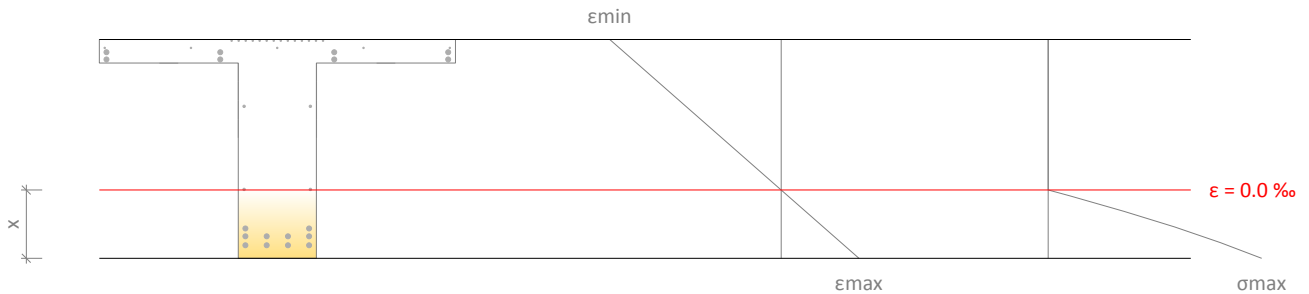
$$f_{c,s} \leq 0.6 \cdot f'_c$$

The sustained stress should be limited as expressed by eq.(ACI 440.2R-17, 10.2.9):

$$f_{f,s} \leq 0.55 \cdot f_{tu}$$

Force balance of section under service loads

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 0.67 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = -1.47 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 9.44 \text{ MPa}$$

$$x = 436.83 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement			
Ref.	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 32	618	-268.73	-1.34
No. 32	572	-254.70	-1.27
No. 16	272	-163.21	-0.82
No. 10	646	-277.26	-1.39
No. 32	-617	107.91	0.54
No. 32	-560	90.52	0.45
No. 32	-510	75.27	0.38
No. 16	-260	-0.97	0.00
FRP	693	0.00	0.00
FRP	490	0.00	0.00
FRP	370	0.00	0.00
FRP	250	0.00	0.00
FRP	130	0.00	0.00
FRP	549	0.00	0.00

*: Stress in FRP is affected by additional reduction factor ($\Psi_f = 0.85$).

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Strengthening limits. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

Nominal moment

$$M_n : \underline{2816.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Strength reduction factor

$$\phi : \underline{1.00}$$

$$2816.87 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq 2134.48 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. Development length

The available anchorage length for the FRP must exceed the value:

FRP main reinforcement

$$l_{db} = \frac{d_b}{4 \cdot \tau_b} \cdot f_{td}$$

$$l_{db} : \underline{172.0} \text{ mm}$$

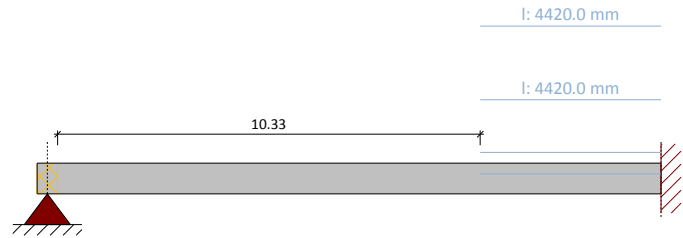
$\tau_b = 1000 \text{ psi (4.9 MPa)}$. Recommended value for calculating the bar development length

Lateral FRP reinforcement

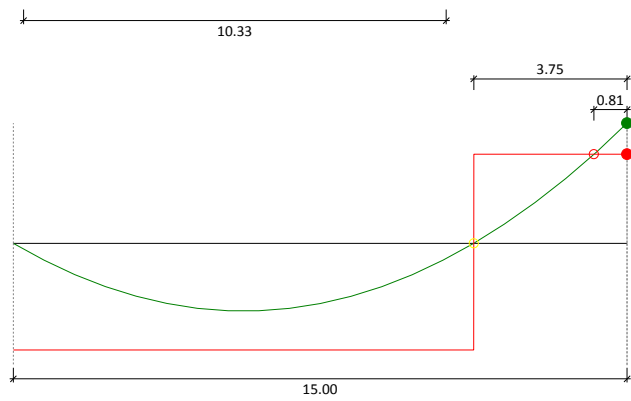
$$l_{df} = \sqrt{\frac{n \cdot E_f \cdot t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

$$l_{df} : \underline{227.3} \text{ mm}$$

FRP reinforcement. Bending scheme: Negative
 FRP main reinforcement (NSM) ldb: 172.0 mm
 14 x SikaWrap® FX-50C
 FRP lateral reinforcement (Simply bonded) ldf: 227.3 mm
 10 x Sika® CarboDur® S1214



- $\phi \cdot M_n$ (Un-strengthened section) = 2535.19 kN·m
- M_u (Anticipated loads) = 3415.17 kN·m
- $\phi \cdot M_n$ (Strengthened section) = 3426.62 kN·m



5.6. FRP arrangement

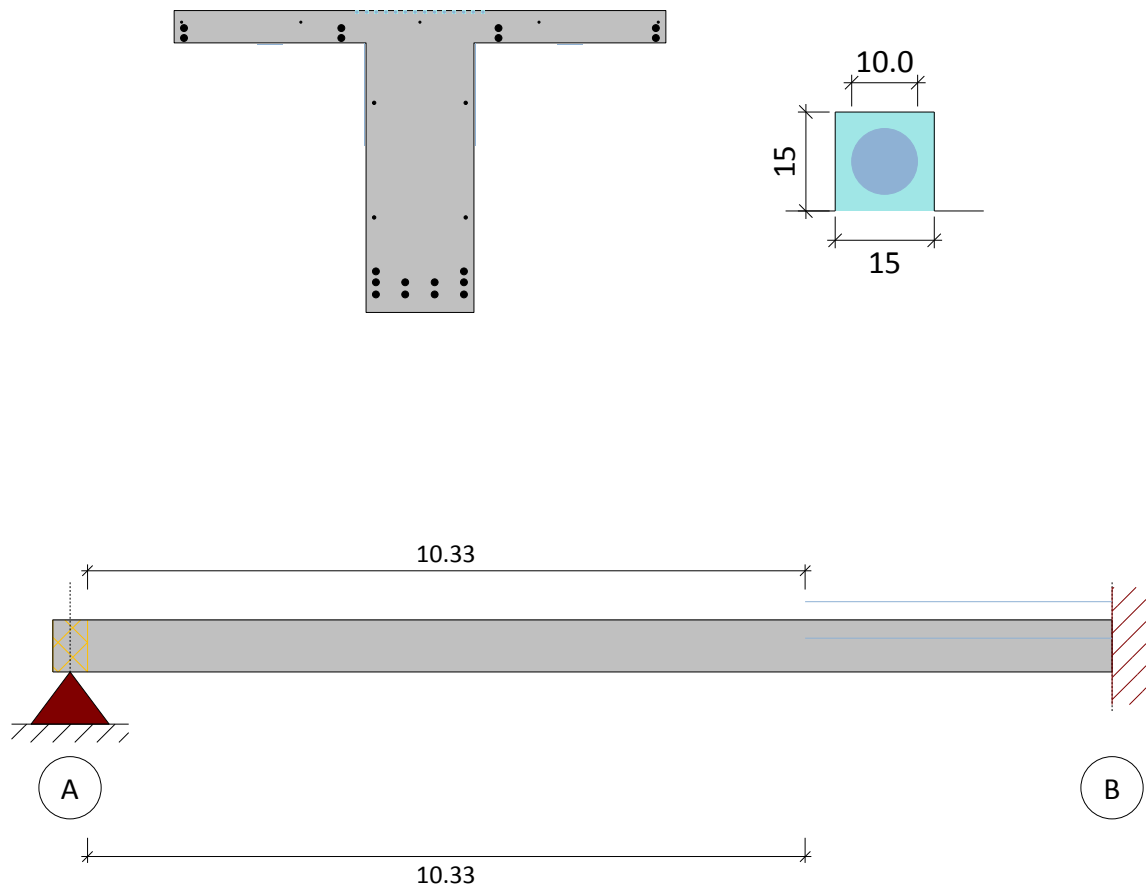
The previous results correspond to the following FRP scheme:

FRP main reinforcement: 14 (SikaWrap® FX-50C)

Minimum clear distance to the edge of reinforced concrete member = 60.0 mm

Minimum clear spacing between consecutive FRP profiles. = 30.0 mm

Lateral FRP reinforcement: Web 2 x 4 + Flange 2 x 1 + Flange 2 x 1 (Sika® CarboDur® S1214)



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded Sika CarboDur® plates

The strengthening shall be achieved using pultruded CarboDur plates reinforced polymer laminate, externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-30.

The material shall be a pultruded, unidirectional CFRP plate, and exhibit a fibre volume content >68%.

The plates shall be straight, flat and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

Test reports regarding reaction of adhesive joint to artificial weathering after 100 days shall be provided.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. Sika CarboDur® plates

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of Sika CarboDur® S plates:

Fibre volume content		> 68%
Glass transition temp.		> 100°C
E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 170000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 3100 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	> 1.7%

6.1.3. Epoxy Adhesive

The material shall be epoxy based, and combine primer, putty and adhesive in one product.

The material shall not release substances dangerous to health, hygiene and the environment.

The material shall be long-term creep resistant proven by independent report.

The material shall meet the requirements of EN 1504-4 as structural bonding product for bonded plate reinforcement.

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-30 adhesive:

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Density (parts A+B mixed) at +23°C	1.65 kg/l + 0.1 kg/l
Slant shear strength at steel:	50° ≥ 50 N/mm ²
	60° ≥ 60 N/mm ²
	70° ≥ 70 N/mm ²
Bond/adhesion strength:	≥ 14 N/mm ²
Shear strength:	≥ 12 N/mm ²
Compressive strength:	≥ 30 N/mm ²
Shrinkage / expansion:	≤ 0.1%
Workability:	85 min. at 23°C
Sensitivity to water	Pass
Modulus of elasticity:	≥ 2000 N/mm ²
Coefficient of thermal expansion:	≤ 100 x 10 ⁻⁶
Glass transition temperature:	≥ 40°C
Durability	Pass

Compliance with FIP requirement

Sag flow	Non sag up to 3 -5 mm in vertical
Squeezability	4000 m ² at +15°C at 15 kg
Volume change	0.04%
Shear strength at 15°C	>14 N/mm ²
Shear strength at 35°C	>26 N/mm ²
E-modulus in compression	9600 N/mm ²
E-modulus in tensile	11200 N/mm ²

6.1.4. Application procedure

The plates shall be cut to length using either a rotary disc cutter or a hacksaw.

The plates shall be cleaned and degreased with Sika® Colma® Cleaner or an Isopropyl alcohol based cleaner.

The adhesive shall be applied to the plates in a way that it is approximately 1 mm thick on the sides and 2 mm thick in the middle of the plate.

A very thin layer of the adhesive shall be applied to the prepared substrate surface to fill any small voids and irregularities.

The plate shall be placed on the prepared area and pressed onto the substrate, first gently by hand and second with a hard rubber roller, until adhesive material is squeezed out on both sides of the plate. The excess material shall be removed.

In case of plate intersections, the surface of the underlying plate shall be cleaned from dirt and grease and an adhesive ramp shall be applied on both sides of the underlying plate so the top plate is connected to the substrate on the entire area.

The freshly bonded system shall not be disturbed for at least 24 hours and any vibrations shall be kept at a minimum during the curing period of the adhesive.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the laminate shall be available).

6.2. Flexible NSM SikaWrap® string

The strengthening shall be achieved using prefabricated carbon fibre strings, encased in a continuous plastic envelope, saturated with epoxy adhesive Sikadur®-300 and bonded with epoxy adhesive Sikadur®-330.

The material used for the carbon fibre string shall be unidirectional carbon fibre.

The fibres shall be free, straight and free of torsion inside the continuous plastic envelope. The bundle will comprise 100% carbon fibres, with no presence of any other additional or auxiliary material or fibre.

6.2.1. Concrete surface preparation

The concrete has to be checked for the depth of reinforcements and care must be taken not to cut through existing reinforcing steel, steel tendons, embedded ducts, or other materials within the substrate.

Grooves are cut with a depth, spacing and width according to the parameters indicated in the calculation report.

The surface must be clean and sound. It may be dry or damp, but free of standing water and frost.

Remove dust, laitance, grease, curing compounds, impregnations, waxes, or other foreign particles, together with any damaged concrete or other bond inhibiting materials from the surface.

In addition, immediately prior to installation, clean the cut groove with high pressure water and remove the excess water with oil-free compressed air.

6.2.2. SikaWrap® FX-50C

The material shall comply with the performance characteristics described as follows:

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	≈ 240000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Strain at break	> 1.6 %

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 2100 N/mm ² (MPa)

6.2.3. Epoxy Adhesive

The adhesive shall be epoxy based.

The filling of the grooves will be done by means of Sikadur®-330.

6.2.3.1. Typical Properties of Sikadur®-330 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.30 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Thermal expansion coefficient	-10°C to +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +10°C	+36°C
	7 days, +23°C	+47°C
	7 days, +35°C	+53°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 days at +23°C)

6.2.3.2. Typical Properties of Sikadur®-300 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.16 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+15°C	≈ 2000 mPas
	+23°C	≈ 700 mPas
	+40°C	≈ 200 mPas
Thermal expansion coefficient	-20°C to +40°C	6.0 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +15°C	+43°C
	7 days, +23°C	+49°C
	3 days, +40°C	+60°C
	7 days, +40°C	+66°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	45 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	2800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	3500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	1.5% (7 days at +23°C)

6.2.4. Application procedure

Stir the adhesive components well in their individual containers. Measure and add the components together, in the correct proportions, in a suitable mixing container, then stir using an electric low speed mixer.

The adhesive pot life begins when the resin and hardener are mixed. It is shorter at high temperatures and longer at low temperatures. Additionally the greater the quantity / volume of material mixed together at one time, the shorter the pot life. To obtain longer workability at high temperatures, the mixed adhesive may subsequently be divided into portions; alternatively another method is to chill the components A and B before mixing them.

After mixing, the adhesive is filled into cartridges for application with the adhesive guns. If metal barrel guns or cartridges are used, such as professional 'sausage' sealant guns, then they must be cleaned immediately after use with Sika Colma Cleaner (or an Isopropanol based cleaner), as any hardened adhesive can only be removed mechanically. As an alternative, disposable single-use plastic cartridges can be used.

After cutting and cleaning of the grooves, the dew point must be measured prior to the system installation to make sure no condensed water impairs the application. The ambient temperature must be at least 3°C above the dew point. The installation should then be performed as follows:

The SikaWrap® FX-50C must be cut to length with special scissors and impregnated with Sikadur®-300 resin on a plastic sheet. The excess resin is squeezed out of the fibres and the connector is fixed with a cable tie every 40 – 50 cm. The fibres will stick together with the help of the resin. Only work in fibre direction during impregnation in order to keep the fibres aligned and untangled.

The Sikadur®-330 adhesive is filled into an empty cartridge / barrel gun and the grooves are filled from the bottom up, with the tip of the nozzle squeezed flat, in order to reach the bottom of the groove.

The grooves are then filled up to 2/3 with Sikadur®-330 adhesive and the fibre connector is placed in the groove. It must be pushed into the adhesive gently and special care has to be taken that the fibres remain undisturbed and aligned in parallel. If a long connector needs to be installed, the impregnated string can be wound on a cardboard cone for transportation and handling.

Within the open time of the epoxy (dependent on the temperature), the CarboDur® rods or plates are pressed into the adhesive in the grooves. If necessary, additional adhesive can be applied to fill the grooves, or any excess adhesive is removed. Do not re-use the excess adhesive.

Strike the surface with a trowel to force out any air and provide a clean installation. For optimum adhesion of any possible additional layers, the adhesive may be broadcast and covered lightly with quartz sand. Any sand must be graded, clean and kiln dried.

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 23/03/2022
Project: Vedlegg A99 - Forsterk...

SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A100 - Forsterkning søyle S.C.315

ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Geometry.....	3
2.2. Concrete.....	3
2.3. Reinforcing steel.....	3
2.4. Strength reduction factors.....	4
2.5. Load factors.....	4
2.6. Exposure conditions.....	4
3. FRP-CONFINEMENT STRENGTH.....	4
3.1. Properties of FRP reinforcement.....	4
3.2. Stress-strain diagram (un-confined and FRP-confined concrete).....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	6
4.1. Expected loads (strengthening design).....	6
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	7
5.3. Serviceability limit states.....	9
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	10
5.5. FRP arrangement.....	12
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	12
6.1. Bonded SikaWrap® fabrics.....	12
6.1.1. Concrete surface preparation.....	13
6.1.2. SikaWrap® fabrics.....	13

6.1.3. Epoxy Adhesive.....	13
6.1.4. Application procedure.....	14
7. LEGAL DISCLAIMER.....	15
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	15

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Column strengthening by means of FRP confinement.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

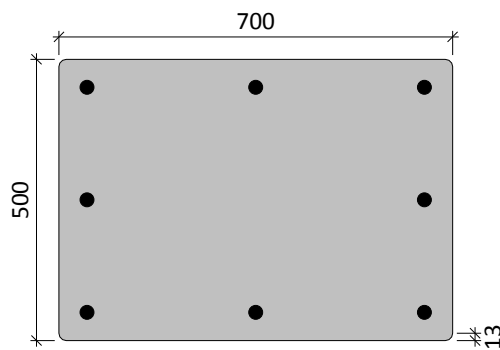
2.1. Geometry

Cross section = Rectangular (rounded)

Width (b) = 700 mm

Height (h) = 500 mm

Radius (r) = 13 mm



2.2. Concrete

Compressive strength of concrete

Concrete strength (f'_c) = 16 MPa

Cylinder specimen = 16 MPa

Cube specimen = 20 MPa

2.3. Reinforcing steel

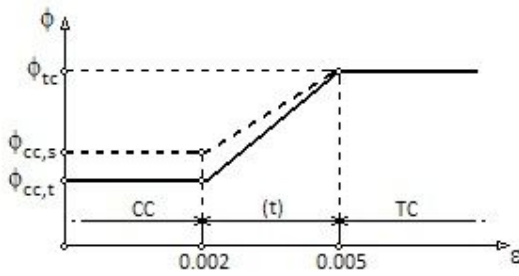
Cover X = 50 mm

Cover Y = 50 mm

Reinforcement	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
Corner	(B320) 320	200000	4 x 25
Face X	(B320) 320	200000	2 x 25
Face Y	(B320) 320	200000	2 x 25

2.4. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{cc,s} = 0.75$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.5. Load factors

User values	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	0.75
Expected loads (strengthening design)	1.00	1.40
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

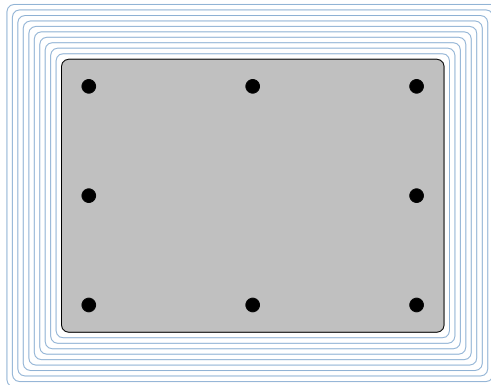
2.6. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

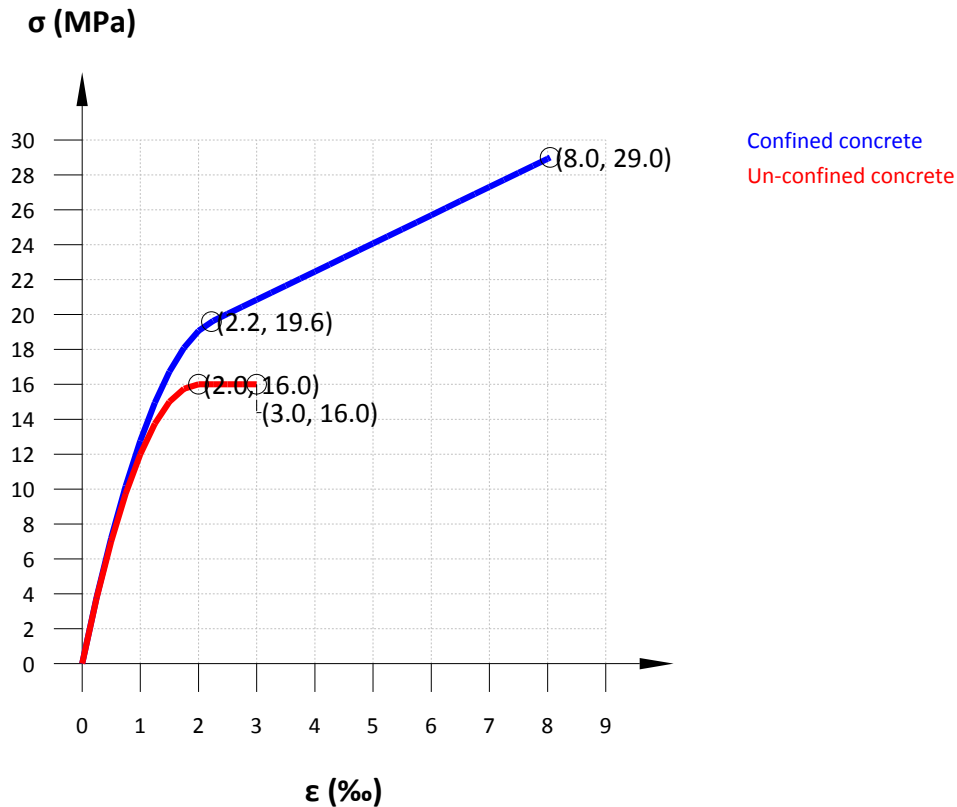
3. FRP-CONFINEMENT STRENGTH

3.1. Properties of FRP reinforcement



Laminate	ε_{fu}^*	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	Number n	Width (mm)
SikaWrap® 231C - 30 cm	0.0156	225000.00	0.129	10	300.00

3.2. Stress-strain diagram (un-confined and FRP-confined concrete)



Un-confined concrete*

$$f_c = \begin{cases} f'_c \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_c} \right)^2 \right] & 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_c \\ f'_c & \epsilon'_c \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu} \end{cases}$$

$$\epsilon'_c : \underline{0.0020}$$

$$\epsilon_{cu} : \underline{0.0030}$$

The stress-strain model adopted for FRP-confined concrete is computed using the following expressions (ACI 440.2R-17, 12.1)*

$$f_c = \begin{cases} E_c \cdot \epsilon_c - \frac{(E_c - E_2)^2}{4 \cdot f'_c} \cdot \epsilon_c^2 & 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_t \\ f'_c + E_2 \cdot \epsilon_c & \epsilon'_t \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ccu} \end{cases}$$

$$E_2 = \frac{f'_{cc} - f'_c}{\epsilon_{ccu}}$$

$$E_2 : \underline{1615.23} \text{ MPa}$$

$$\epsilon'_t = \frac{2 \cdot f'_c}{E_c - E_2}$$

$$\epsilon'_t : \underline{0.0022}$$

*The strength of the unconfined member, and the strength of the confined member for the design stress-strain model, are respectively $0.85 \cdot f'_c$ and $0.85 \cdot f'_{cc}$.

Maximum compressive strength for the confined concrete

$$f'_{cc} = f'_c + \psi_F \cdot 3 \cdot \kappa_a \cdot f_i$$

$$f'_{cc} : \underline{29.00} \text{ MPa}$$

Maximum confinement pressure

$$f_i = \frac{2 \cdot E_f \cdot n \cdot t_f \cdot \epsilon_{fe}}{D}$$

$$f_i : \underline{5.50} \text{ MPa}$$

Effective strain level in FRP at failure

$$\epsilon_{fe} = \kappa_e \cdot \epsilon_{fu}$$

$$\epsilon_{fe} : \underline{0.0082}$$

Maximum compressive strain in the FRP-confined concrete

$$\epsilon_{ccu} = \epsilon'_c \cdot \left(1.50 + 12 \cdot \kappa_b \cdot \frac{f_i}{f'_c} \cdot \left(\frac{\epsilon_{fe}}{\epsilon'_c} \right)^{0.45} \right) \leq 0.01$$

$$\epsilon_{ccu} : \underline{0.0080}$$

$$f_i/f'_c : \underline{0.34}$$

A strain efficiency factor κ_e of 0.55 and a minimum confinement ratio f_i/f'_c of 0.08 must be used ✔

ϵ_{fu}^*	f_{fu}^* (MPa)	C_E	ϵ_{fu}	f_{fu} (MPa)	E_f (MPa)	κ_e	ϵ'_c	E_c (MPa)	n	t_f (mm)	D (mm)	A_e/A_c	κ_a	κ_b	ψ_F
0.0156	3510.00	0.95	0.0148	3334.50	225000.00	0.55	0.0020	16000.00	10	0.129	860.23	0.38	0.75	0.32	0.95

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

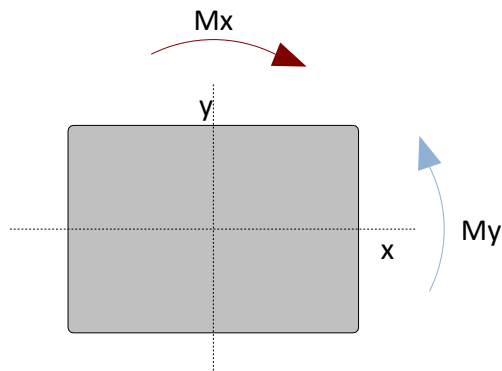
4.1. Expected loads (strengthening design)

Dead loads

$$P_{DL} = 0.00 \text{ kN}, M_{DL,x} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{DL,y} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Live loads

$$P_{LL} = 2288.00 \text{ kN}, M_{LL,x} = 147.00 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{LL,y} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



The live load acting on the member is not expected to be present for a sustained period of time

5. RESULTS

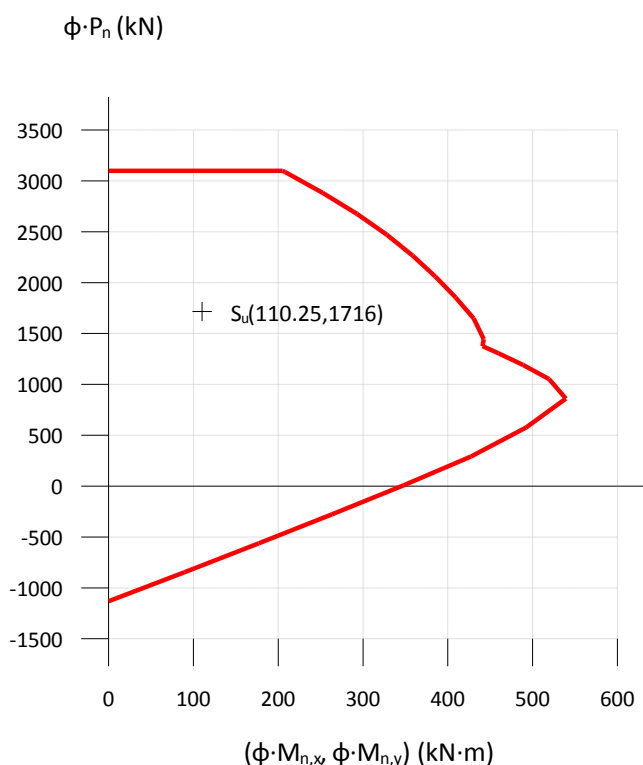
5.1. Summary of results

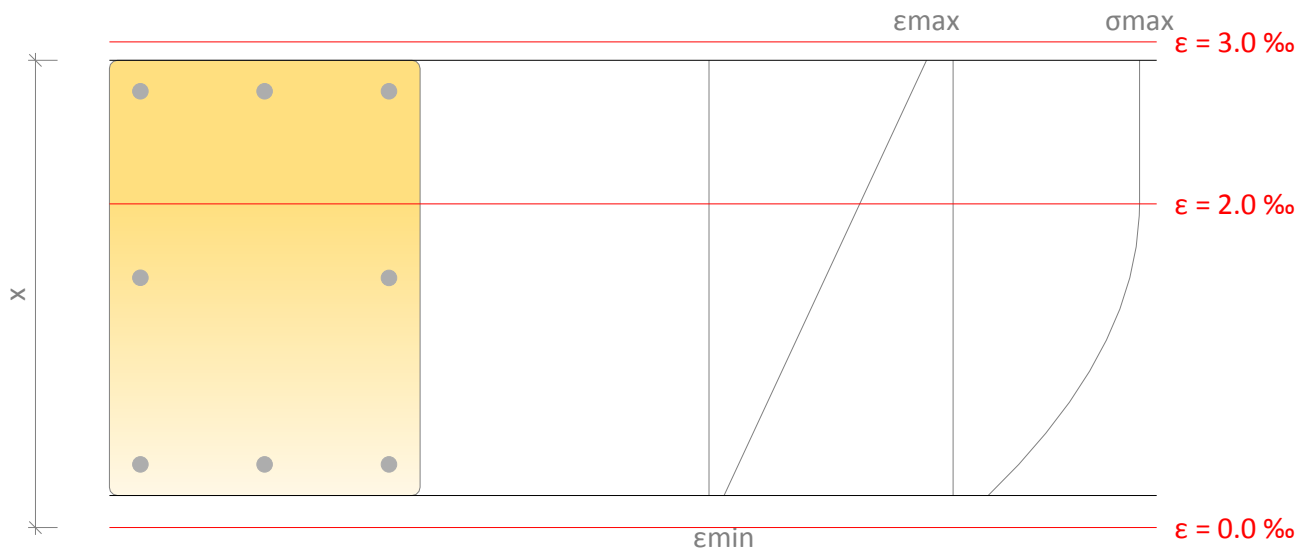
Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.65	1716.00	110.25	0.00	Un-strengthened section ✓
Strengthened section under anticipated loads					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.40 \cdot S_{LL}$	0.65	3203.20	205.80	0.00	Strengthened section ✓
Serviceability limit states					
Loading	Service stresses		$\sigma_{c,Max} \leq 0.65 \cdot f'_c$	$\sigma_{y,Max} \leq 0.60 \cdot f_y$	
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$\sigma_{c,Max} = 8.12$ MPa	$\sigma_{y,Max} = 131.97$ MPa	8.12 MPa \leq 10.40 MPa ✓	131.97 MPa \leq 192.00 MPa ✓	
Fire resistance (t=0 min.)					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	2288.00	147.00	0.00	Un-strengthened section ✓

5.2. Ultimate limit states

Force balance of section. Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$$





Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.89 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = 0.20 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

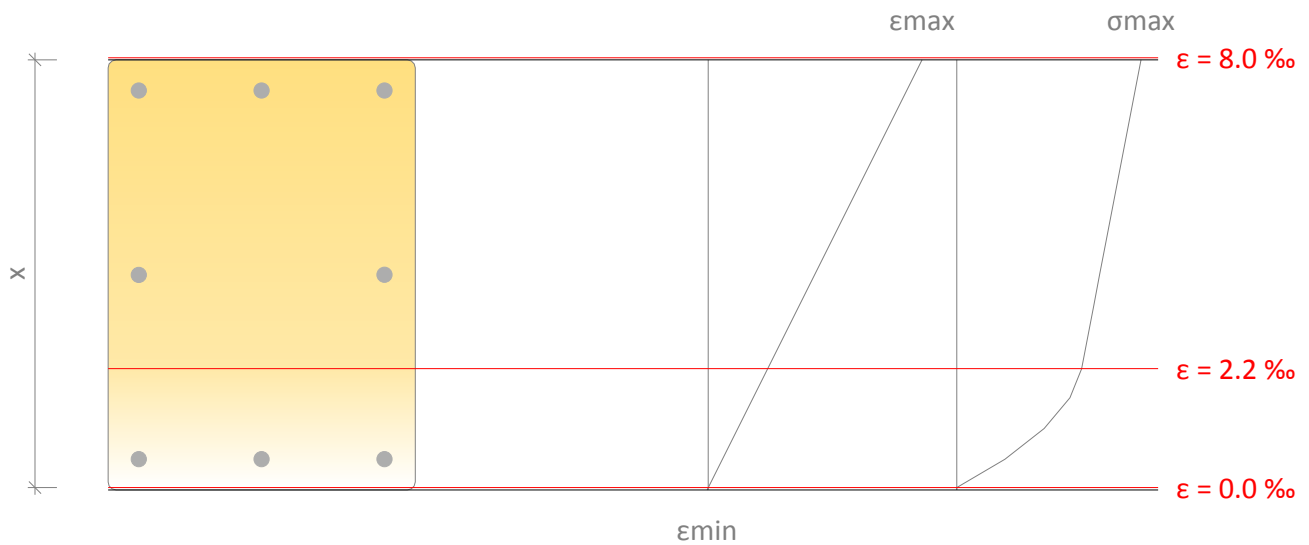
$$f_c = 13.60 \text{ MPa}$$

$$x = 751.64 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 25	300	200	320.00	2.69
No. 25	300	-200	320.00	2.69
No. 25	-300	-200	78.06	0.39
No. 25	-300	200	78.06	0.39
No. 25	0	200	308.46	1.54
No. 25	0	-200	308.46	1.54
No. 25	300	0	320.00	2.69
No. 25	-300	0	78.06	0.39

Force balance of section. Strengthened section with factored expected loads.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.40 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 8.01 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -0.04 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 24.59 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 696.10 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 25	300	200	320.00	7.43
No. 25	300	-200	320.00	7.43
No. 25	-300	-200	106.04	0.53
No. 25	-300	200	106.04	0.53
No. 25	0	200	320.00	3.98
No. 25	0	-200	320.00	3.98
No. 25	300	0	320.00	7.43
No. 25	-300	0	106.04	0.53

5.3. Serviceability limit states

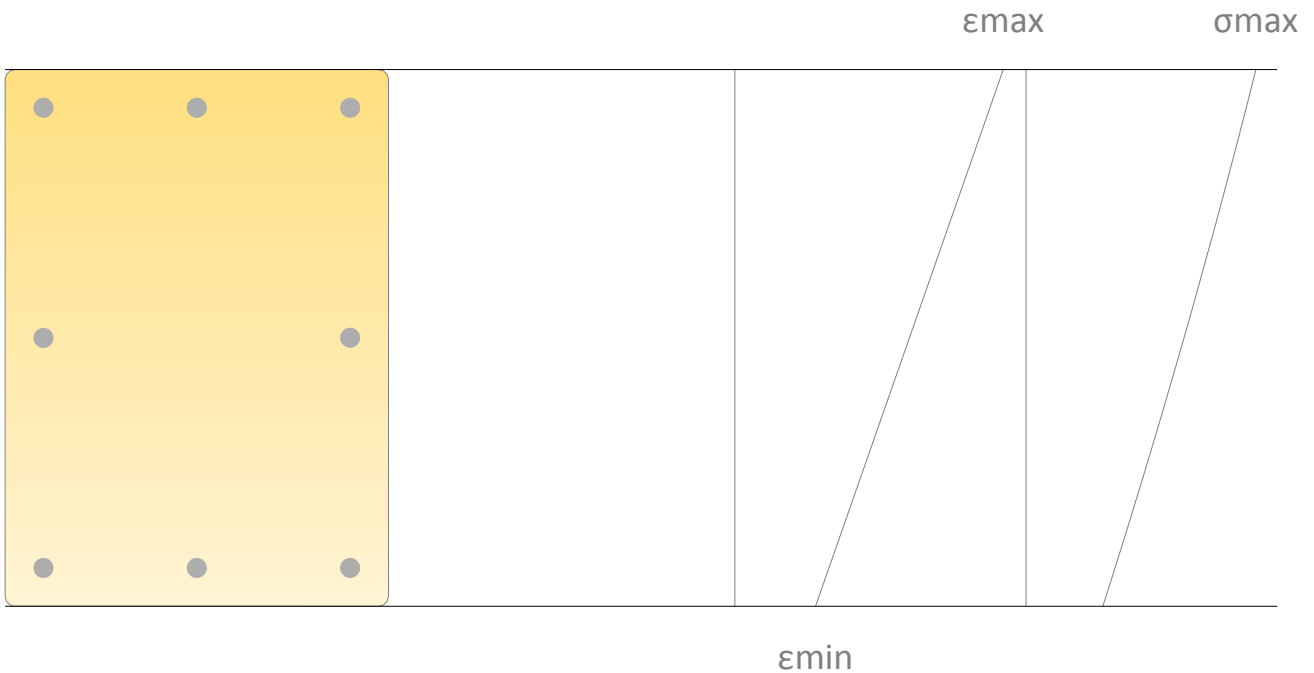
To ensure that radial cracking will not occur under service loads, the transverse strain in the concrete must remain below its cracking strain at service load levels (ACI 440.2R-17, 12.1.3)

This corresponds to limiting the compressive stress in the concrete to $0.65 \cdot f'_c$.

In addition, the service stress in the longitudinal steel must remain below $0.60 \cdot f_y$ to avoid plastic deformation under sustained or cyclic loads.

Force balance of section. Strengthened section under service loads.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain $\epsilon_{max} = 0.69 \text{ ‰}$

$\epsilon_{min} = 0.21 \text{ ‰}$

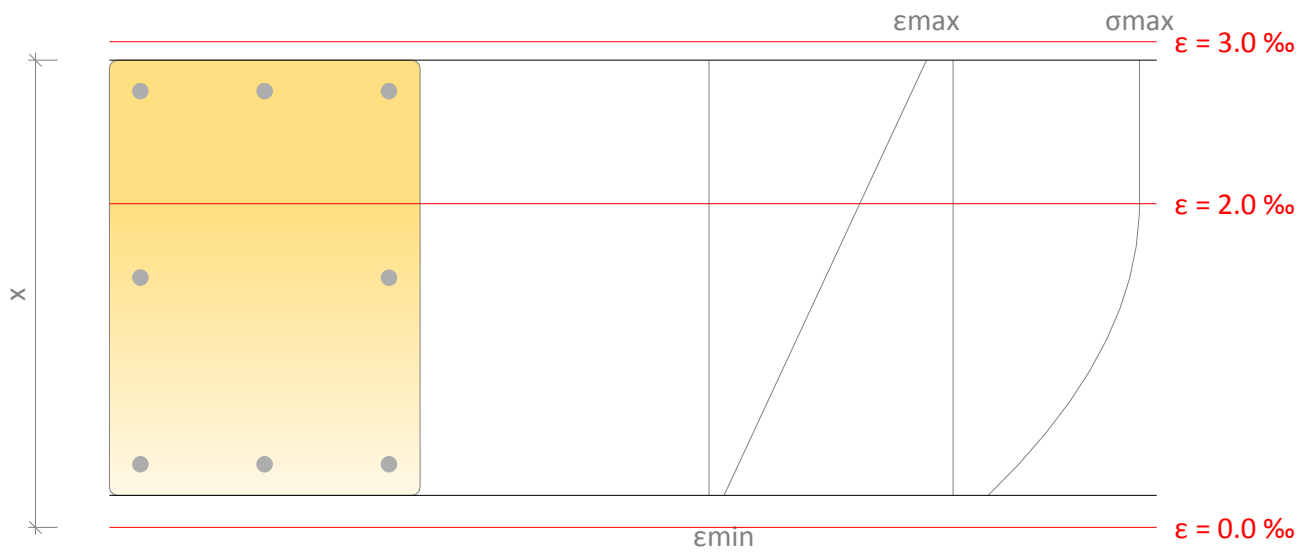
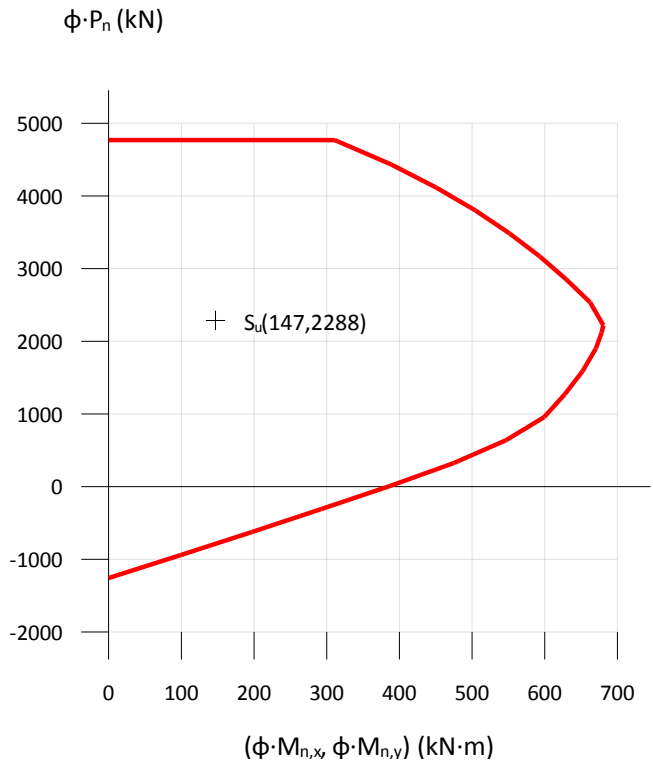
Maximum stress in concrete $f_c = 8.12 \text{ MPa}$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 25	300	200	131.97	0.66
No. 25	300	-200	131.97	0.66
No. 25	-300	-200	48.64	0.24
No. 25	-300	200	48.64	0.24
No. 25	0	200	90.31	0.45
No. 25	0	-200	90.31	0.45
No. 25	300	0	131.97	0.66
No. 25	-300	0	48.64	0.24

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Force balance of section. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.89 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = 0.20 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 13.60 \text{ MPa}$$

$$x = 751.64 \text{ mm}$$

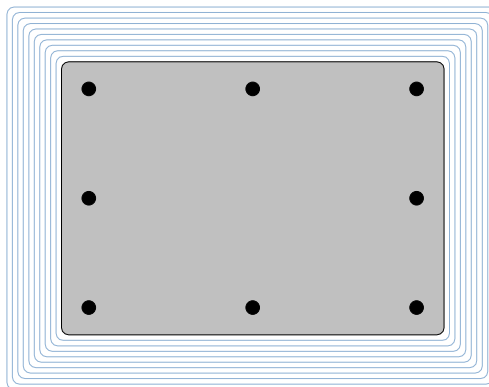
Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 25	300	200	320.00	2.69
No. 25	300	-200	320.00	2.69
No. 25	-300	-200	78.06	0.39
No. 25	-300	200	78.06	0.39
No. 25	0	200	308.46	1.54
No. 25	0	-200	308.46	1.54
No. 25	300	0	320.00	2.69
No. 25	-300	0	78.06	0.39

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. FRP arrangement

The previous results correspond to the following FRP scheme:

10 layers of SikaWrap® 231C - 30 cm



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded SikaWrap® fabrics

The strengthening shall be achieved using unidirectional carbon fibre fabric, impregnated and externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-330

The fibers should be aligned and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

The fibre fabric shall be unidirectional and fabricated of PAN based carbon fibres.

Installation in several layers shall be possible.

Measured values of mechanical properties of laminated fabrics shall be provided, minimum test series of 20 samples.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

For fibre fabric application, all corners shall be rounded to a minimum radius of 20 mm and any sharp edges shall be removed.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. SikaWrap® fabrics

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of SikaWrap® 231C - 30 cm fabric:

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4900 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	1.56 %

Typical laminate properties (related to fibre thickness):

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 225000 N/mm ² (MPa)
-----------	--------------------	----------------------------------

6.1.3. Epoxy Adhesive

The adhesive shall be epoxy based.

The priming of the substrate and the saturation of the SikaWrap® 231C - 30 cm fabric will be done by means of Sikadur®-330

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-330 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.30 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Thermal expansion coefficient	-10°C to +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +10°C	+36°C
	7 days, +23°C	+47°C
	7 days, +35°C	+53°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 days at +23°C)

6.1.4. Application procedure

The wrap shall be cut to size with special fibre scissors.

In case of column confinement, the minimum overlap of the fabric in fibre direction shall be 150 mm

A primer layer of the impregnating resin shall be applied on the substrate surface, using a toothed trowel or a roller.

The fabric shall be placed on the substrate, pressed on gently, and the resin shall be worked into the fabric with an impregnation roller until the fabric is completely saturated.

Additional layers shall be installed as described above, preferably wet-on-wet.

In case of a cementitious overcoat, the resulting resin surface shall be broadcasted with quartz sand.

Impregnation shall always be performed in fibre direction.

After application, the finished fibre fabric installation shall be protected from rain, sand, dust and any other contaminants.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the fabric shall be available).

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 04/04/2022
Project: Vedlegg A100 - Forster...



Tittel Vedlegg A101 - Kapasitetsberegning søyle S.C.315 med B25			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 315 etter forbedring
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	500	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	2,50E+05	mm ²
Iy	5,21E+09	mm ⁴
Iz	5,21E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	200	0	-200	200	-200	0	200
Z (mm)	200	200	200	0	0	-200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B25 (C 25/30)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	31500	Kryptall, FI 0_28	1,63
Trykkfasthet, f _{cd}	14,2	Kryptall, FI 28_5000	2,42
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,57	Svinntøyning, 0_28	-,00005
Strekkfasthet, f _{ctd}	1,02	Svinntøyning, 28_25000	-,00035

Tittel Vedlegg A101 - Kapasitetsberegning søyle S.C.315 med B25			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	6520 mm	Knekk lengde i Y-retning	6520 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	16 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	16 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 200	

Pålitelighetsklasse: 2 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	207,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =262,5 kNm	Zretning: 40 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =20,6 kNm	Yretning: -4 mm
Ng	-969,6 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-969,6	N	-969,6
MY inkl. geom.avvik	222,8	MY inkl. geom.avvik	207,0
MZ inkl. geom.avvik	16,8	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	39,7	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	3,8	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
MY,MZ/ MYd,MZd	0,96	senteravstand	200
SigmaC min	-10,58	SigmaS maks	98
SigmaS maks	309,37	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,41

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 30 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A102 - Kapasitetsberegning søyle S.C.315 med B30			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 315 etter forbedring
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	500	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	2,50E+05	mm ²
Iy	5,21E+09	mm ⁴
Iz	5,21E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	200	0	-200	200	-200	0	200
Z (mm)	200	200	200	0	0	-200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B30 (C 30/37)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	32800	Kryptall, FI 0_28	1,46
Trykkfasthet, f _{cd}	17,0	Kryptall, FI 28_5000	2,17
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,90	Svinntøyning, 0_28	-,00006
Strekkfasthet, f _{ctd}	1,15	Svinntøyning, 28_25000	-,00033

Tittel Vedlegg A102 - Kapasitetsberegning søyle S.C.315 med B30			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	6520 mm	Knekk lengde i Y-retning	6520 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	16 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	16 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 200	

Pålitelighetsklasse: 2 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	207,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =255,3 kNm	Zretning: 33 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =19,9 kNm	Yretning: -3 mm
Ng	-969,6 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-969,6	N	-969,6
MY inkl. geom.avvik	222,8	MY inkl. geom.avvik	207,0
MZ inkl. geom.avvik	16,8	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	32,5	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	3,2	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
MY,MZ/ MYd,MZd	0,87	senteravstand	200
SigmaC min	-11,15	SigmaS maks	95
SigmaS maks	268,50	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,39

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 28 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A103 - Forsterkning søyle S.C.317

ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Geometry.....	3
2.2. Concrete.....	3
2.3. Reinforcing steel.....	3
2.4. Strength reduction factors.....	4
2.5. Load factors.....	4
2.6. Exposure conditions.....	4
3. FRP-CONFINEMENT STRENGTH.....	4
3.1. Properties of FRP reinforcement.....	4
3.2. Stress-strain diagram (un-confined and FRP-confined concrete).....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	6
4.1. Expected loads (strengthening design).....	6
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	7
5.3. Serviceability limit states.....	9
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	10
5.5. FRP arrangement.....	12
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	12
6.1. Bonded SikaWrap® fabrics.....	12
6.1.1. Concrete surface preparation.....	13
6.1.2. SikaWrap® fabrics.....	13

6.1.3. Epoxy Adhesive.....	13
6.1.4. Application procedure.....	14
7. LEGAL DISCLAIMER.....	15
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	15

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Column strengthening by means of FRP confinement.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

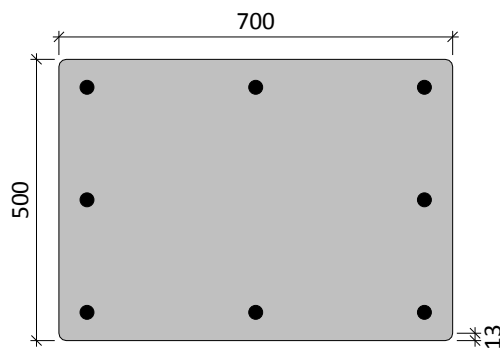
2.1. Geometry

Cross section = Rectangular (rounded)

Width (b) = 700 mm

Height (h) = 500 mm

Radius (r) = 13 mm



2.2. Concrete

Compressive strength of concrete

Concrete strength (f'_c) = 16 MPa

Cylinder specimen = 16 MPa

Cube specimen = 20 MPa

2.3. Reinforcing steel

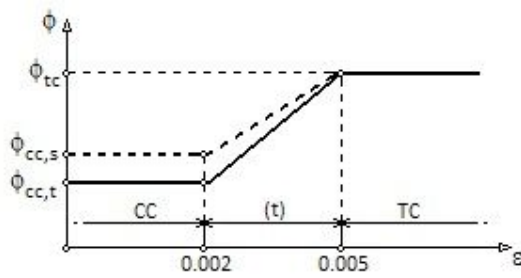
Cover X = 50 mm

Cover Y = 50 mm

Reinforcement	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
Corner	(B320) 320	200000	4 x 25
Face X	(B320) 320	200000	2 x 25
Face Y	(B320) 320	200000	2 x 25

2.4. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{cc,s} = 0.75$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.5. Load factors

ACI combinations	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	0.75
Expected loads (strengthening design)	1.20	1.60
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

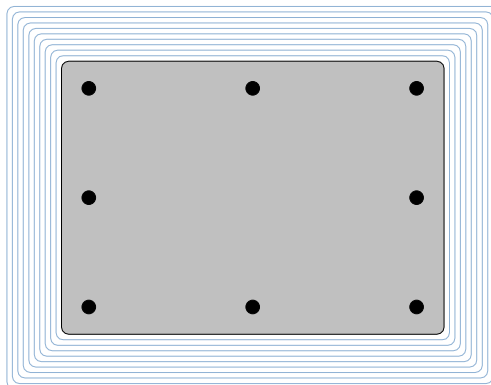
2.6. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

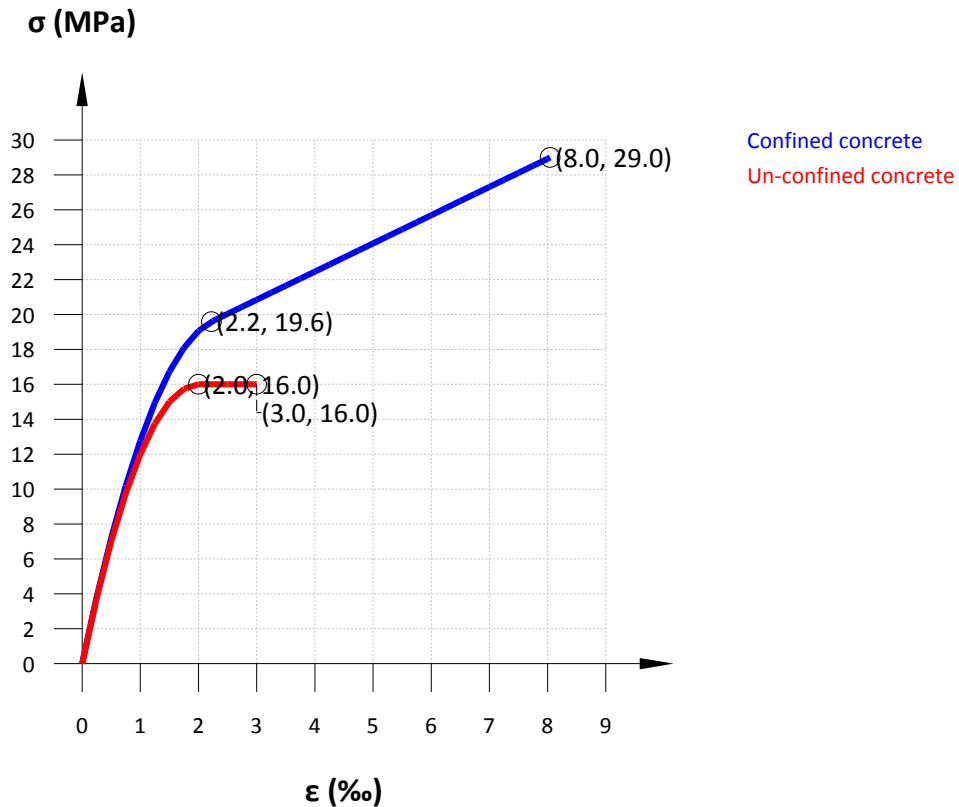
3. FRP-CONFINEMENT STRENGTH

3.1. Properties of FRP reinforcement



Laminate	ε_{fu}^*	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	Number n	Width (mm)
SikaWrap® 231C - 30 cm	0.0156	225000.00	0.129	10	300.00

3.2. Stress-strain diagram (un-confined and FRP-confined concrete)



Un-confined concrete*

$$f_c = \begin{cases} f'_c \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon'_c} \right)^2 \right] & 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon'_c \\ f'_c & \varepsilon'_c \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu} \end{cases}$$

$$\varepsilon'_c : \underline{0.0020}$$

$$\varepsilon_{cu} : \underline{0.0030}$$

The stress-strain model adopted for FRP-confined concrete is computed using the following expressions (ACI 440.2R-17, 12.1)*

$$f_c = \begin{cases} E_c \cdot \varepsilon_c - \frac{(E_c - E_2)^2}{4 \cdot f'_c} \cdot \varepsilon_c^2 & 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon'_t \\ f'_c + E_2 \cdot \varepsilon_c & \varepsilon'_t \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{ccu} \end{cases}$$

$$E_2 = \frac{f'_{cc} - f'_c}{\varepsilon_{ccu}}$$

$$E_2 : \underline{1615.23} \text{ MPa}$$

$$\varepsilon'_t = \frac{2 \cdot f'_c}{E_c - E_2}$$

$$\varepsilon'_t : \underline{0.0022}$$

*The strength of the unconfined member, and the strength of the confined member for the design stress-strain model, are respectively $0.85 \cdot f'_c$ and $0.85 \cdot f'_{cc}$.

Maximum compressive strength for the confined concrete

$$f'_{cc} = f'_c + \psi_F \cdot 3 \cdot \kappa_a \cdot f_i$$

$$f'_{cc} : \underline{29.00} \text{ MPa}$$

Maximum confinement pressure

$$f_i = \frac{2 \cdot E_f \cdot n \cdot t_f \cdot \epsilon_{fe}}{D}$$

$$f_i : \underline{5.50} \text{ MPa}$$

Effective strain level in FRP at failure

$$\epsilon_{fe} = \kappa_e \cdot \epsilon_{fu}$$

$$\epsilon_{fe} : \underline{0.0082}$$

Maximum compressive strain in the FRP-confined concrete

$$\epsilon_{ccu} = \epsilon'_c \cdot \left(1.50 + 12 \cdot \kappa_b \cdot \frac{f_i}{f'_c} \cdot \left(\frac{\epsilon_{fe}}{\epsilon'_c} \right)^{0.45} \right) \leq 0.01$$

$$\epsilon_{ccu} : \underline{0.0080}$$

$$f_i/f'_c : \underline{0.34}$$

A strain efficiency factor κ_e of 0.55 and a minimum confinement ratio f_i/f'_c of 0.08 must be used ✔

ϵ_{fu}^*	f_{fu}^* (MPa)	C_E	ϵ_{fu}	f_{fu} (MPa)	E_f (MPa)	κ_e	ϵ'_c	E_c (MPa)	n	t_f (mm)	D (mm)	A_e/A_c	κ_a	κ_b	ψ_F
0.0156	3510.00	0.95	0.0148	3334.50	225000.00	0.55	0.0020	16000.00	10	0.129	860.23	0.38	0.75	0.32	0.95

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

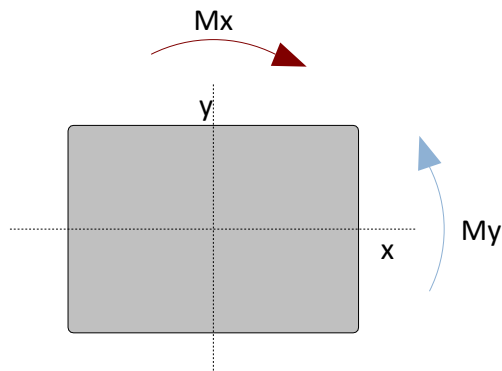
4.1. Expected loads (strengthening design)

Dead loads

$$P_{DL} = 0.00 \text{ kN}, M_{DL,x} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{DL,y} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Live loads

$$P_{LL} = 2288.00 \text{ kN}, M_{LL,x} = 147.00 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{LL,y} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



The live load acting on the member is not expected to be present for a sustained period of time

5. RESULTS

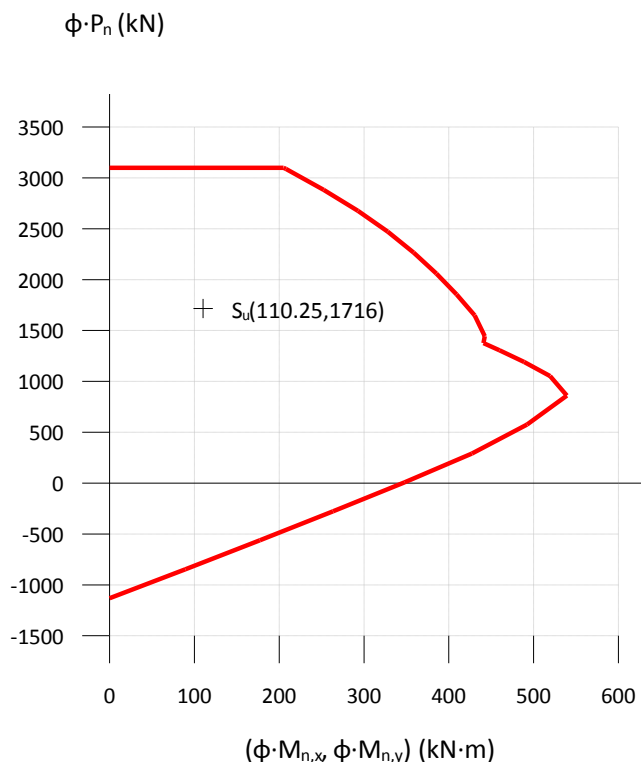
5.1. Summary of results

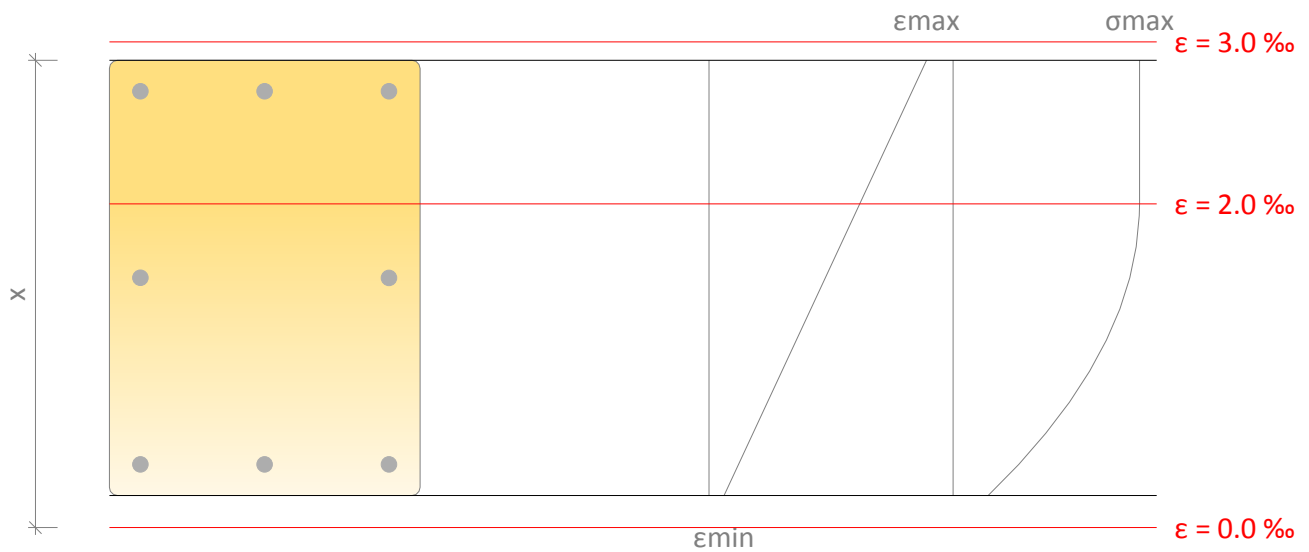
Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.65	1716.00	110.25	0.00	Un-strengthened section ✓
Strengthened section under anticipated loads					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.65	3660.80	235.20	0.00	Strengthened section ✓
Serviceability limit states					
Loading	Service stresses		$\sigma_{c,Max} \leq 0.65 \cdot f'_c$	$\sigma_{y,Max} \leq 0.60 \cdot f_y$	
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$\sigma_{c,Max} = 8.12$ MPa	$\sigma_{y,Max} = 131.97$ MPa	8.12 MPa \leq 10.40 MPa ✓	131.97 MPa \leq 192.00 MPa ✓	
Fire resistance (t=0 min.)					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	2288.00	147.00	0.00	Un-strengthened section ✓

5.2. Ultimate limit states

Force balance of section. Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$$





Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.89 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = 0.20 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 13.60 \text{ MPa}$$

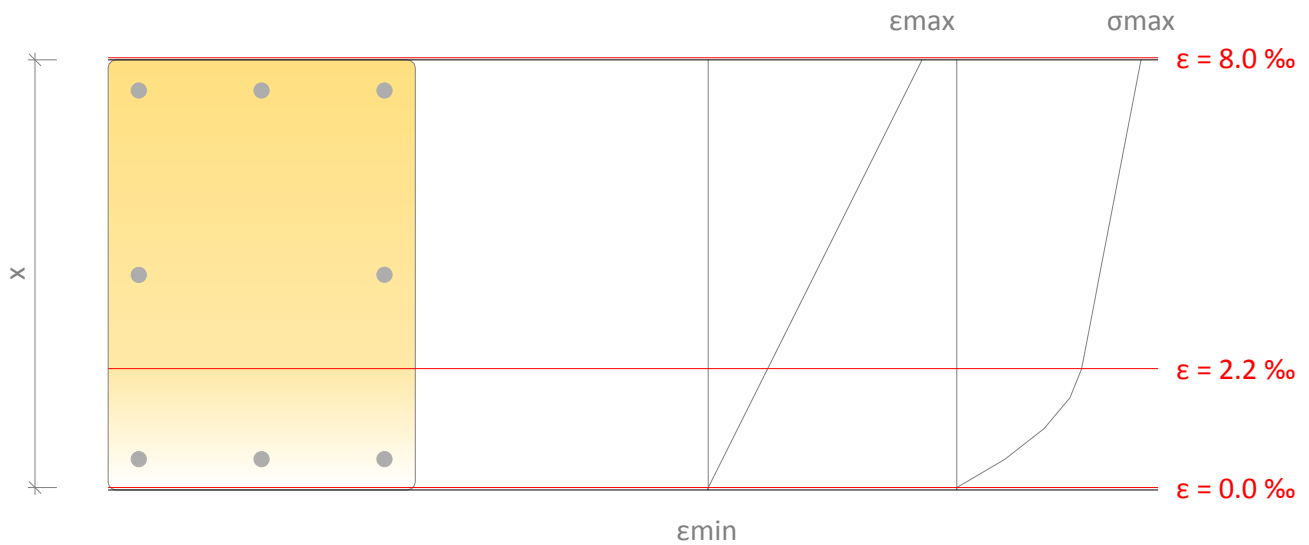
Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 751.64 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 25	300	200	320.00	2.69
No. 25	300	-200	320.00	2.69
No. 25	-300	-200	78.06	0.39
No. 25	-300	200	78.06	0.39
No. 25	0	200	308.46	1.54
No. 25	0	-200	308.46	1.54
No. 25	300	0	320.00	2.69
No. 25	-300	0	78.06	0.39

Force balance of section. Strengthened section with factored expected loads.

$$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 8.01 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -0.04 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 24.59 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 696.10 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 25	300	200	320.00	7.43
No. 25	300	-200	320.00	7.43
No. 25	-300	-200	106.04	0.53
No. 25	-300	200	106.04	0.53
No. 25	0	200	320.00	3.98
No. 25	0	-200	320.00	3.98
No. 25	300	0	320.00	7.43
No. 25	-300	0	106.04	0.53

5.3. Serviceability limit states

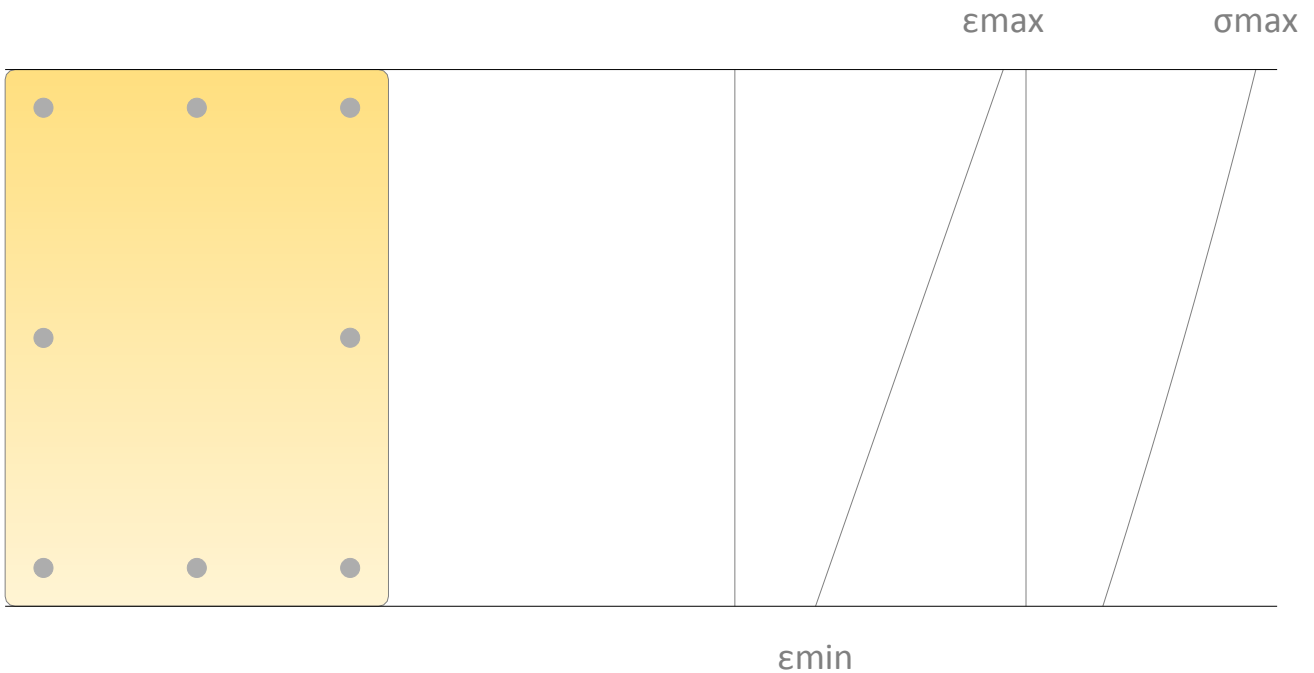
To ensure that radial cracking will not occur under service loads, the transverse strain in the concrete must remain below its cracking strain at service load levels (ACI 440.2R-17, 12.1.3)

This corresponds to limiting the compressive stress in the concrete to $0.65 \cdot f'_c$.

In addition, the service stress in the longitudinal steel must remain below $0.60 \cdot f_y$ to avoid plastic deformation under sustained or cyclic loads.

Force balance of section. Strengthened section under service loads.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{max} = 0.69 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{min} = 0.21 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

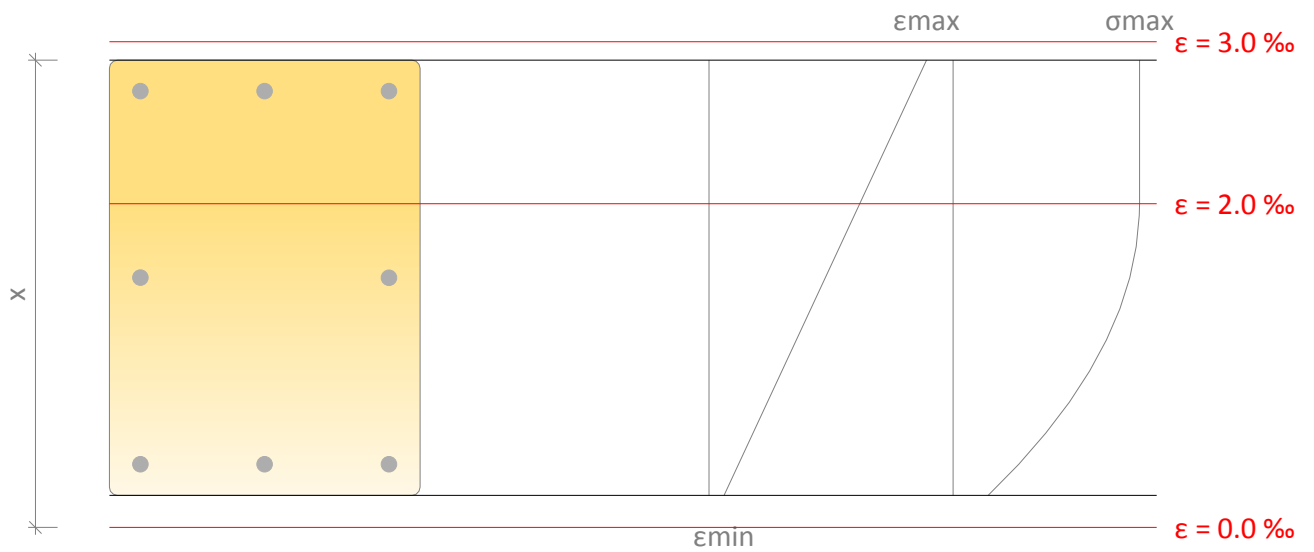
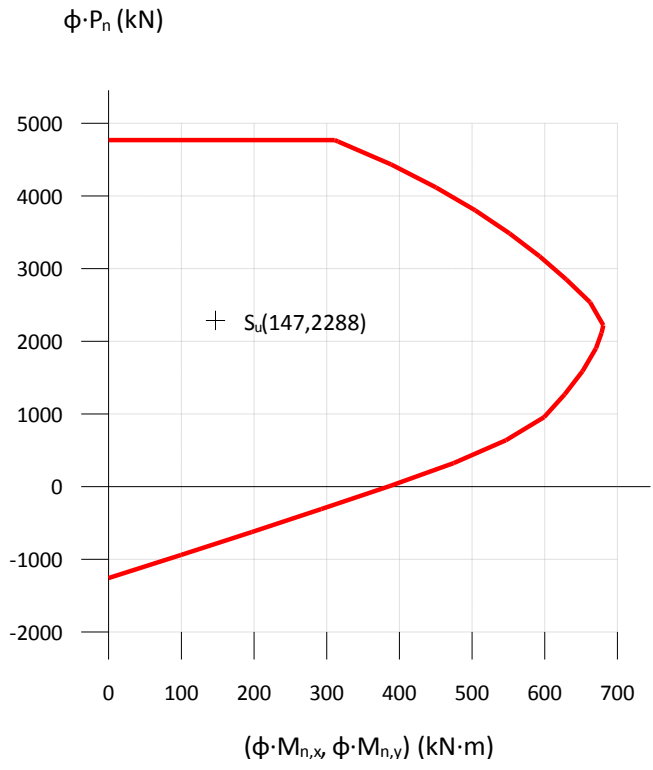
$$f_c = 8.12 \text{ MPa}$$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 25	300	200	131.97	0.66
No. 25	300	-200	131.97	0.66
No. 25	-300	-200	48.64	0.24
No. 25	-300	200	48.64	0.24
No. 25	0	200	90.31	0.45
No. 25	0	-200	90.31	0.45
No. 25	300	0	131.97	0.66
No. 25	-300	0	48.64	0.24

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Force balance of section. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.89 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = 0.20 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 13.60 \text{ MPa}$$

$$x = 751.64 \text{ mm}$$

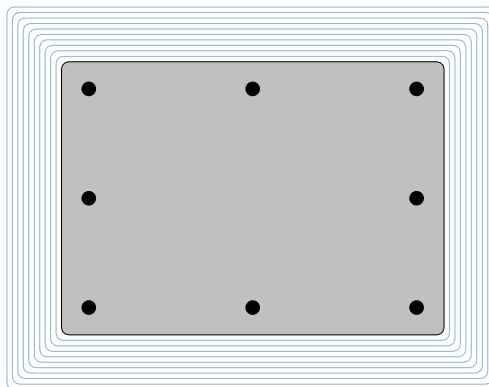
Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 25	300	200	320.00	2.69
No. 25	300	-200	320.00	2.69
No. 25	-300	-200	78.06	0.39
No. 25	-300	200	78.06	0.39
No. 25	0	200	308.46	1.54
No. 25	0	-200	308.46	1.54
No. 25	300	0	320.00	2.69
No. 25	-300	0	78.06	0.39

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. FRP arrangement

The previous results correspond to the following FRP scheme:

10 layers of SikaWrap® 231C - 30 cm



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded SikaWrap® fabrics

The strengthening shall be achieved using unidirectional carbon fibre fabric, impregnated and externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-330

The fibers should be aligned and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

The fibre fabric shall be unidirectional and fabricated of PAN based carbon fibres.

Installation in several layers shall be possible.

Measured values of mechanical properties of laminated fabrics shall be provided, minimum test series of 20 samples.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

For fibre fabric application, all corners shall be rounded to a minimum radius of 20 mm and any sharp edges shall be removed.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. SikaWrap® fabrics

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of SikaWrap® 231C - 30 cm fabric:

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4900 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	1.56 %

Typical laminate properties (related to fibre thickness):

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 225000 N/mm ² (MPa)
-----------	--------------------	----------------------------------

6.1.3. Epoxy Adhesive

The adhesive shall be epoxy based.

The priming of the substrate and the saturation of the SikaWrap® 231C - 30 cm fabric will be done by means of Sikadur®-330

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-330 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.30 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Thermal expansion coefficient	-10°C to +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +10°C	+36°C
	7 days, +23°C	+47°C
	7 days, +35°C	+53°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 days at +23°C)

6.1.4. Application procedure

The wrap shall be cut to size with special fibre scissors.

In case of column confinement, the minimum overlap of the fabric in fibre direction shall be 150 mm

A primer layer of the impregnating resin shall be applied on the substrate surface, using a toothed trowel or a roller.

The fabric shall be placed on the substrate, pressed on gently, and the resin shall be worked into the fabric with an impregnation roller until the fabric is completely saturated.

Additional layers shall be installed as described above, preferably wet-on-wet.

In case of a cementitious overcoat, the resulting resin surface shall be broadcasted with quartz sand.

Impregnation shall always be performed in fibre direction.

After application, the finished fibre fabric installation shall be protected from rain, sand, dust and any other contaminants.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the fabric shall be available).

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

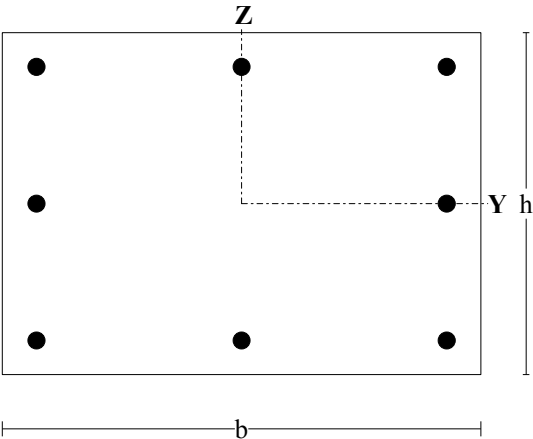
Date: 04/04/2022
Project: Vedlegg A103 - Forster...



Tittel Vedlegg A104 - Kapasitetsberegning søyle S.C.317 med B25			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 317 etter forbedring
 Dataprogram: BТСNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt



b	700	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,50E+05	mm ²
Iy	7,29E+09	mm ⁴
Iz	1,43E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering								
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	300	300	-300	-300	300	-300	0	0
Z (mm)	200	-200	200	-200	0	0	200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B25 (C 25/30)		
Densitet kg/m ³	2400	Minimum overdekning	
Sement i fasthetsklasse	N	Min. krav	25
Armering flytegrense	400	Toleranse	10
Skjærarmering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	31500	Kryptall, FI 0_28	1,63
Trykkfasthet, f _{cd}	14,2	Kryptall, FI 28_5000	2,42
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,57	Svinntøyning, 0_28	-,00005
Strekkfasthet, f _{ctd}	1,02	Svinntøyning, 28_25000	-,00035

Tittel Vedlegg A104 - Kapasitetsberegning søyle S.C.317 med B25			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	6520 mm	Knekk lengde i Y-retning	6520 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	16 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	16 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	147,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =232,7 kNm	Zretning: 19 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =55,4 kNm	Yretning: -2 mm
Ng	-2373,6 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-2373,6
MY inkl. geom.avvik	185,7
MZ inkl. geom.avvik	50,0
MY_tillegg (utbøyning)	47,0
MZ_tillegg (utbøyning)	5,4
MY,MZ/ MYd,MZd	0,81
SigmaC min	-9,56
SigmaS maks	0,00

Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-2373,6
MY inkl. geom.avvik	147,0
MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
senteravstand	300
SigmaS maks	0
SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm

Utbøyning i z-retning.

12 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A105 - Kapasitetsberegning søyle S.C.317 med B30			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 317 etter forbedring
 Dataprogram: BTRSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	700	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,50E+05	mm ²
Iy	7,29E+09	mm ⁴
Iz	1,43E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering								
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	300	300	-300	-300	300	-300	0	0
Z (mm)	200	-200	200	-200	0	0	200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B30 (C 30/37)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	32800	Kryptall, FI 0_28	1,46
Trykkfasthet, f _{cd}	17,0	Kryptall, FI 28_5000	2,17
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,90	Svinntøyning, 0_28	-,00006
Strekkfasthet, f _{ctd}	1,15	Svinntøyning, 28_25000	-,00033

Tittel Vedlegg A105 - Kapasitetsberegning søyle S.C.317 med B30			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Knekningsdata

Knekk lengde i Z-retning	6520 mm	Knekk lengde i Y-retning	6520 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	16 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	16 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)

Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1 Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1

Permanent last

Mg_Y	147,0 kNm
Mg_Z	0,0 kNm
Ng	-2373,6 kN

Variabel last

Mp_Y	0,0 kNm
Mp_Z	0,0 kNm
Np	0,0 kN

Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning

Totalt moment

MY-total =	220,8 kNm
MZ-total =	55,4 kNm

Utbøyning

Zretning:	14 mm
Yretning:	-2 mm

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter

Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1

N	-2373,6
MY inkl. geom.avvik	185,7
MZ inkl. geom.avvik	51,3
MY_tillegg (utbøyning)	35,1
MZ_tillegg (utbøyning)	4,1
MY,MZ/ MYd,MZd	0,72
SigmaC min	-9,64
SigmaS maks	0,00

Risskontroll. Lasttilfelle nr 1

N	-2373,6
MY inkl. geom.avvik	147,0
MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
senteravstand	300
SigmaS maks	0
SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm

Utbøyning i z-retning.

10 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A106 - Forsterkning søyle S.C.322

ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Geometry.....	3
2.2. Concrete.....	3
2.3. Reinforcing steel.....	3
2.4. Strength reduction factors.....	4
2.5. Load factors.....	4
2.6. Exposure conditions.....	4
3. FRP-CONFINEMENT STRENGTH.....	4
3.1. Properties of FRP reinforcement.....	4
3.2. Stress-strain diagram (un-confined and FRP-confined concrete).....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	6
4.1. Expected loads (strengthening design).....	6
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	7
5.3. Serviceability limit states.....	9
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	10
5.5. FRP arrangement.....	12
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	12
6.1. Bonded SikaWrap® fabrics.....	12
6.1.1. Concrete surface preparation.....	13
6.1.2. SikaWrap® fabrics.....	13

6.1.3. Epoxy Adhesive.....	13
6.1.4. Application procedure.....	14
7. LEGAL DISCLAIMER.....	15
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	15

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Column strengthening by means of FRP confinement.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

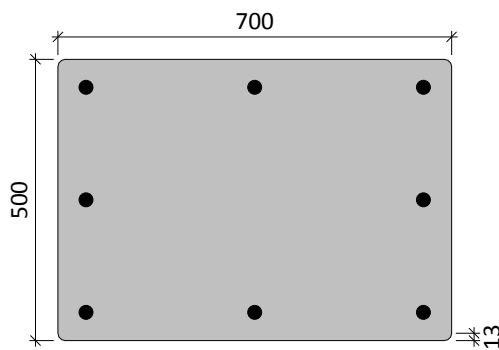
2.1. Geometry

Cross section = Rectangular (rounded)

Width (b) = 700 mm

Height (h) = 500 mm

Radius (r) = 13 mm



2.2. Concrete

Compressive strength of concrete

Concrete strength (f'_c) = 16 MPa

Cylinder specimen = 16 MPa

Cube specimen = 20 MPa

2.3. Reinforcing steel

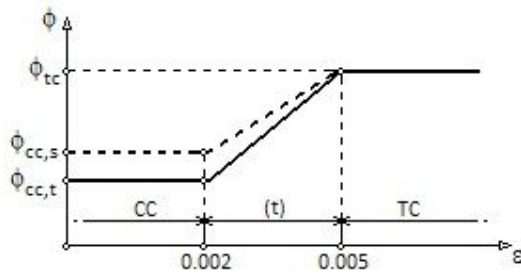
Cover X = 50 mm

Cover Y = 50 mm

Reinforcement	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
Corner	(B320) 320	200000	4 x 25
Face X	(B320) 320	200000	2 x 25
Face Y	(B320) 320	200000	2 x 25

2.4. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{cc,s} = 0.75$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.5. Load factors

User values	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	0.75
Expected loads (strengthening design)	1.00	1.50
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

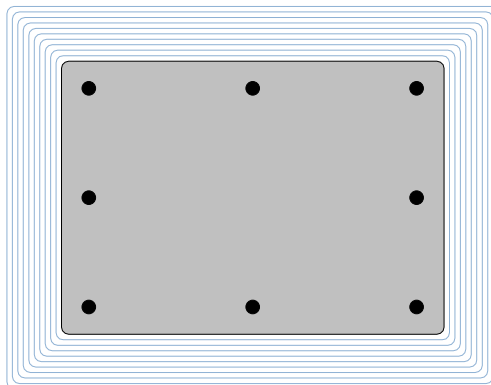
2.6. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

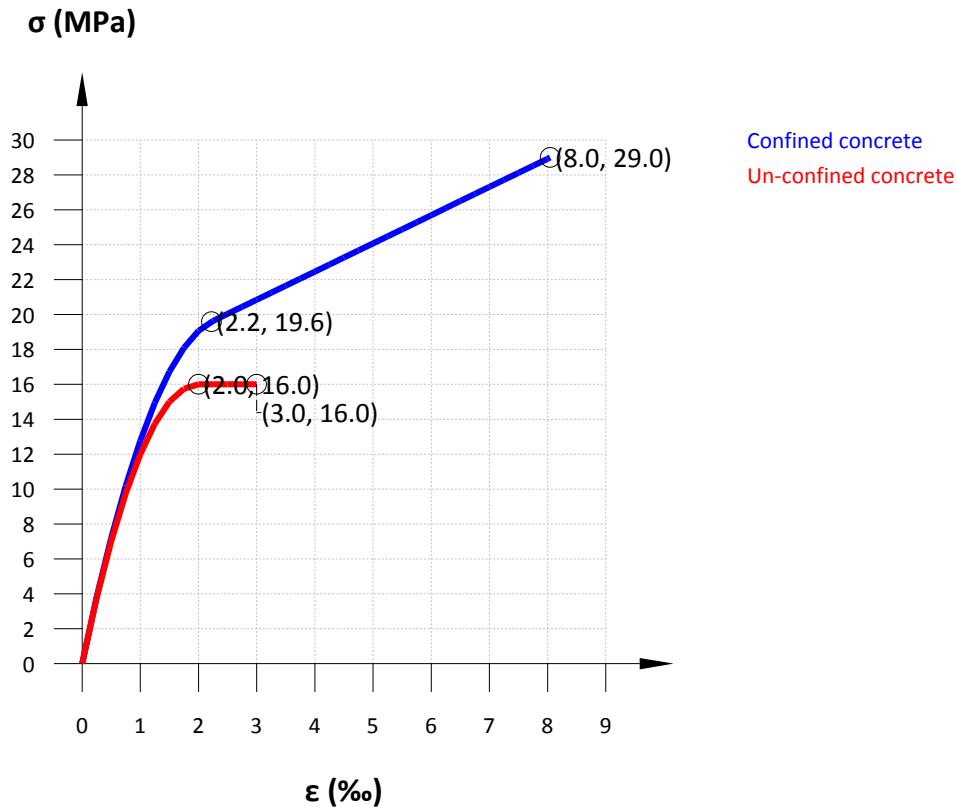
3. FRP-CONFINEMENT STRENGTH

3.1. Properties of FRP reinforcement



Laminate	ε_{fu}^*	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	Number n	Width (mm)
SikaWrap® 231C - 30 cm	0.0156	225000.00	0.129	10	300.00

3.2. Stress-strain diagram (un-confined and FRP-confined concrete)



Un-confined concrete*

$$f_c = \begin{cases} f'_c \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon'_c} \right)^2 \right] & 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon'_c \\ f'_c & \varepsilon'_c \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu} \end{cases}$$

$$\varepsilon'_c : \underline{0.0020}$$

$$\varepsilon_{cu} : \underline{0.0030}$$

The stress-strain model adopted for FRP-confined concrete is computed using the following expressions (ACI 440.2R-17, 12.1)*

$$f_c = \begin{cases} E_c \cdot \varepsilon_c - \frac{(E_c - E_2)^2}{4 \cdot f'_c} \cdot \varepsilon_c^2 & 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon'_t \\ f'_c + E_2 \cdot \varepsilon_c & \varepsilon'_t \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{ccu} \end{cases}$$

$$E_2 = \frac{f'_{cc} - f'_c}{\varepsilon_{ccu}}$$

$$E_2 : \underline{1615.23} \text{ MPa}$$

$$\varepsilon'_t = \frac{2 \cdot f'_c}{E_c - E_2}$$

$$\varepsilon'_t : \underline{0.0022}$$

*The strength of the unconfined member, and the strength of the confined member for the design stress-strain model, are respectively $0.85 \cdot f'_c$ and $0.85 \cdot f'_{cc}$.

Maximum compressive strength for the confined concrete

$$f'_{cc} = f'_c + \psi_F \cdot 3 \cdot \kappa_a \cdot f_i$$

$$f'_{cc} : \underline{29.00} \text{ MPa}$$

Maximum confinement pressure

$$f_i = \frac{2 \cdot E_f \cdot n \cdot t_f \cdot \epsilon_{fe}}{D}$$

$$f_i : \underline{5.50} \text{ MPa}$$

Effective strain level in FRP at failure

$$\epsilon_{fe} = \kappa_e \cdot \epsilon_{fu}$$

$$\epsilon_{fe} : \underline{0.0082}$$

Maximum compressive strain in the FRP-confined concrete

$$\epsilon_{ccu} = \epsilon'_c \cdot \left(1.50 + 12 \cdot \kappa_b \cdot \frac{f_i}{f'_c} \cdot \left(\frac{\epsilon_{fe}}{\epsilon'_c} \right)^{0.45} \right) \leq 0.01$$

$$\epsilon_{ccu} : \underline{0.0080}$$

$$f_i/f'_c : \underline{0.34}$$

A strain efficiency factor κ_e of 0.55 and a minimum confinement ratio f_i/f'_c of 0.08 must be used ✔

ϵ_{fu}^*	f_{fu}^* (MPa)	C_E	ϵ_{fu}	f_{fu} (MPa)	E_f (MPa)	κ_e	ϵ'_c	E_c (MPa)	n	t_f (mm)	D (mm)	A_e/A_c	κ_a	κ_b	ψ_F
0.0156	3510.00	0.95	0.0148	3334.50	225000.00	0.55	0.0020	16000.00	10	0.129	860.23	0.38	0.75	0.32	0.95

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

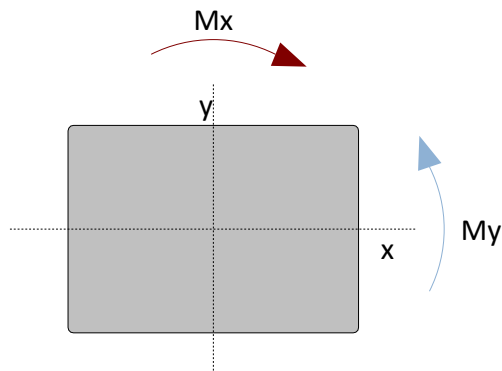
4.1. Expected loads (strengthening design)

Dead loads

$$P_{DL} = 0.00 \text{ kN}, M_{DL,x} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{DL,y} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Live loads

$$P_{LL} = 2564.00 \text{ kN}, M_{LL,x} = 160.00 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{LL,y} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



The live load acting on the member is not expected to be present for a sustained period of time

5. RESULTS

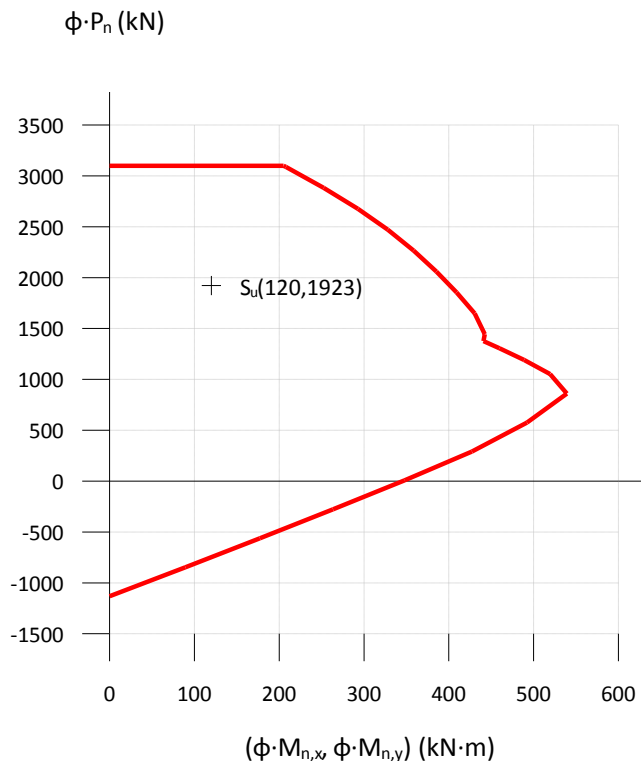
5.1. Summary of results

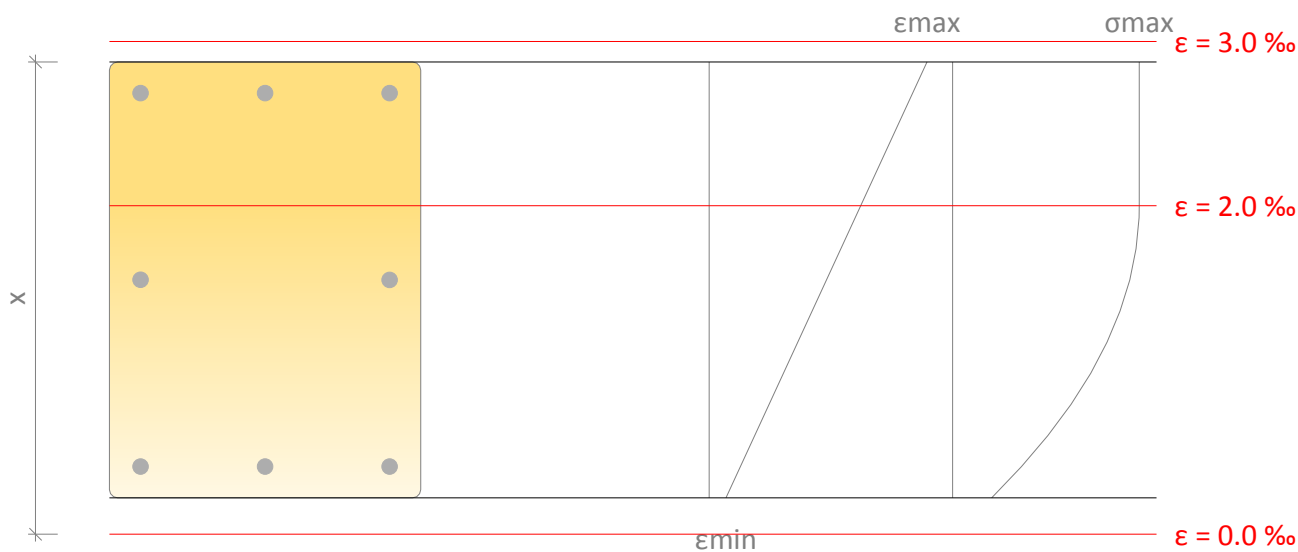
Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.65	1923.00	120.00	0.00	Un-strengthened section ✓
Strengthened section under anticipated loads					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.50 \cdot S_{LL}$	0.65	3846.00	240.00	0.00	Strengthened section ✓
Serviceability limit states					
Loading	Service stresses		$\sigma_{c,Max} \leq 0.65 \cdot f'_c$	$\sigma_{y,Max} \leq 0.60 \cdot f_y$	
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$\sigma_{c,Max} = 8.96$ MPa	$\sigma_{y,Max} = 148.86$ MPa	8.96 MPa \leq 10.40 MPa ✓	148.86 MPa \leq 192.00 MPa ✓	
Fire resistance (t=0 min.)					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	2564.00	160.00	0.00	Un-strengthened section ✓

5.2. Ultimate limit states

Force balance of section. Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$$





Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.87 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = 0.22 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

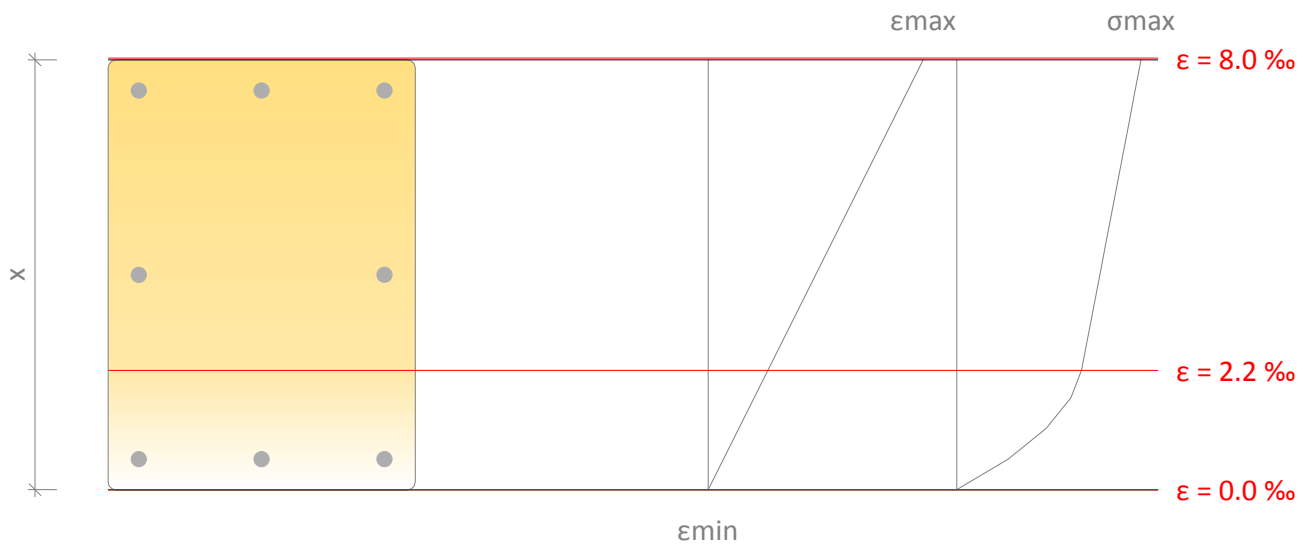
$$f_c = 13.60 \text{ MPa}$$

$$x = 758.47 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 25	300	200	320.00	2.69
No. 25	300	-200	320.00	2.69
No. 25	-300	-200	82.22	0.41
No. 25	-300	200	82.22	0.41
No. 25	0	200	309.63	1.55
No. 25	0	-200	309.63	1.55
No. 25	300	0	320.00	2.69
No. 25	-300	0	82.22	0.41

Force balance of section. Strengthened section with factored expected loads.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.50 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 8.01 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = 0.00 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 24.60 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 699.57 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 25	300	200	320.00	7.44
No. 25	300	-200	320.00	7.44
No. 25	-300	-200	113.56	0.57
No. 25	-300	200	113.56	0.57
No. 25	0	200	320.00	4.00
No. 25	0	-200	320.00	4.00
No. 25	300	0	320.00	7.44
No. 25	-300	0	113.56	0.57

5.3. Serviceability limit states

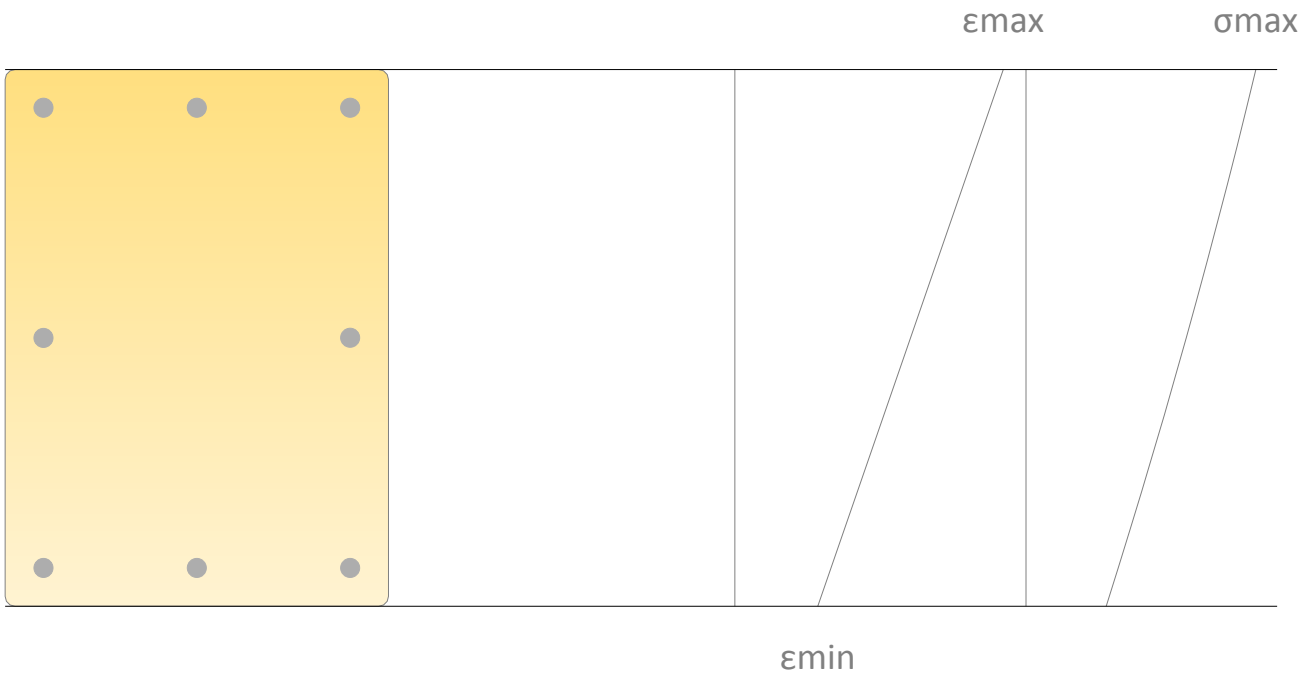
To ensure that radial cracking will not occur under service loads, the transverse strain in the concrete must remain below its cracking strain at service load levels (ACI 440.2R-17, 12.1.3)

This corresponds to limiting the compressive stress in the concrete to $0.65 \cdot f'_c$.

In addition, the service stress in the longitudinal steel must remain below $0.60 \cdot f_y$ to avoid plastic deformation under sustained or cyclic loads.

Force balance of section. Strengthened section under service loads.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{max} = 0.78 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{min} = 0.24 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

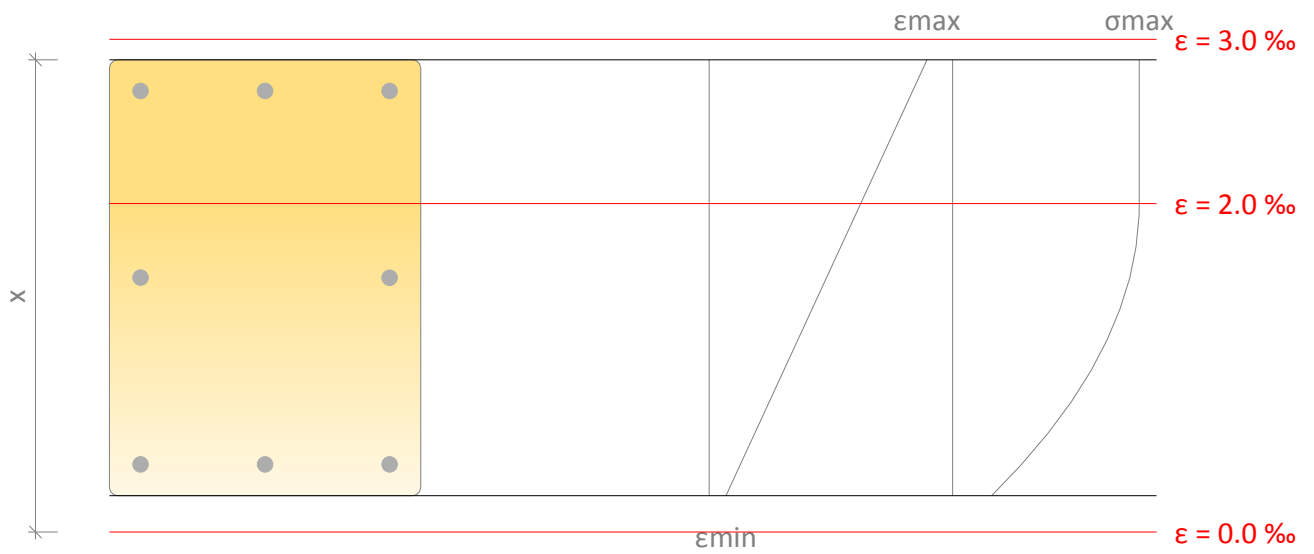
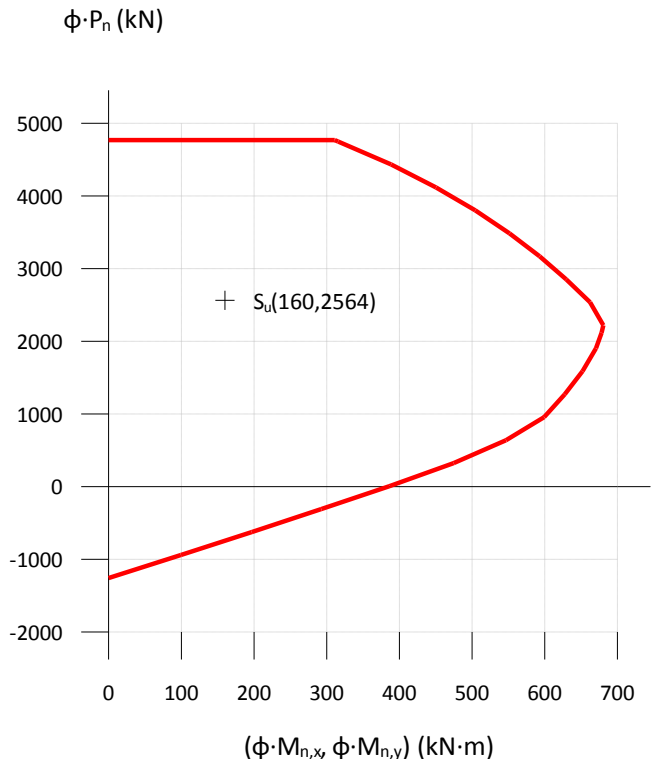
$$f_c = 8.96 \text{ MPa}$$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 25	300	200	148.86	0.74
No. 25	300	-200	148.86	0.74
No. 25	-300	-200	56.07	0.28
No. 25	-300	200	56.07	0.28
No. 25	0	200	102.46	0.51
No. 25	0	-200	102.46	0.51
No. 25	300	0	148.86	0.74
No. 25	-300	0	56.07	0.28

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Force balance of section. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.87 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = 0.22 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 13.60 \text{ MPa}$$

$$x = 758.47 \text{ mm}$$

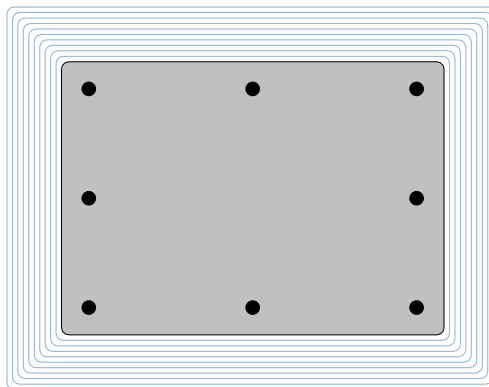
Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 25	300	200	320.00	2.69
No. 25	300	-200	320.00	2.69
No. 25	-300	-200	82.22	0.41
No. 25	-300	200	82.22	0.41
No. 25	0	200	309.63	1.55
No. 25	0	-200	309.63	1.55
No. 25	300	0	320.00	2.69
No. 25	-300	0	82.22	0.41

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. FRP arrangement

The previous results correspond to the following FRP scheme:

10 layers of SikaWrap® 231C - 30 cm



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded SikaWrap® fabrics

The strengthening shall be achieved using unidirectional carbon fibre fabric, impregnated and externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-330

The fibers should be aligned and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

The fibre fabric shall be unidirectional and fabricated of PAN based carbon fibres.

Installation in several layers shall be possible.

Measured values of mechanical properties of laminated fabrics shall be provided, minimum test series of 20 samples.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

For fibre fabric application, all corners shall be rounded to a minimum radius of 20 mm and any sharp edges shall be removed.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. SikaWrap® fabrics

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of SikaWrap® 231C - 30 cm fabric:

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4900 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	1.56 %

Typical laminate properties (related to fibre thickness):

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 225000 N/mm ² (MPa)
-----------	--------------------	----------------------------------

6.1.3. Epoxy Adhesive

The adhesive shall be epoxy based.

The priming of the substrate and the saturation of the SikaWrap® 231C - 30 cm fabric will be done by means of Sikadur®-330

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-330 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.30 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Thermal expansion coefficient	-10°C to +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +10°C	+36°C
	7 days, +23°C	+47°C
	7 days, +35°C	+53°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 days at +23°C)

6.1.4. Application procedure

The wrap shall be cut to size with special fibre scissors.

In case of column confinement, the minimum overlap of the fabric in fibre direction shall be 150 mm

A primer layer of the impregnating resin shall be applied on the substrate surface, using a toothed trowel or a roller.

The fabric shall be placed on the substrate, pressed on gently, and the resin shall be worked into the fabric with an impregnation roller until the fabric is completely saturated.

Additional layers shall be installed as described above, preferably wet-on-wet.

In case of a cementitious overcoat, the resulting resin surface shall be broadcasted with quartz sand.

Impregnation shall always be performed in fibre direction.

After application, the finished fibre fabric installation shall be protected from rain, sand, dust and any other contaminants.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the fabric shall be available).

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 04/04/2022
Project: Vedlegg A106 - Forster...

BUILDING TRUST



Tittel Vedlegg A107 - Kapasitetsberegning etter forsterkning S.C.322 B25			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 322 etter forbedring
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	500	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	2,50E+05	mm ²
Iy	5,21E+09	mm ⁴
Iz	5,21E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	200	0	-200	200	-200	0	200
Z (mm)	200	200	200	0	0	-200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B25 (C 25/30)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	31500	Kryptall, FI 0_28	1,63
Trykkfasthet, f _{cd}	14,2	Kryptall, FI 28_5000	2,42
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,57	Svinntøyning, 0_28	-,00005
Strekkfasthet, f _{ctd}	1,02	Svinntøyning, 28_25000	-,00035

Tittel Vedlegg A107 - Kapasitetsberegning etter forsterkning S.C.322 B25			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	6520 mm	Knekk lengde i Y-retning	6520 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	16 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	16 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 200	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	-231,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =-231,0 kNm	Zretning: 0 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =21,9 kNm	Yretning: 0 mm
Ng	-1073,6 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1073,6	N	0,0
MY inkl. geom.avvik	-231,0	MY inkl. geom.avvik	0,0
MZ inkl. geom.avvik	21,9	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)		MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)		MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
MY,MZ/ MYd,MZd	1,05 *	senteravstand	200
SigmaC min		SigmaS maks	0
SigmaS maks		SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 0 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

* For liten momentkapasitet

Tittel Vedlegg A108 - Kapasitetsberegning søyle S.C.322 med B30			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 322 etter forbedring
 Dataprogram: BTSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	500	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	2,50E+05	mm ²
Iy	5,21E+09	mm ⁴
Iz	5,21E+09	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 330 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering							
D (mm)	22	22	22	22	22	22	22
Y (mm)	200	0	-200	200	-200	0	200
Z (mm)	200	200	200	0	0	-200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B30 (C 30/37)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	32800	Kryptall, FI 0_28	1,46
Trykkfasthet, f _{cd}	17,0	Kryptall, FI 28_5000	2,17
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,90	Svinntøyning, 0_28	-,00006
Strekkfasthet, f _{ctd}	1,15	Svinntøyning, 28_25000	-,00033

Tittel Vedlegg A108 - Kapasitetsberegning søyle S.C.322 med B30			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	6520 mm	Knekk lengde i Y-retning	6520 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	16 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	16 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 200	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	-231,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =-296,9 kNm	Zretning: -44 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =23,8 kNm	Yretning: -5 mm
Ng	-1073,6 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-1073,6	N	-1073,6
MY inkl. geom.avvik	-248,5	MY inkl. geom.avvik	-231,0
MZ inkl. geom.avvik	18,6	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	-48,4	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	5,2	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
MY,MZ/ MYd,MZd	0,98	senteravstand	200
SigmaC min	-13,06	SigmaS maks	108
SigmaS maks	320,10	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,45

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. -32 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROJECT: Vedlegg A109 - Forsterkning søyle S.C.324

ELEMENT:

INDEX

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS.....	3
2. CALCULATION ASSUMPTIONS.....	3
2.1. Geometry.....	3
2.2. Concrete.....	3
2.3. Reinforcing steel.....	3
2.4. Strength reduction factors.....	4
2.5. Load factors.....	4
2.6. Exposure conditions.....	4
3. FRP-CONFINEMENT STRENGTH.....	4
3.1. Properties of FRP reinforcement.....	4
3.2. Stress-strain diagram (un-confined and FRP-confined concrete).....	5
4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS.....	6
4.1. Expected loads (strengthening design).....	6
5. RESULTS.....	7
5.1. Summary of results.....	7
5.2. Ultimate limit states.....	7
5.3. Serviceability limit states.....	9
5.4. Fire resistance (t=0 min.).....	10
5.5. FRP arrangement.....	12
6. PRODUCT SPECIFICATION.....	12
6.1. Bonded SikaWrap® fabrics.....	12
6.1.1. Concrete surface preparation.....	13
6.1.2. SikaWrap® fabrics.....	13

6.1.3. Epoxy Adhesive.....	13
6.1.4. Application procedure.....	14
7. LEGAL DISCLAIMER.....	15
8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	15

1. DESIGN CRITERIA AND REGULATIONS

Column strengthening by means of FRP confinement.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- Country: Norway

2. CALCULATION ASSUMPTIONS

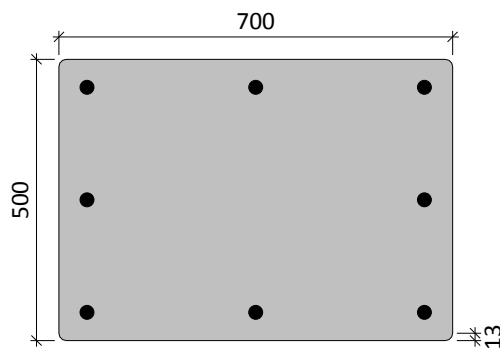
2.1. Geometry

Cross section = Rectangular (rounded)

Width (b) = 700 mm

Height (h) = 500 mm

Radius (r) = 13 mm



2.2. Concrete

Compressive strength of concrete

Concrete strength (f'_c) = 16 MPa

Cylinder specimen = 16 MPa

Cube specimen = 20 MPa

2.3. Reinforcing steel

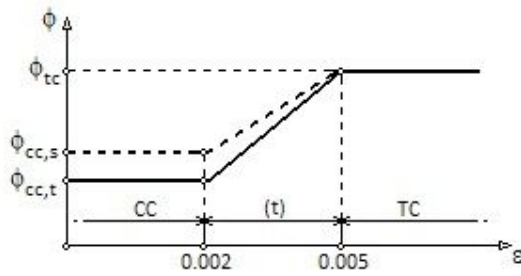
Cover X = 50 mm

Cover Y = 50 mm

Reinforcement	Steel f_y (MPa)	E_s (MPa)	Number x d_s (mm)
Corner	(B320) 320	200000	4 x 25
Face X	(B320) 320	200000	2 x 25
Face Y	(B320) 320	200000	2 x 25

2.4. Strength reduction factors

Defined by (ACI 318)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{cc,s} = 0.75$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.5. Load factors

User values	Dead loads	Live loads
Strengthening limits	1.10	0.75
Expected loads (strengthening design)	1.00	1.50
Anticipated service loads	1.00	1.00
Fire situation	1.00	1.00

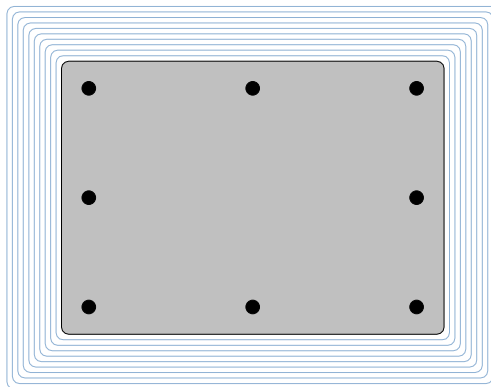
2.6. Exposure conditions

Fiber type: Carbon

Exposure conditions: Interior exposure ($C_e = 0.95$)

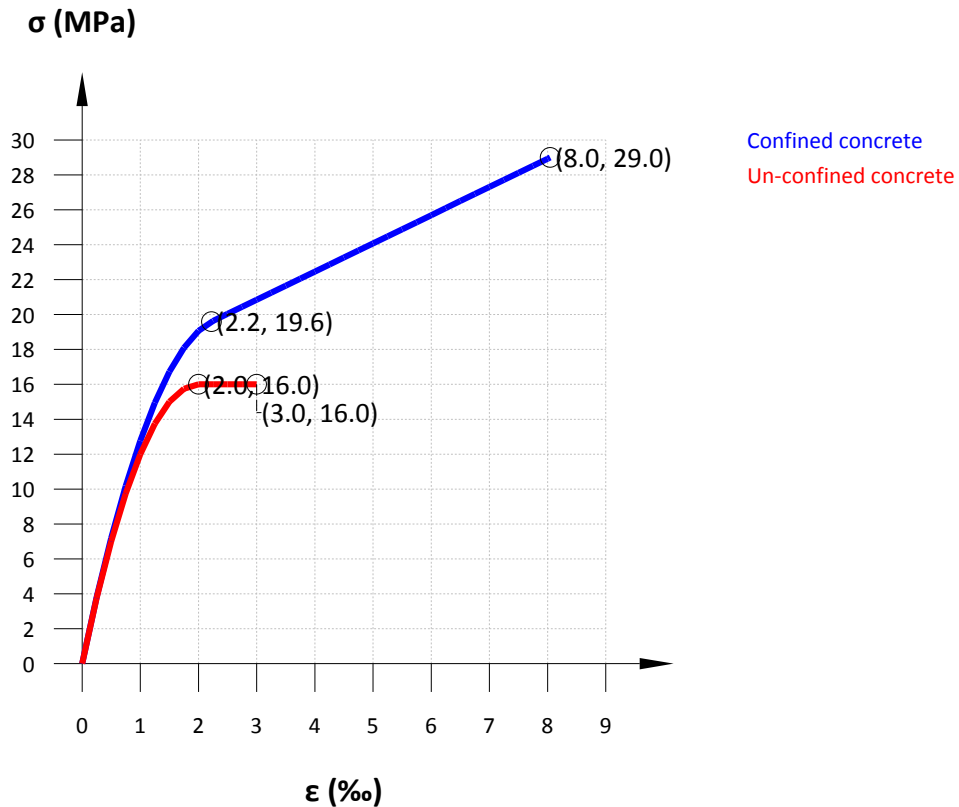
3. FRP-CONFINEMENT STRENGTH

3.1. Properties of FRP reinforcement



Laminate	ε_{fu}^*	E_f (MPa)	Thickness t_f (mm)	Number n	Width (mm)
SikaWrap® 231C - 30 cm	0.0156	225000.00	0.129	10	300.00

3.2. Stress-strain diagram (un-confined and FRP-confined concrete)



Un-confined concrete*

$$f_c = \begin{cases} f'_c \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon'_c} \right)^2 \right] & 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon'_c \\ f'_c & \varepsilon'_c \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu} \end{cases}$$

$$\varepsilon'_c : \underline{0.0020}$$

$$\varepsilon_{cu} : \underline{0.0030}$$

The stress-strain model adopted for FRP-confined concrete is computed using the following expressions (ACI 440.2R-17, 12.1)*

$$f_c = \begin{cases} E_c \cdot \varepsilon_c - \frac{(E_c - E_2)^2}{4 \cdot f'_c} \cdot \varepsilon_c^2 & 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon'_t \\ f'_c + E_2 \cdot \varepsilon_c & \varepsilon'_t \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{ccu} \end{cases}$$

$$E_2 = \frac{f'_{cc} - f'_c}{\varepsilon_{ccu}}$$

$$E_2 : \underline{1615.23} \text{ MPa}$$

$$\varepsilon'_t = \frac{2 \cdot f'_c}{E_c - E_2}$$

$$\varepsilon'_t : \underline{0.0022}$$

*The strength of the unconfined member, and the strength of the confined member for the design stress-strain model, are respectively $0.85 \cdot f'_c$ and $0.85 \cdot f'_{cc}$.

Maximum compressive strength for the confined concrete

$$f'_{cc} = f'_c + \psi_F \cdot 3 \cdot \kappa_a \cdot f_i$$

$$f'_{cc} : \underline{29.00} \text{ MPa}$$

Maximum confinement pressure

$$f_i = \frac{2 \cdot E_f \cdot n \cdot t_f \cdot \varepsilon_{fe}}{D}$$

$$f_i : \underline{5.50} \text{ MPa}$$

Effective strain level in FRP at failure

$$\varepsilon_{fe} = \kappa_e \cdot \varepsilon_{fu}$$

$$\varepsilon_{fe} : \underline{0.0082}$$

Maximum compressive strain in the FRP-confined concrete

$$\varepsilon_{ccu} = \varepsilon'_c \cdot \left(1.50 + 12 \cdot \kappa_b \cdot \frac{f_i}{f'_c} \cdot \left(\frac{\varepsilon_{fe}}{\varepsilon'_c} \right)^{0.45} \right) \leq 0.01$$

$$\varepsilon_{ccu} : \underline{0.0080}$$

$$f_i/f'_c : \underline{0.34}$$

A strain efficiency factor κ_e of 0.55 and a minimum confinement ratio f_i/f'_c of 0.08 must be used ✔

ε_{fu}^*	f_{fu}^* (MPa)	C_E	ε_{fu}	f_{fu} (MPa)	E_f (MPa)	κ_e	ε_c	E_c (MPa)	n	t_f (mm)	D (mm)	A_e/A_c	κ_a	κ_b	ψ_F
0.0156	3510.00	0.95	0.0148	3334.50	225000.00	0.55	0.0020	16000.00	10	0.129	860.23	0.38	0.75	0.32	0.95

4. ANTICIPATED COMBINATIONS OF LOADS

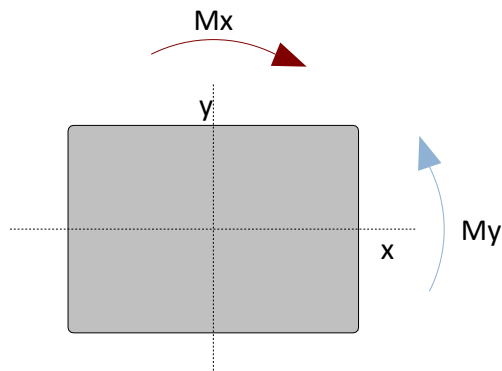
4.1. Expected loads (strengthening design)

Dead loads

$$P_{DL} = 0.00 \text{ kN}, M_{DL,x} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{DL,y} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Live loads

$$P_{LL} = 2564.00 \text{ kN}, M_{LL,x} = 160.00 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{LL,y} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



The live load acting on the member is not expected to be present for a sustained period of time

5. RESULTS

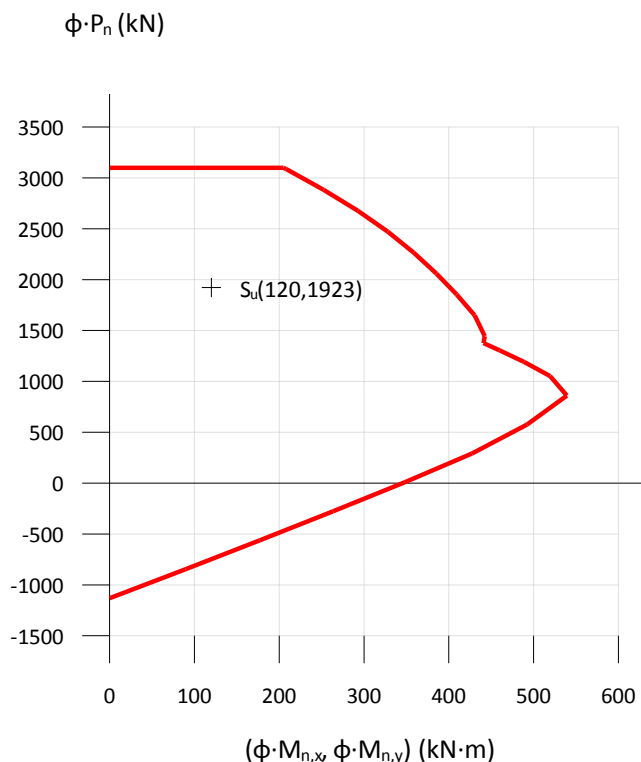
5.1. Summary of results

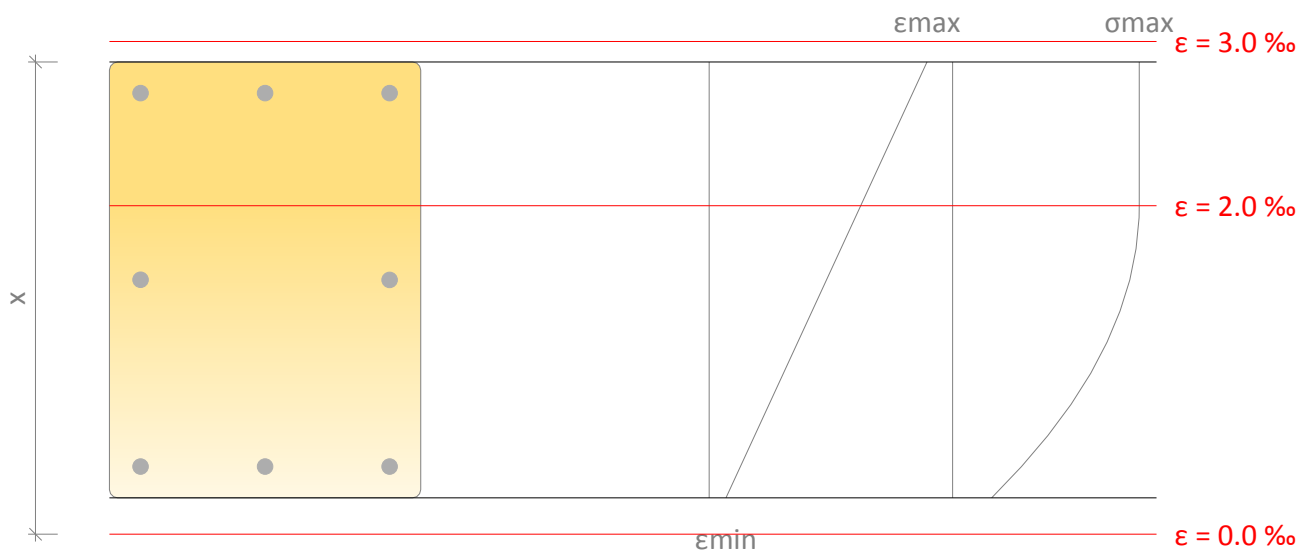
Strengthening limits (ACI440.2R-17, 9.2)					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.65	1923.00	120.00	0.00	Un-strengthened section ✓
Strengthened section under anticipated loads					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.50 \cdot S_{LL}$	0.65	3846.00	240.00	0.00	Strengthened section ✓
Serviceability limit states					
Loading	Service stresses		$\sigma_{c,Max} \leq 0.65 \cdot f'_c$	$\sigma_{y,Max} \leq 0.60 \cdot f_y$	
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$\sigma_{c,Max} = 8.96$ MPa	$\sigma_{y,Max} = 148.86$ MPa	8.96 MPa \leq 10.40 MPa ✓	148.86 MPa \leq 192.00 MPa ✓	
Fire resistance (t=0 min.)					
Loading	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	2564.00	160.00	0.00	Un-strengthened section ✓

5.2. Ultimate limit states

Force balance of section. Strengthening limits. Minimum combination of loads to be resisted by the un-strengthened member (ACI440.2R-17, Section 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$$





Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.87 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = 0.22 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

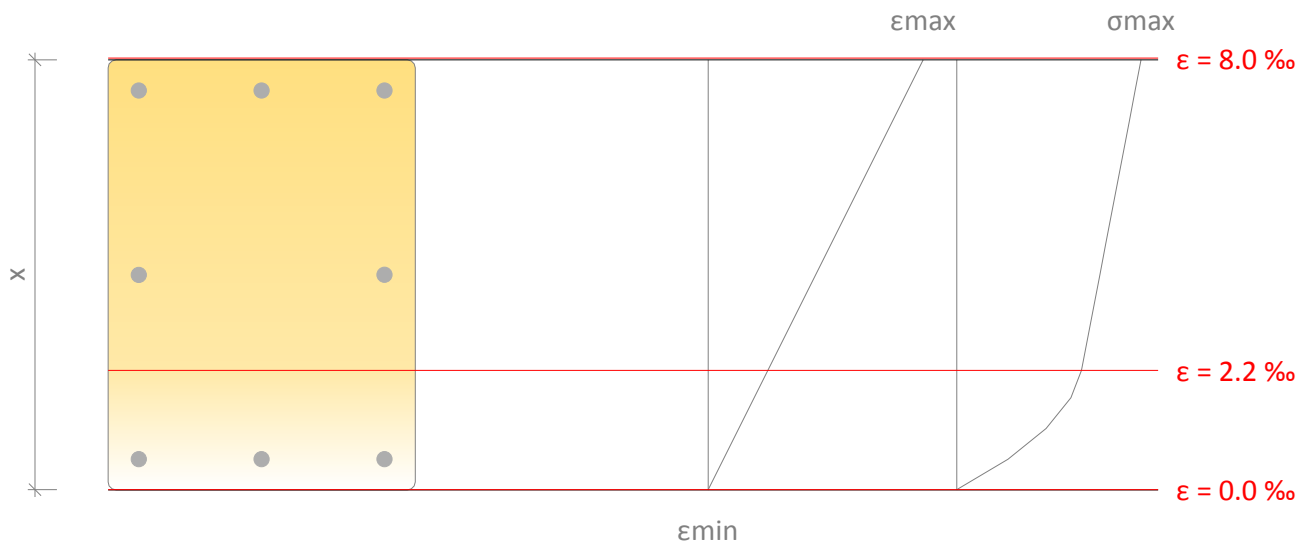
$$f_c = 13.60 \text{ MPa}$$

$$x = 758.47 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 25	300	200	320.00	2.69
No. 25	300	-200	320.00	2.69
No. 25	-300	-200	82.22	0.41
No. 25	-300	200	82.22	0.41
No. 25	0	200	309.63	1.55
No. 25	0	-200	309.63	1.55
No. 25	300	0	320.00	2.69
No. 25	-300	0	82.22	0.41

Force balance of section. Strengthened section with factored expected loads.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.50 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 8.01 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = 0.00 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$f_c = 24.60 \text{ MPa}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$x = 699.57 \text{ mm}$$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 25	300	200	320.00	7.44
No. 25	300	-200	320.00	7.44
No. 25	-300	-200	113.56	0.57
No. 25	-300	200	113.56	0.57
No. 25	0	200	320.00	4.00
No. 25	0	-200	320.00	4.00
No. 25	300	0	320.00	7.44
No. 25	-300	0	113.56	0.57

5.3. Serviceability limit states

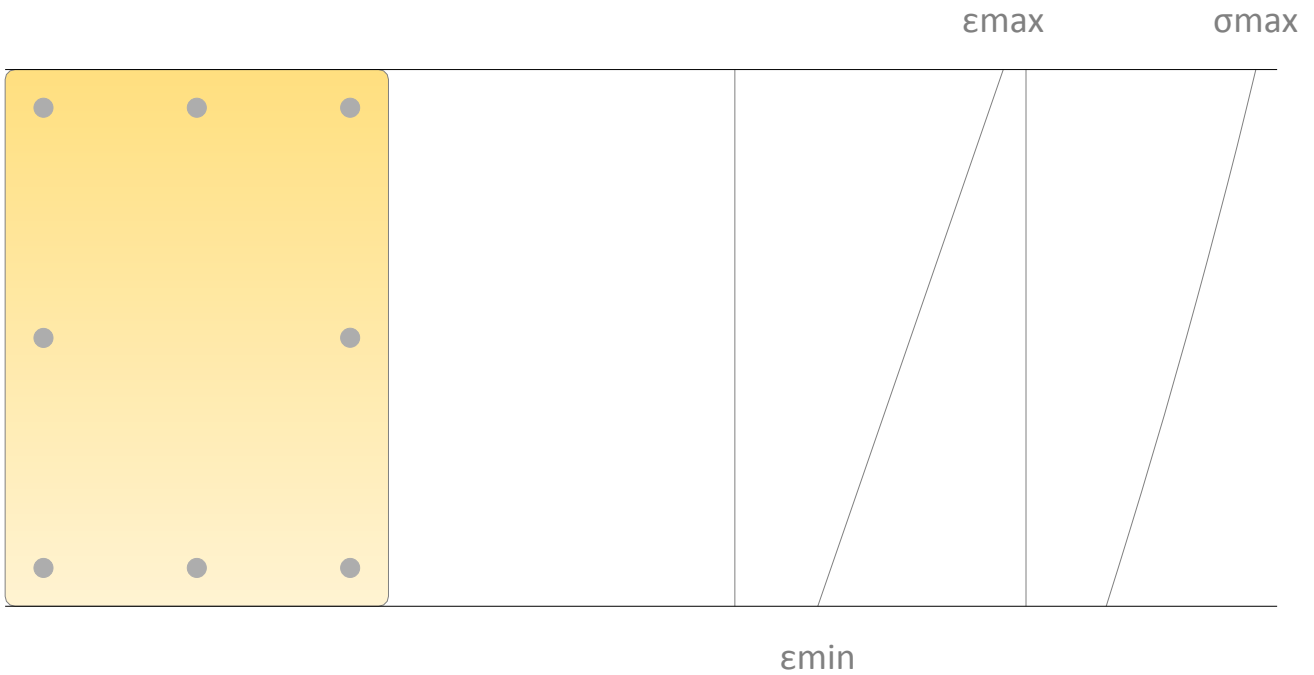
To ensure that radial cracking will not occur under service loads, the transverse strain in the concrete must remain below its cracking strain at service load levels (ACI 440.2R-17, 12.1.3)

This corresponds to limiting the compressive stress in the concrete to $0.65 \cdot f'_c$.

In addition, the service stress in the longitudinal steel must remain below $0.60 \cdot f_y$ to avoid plastic deformation under sustained or cyclic loads.

Force balance of section. Strengthened section under service loads.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain $\epsilon_{max} = 0.78 \text{ ‰}$

$\epsilon_{min} = 0.24 \text{ ‰}$

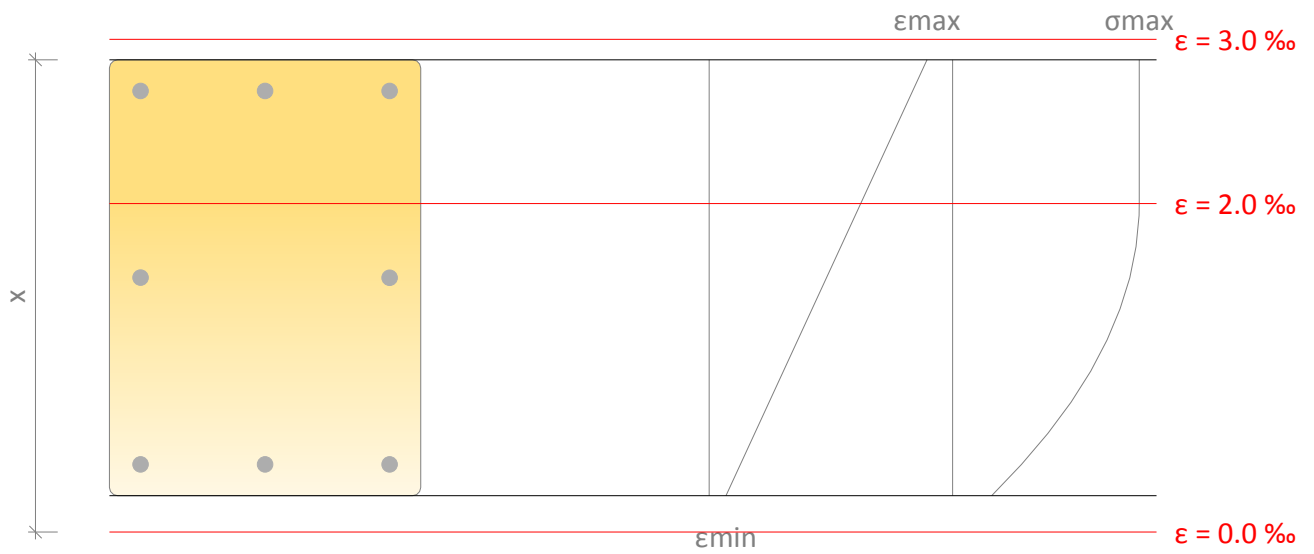
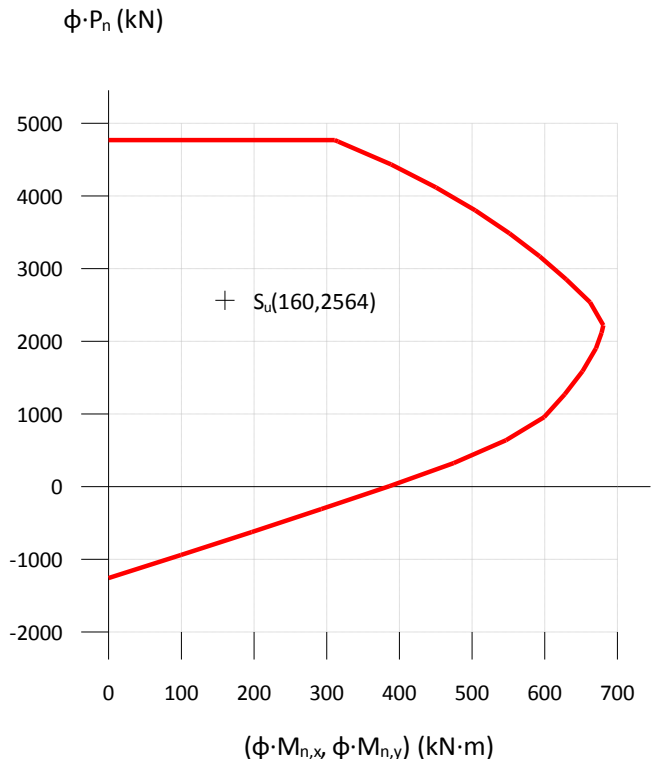
Maximum stress in concrete $f_c = 8.96 \text{ MPa}$

Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 25	300	200	148.86	0.74
No. 25	300	-200	148.86	0.74
No. 25	-300	-200	56.07	0.28
No. 25	-300	200	56.07	0.28
No. 25	0	200	102.46	0.51
No. 25	0	-200	102.46	0.51
No. 25	300	0	148.86	0.74
No. 25	-300	0	56.07	0.28

5.4. Fire resistance (t=0 min.)

Force balance of section. Un-strengthened section.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Maximum and minimum strain

$$\epsilon_{\max} = 2.87 \text{ ‰}$$

Maximum stress in concrete

$$\epsilon_{\min} = 0.22 \text{ ‰}$$

Distance from extreme compression fiber to neutral axis

$$f_c = 13.60 \text{ MPa}$$

$$x = 758.47 \text{ mm}$$

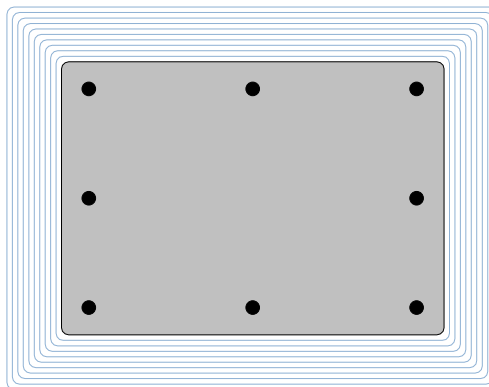
Stress and strain of reinforcement				
Ref.	X Coord. (mm)	Y Coord. (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 25	300	200	320.00	2.69
No. 25	300	-200	320.00	2.69
No. 25	-300	-200	82.22	0.41
No. 25	-300	200	82.22	0.41
No. 25	0	200	309.63	1.55
No. 25	0	-200	309.63	1.55
No. 25	300	0	320.00	2.69
No. 25	-300	0	82.22	0.41

The nominal strength of the un-strengthened member exceeds the combination of loads corresponding to the fire situation. The FRP strengthening is therefore not necessary during a fire situation, and does not need to be protected. If a certain fire rating is necessary, the designer must evaluate the need for a protection of the RC element (concrete and steel reinforcement) according to the local codes.

5.5. FRP arrangement

The previous results correspond to the following FRP scheme:

10 layers of SikaWrap® 231C - 30 cm



6. PRODUCT SPECIFICATION

6.1. Bonded SikaWrap® fabrics

The strengthening shall be achieved using unidirectional carbon fibre fabric, impregnated and externally bonded to the structure with epoxy adhesive Sikadur®-330

The fibers should be aligned and free of torsion.

The material shall have a long track record (> 25 years) for structural strengthening.

The fibre fabric shall be unidirectional and fabricated of PAN based carbon fibres.

Installation in several layers shall be possible.

Measured values of mechanical properties of laminated fabrics shall be provided, minimum test series of 20 samples.

6.1.1. Concrete surface preparation

Any unsound material shall be removed and removed concrete shall be repaired as described above. Large blowholes and honeycombing shall be filled with a suitable repair mortar.

Repair materials shall be fully compatible with the adhesive.

The actual strength of the concrete substrate shall be verified with at least three pull-off tests.

The concrete shall be older than 28 days.

The laitance layer on the substrate surface shall be removed and an open-textured surface shall be created.

The substrate surface shall be cleaned so that it is free from oil, grease and any other contaminants as well as loose particles and dust.

For fibre fabric application, all corners shall be rounded to a minimum radius of 20 mm and any sharp edges shall be removed.

The substrate moisture content shall be less than 4% pbw.

6.1.2. SikaWrap® fabrics

The materials shall comply with the performance characteristics described as follows:

6.1.2.1. Typical Properties of SikaWrap® 231C - 30 cm fabric:

Typical dry fiber properties:

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Tensile Strength	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4900 N/mm ² (MPa)
Strain at break	EN 2561/ASTM D3039	1.56 %

Typical laminate properties (related to fibre thickness):

E-Modulus	EN 2561/ASTM D3039	≈ 225000 N/mm ² (MPa)
-----------	--------------------	----------------------------------

6.1.3. Epoxy Adhesive

The adhesive shall be epoxy based.

The priming of the substrate and the saturation of the SikaWrap® 231C - 30 cm fabric will be done by means of Sikadur®-330

6.1.3.1. Typical Properties of Sikadur®-330 adhesive

The adhesive must comply with EN 1504-4.

Chemical base		Epoxy resin
Density		1.30 kg/l (at +23°C).
Viscosity (shear rate 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Thermal expansion coefficient	-10°C to +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ per °C
Thermal stability. HDT (ASTM D648)	Curing	
	7 days, +10°C	+36°C
	7 days, +23°C	+47°C
	7 days, +35°C	+53°C
Service temperature	23°C Curing	-40°C to +45°C
Tensile Strength	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 days at +23°C)
Bond Strength (sandblasted substrate)	DIN EN ISO 4624	Concrete fracture (> 4 N/mm ²)
E-Modulus (flexural)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 days at +23°C)
E-modulus in tensile	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 days at +23°C)
Elongation at break	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 days at +23°C)

6.1.4. Application procedure

The wrap shall be cut to size with special fibre scissors.

In case of column confinement, the minimum overlap of the fabric in fibre direction shall be 150 mm

A primer layer of the impregnating resin shall be applied on the substrate surface, using a toothed trowel or a roller.

The fabric shall be placed on the substrate, pressed on gently, and the resin shall be worked into the fabric with an impregnation roller until the fabric is completely saturated.

Additional layers shall be installed as described above, preferably wet-on-wet.

In case of a cementitious overcoat, the resulting resin surface shall be broadcasted with quartz sand.

Impregnation shall always be performed in fibre direction.

After application, the finished fibre fabric installation shall be protected from rain, sand, dust and any other contaminants.

If necessary, the applied system shall be protected with a suitable coating (compatibility tests between the coating and the fabric shall be available).

7. LEGAL DISCLAIMER

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND SIKA EXPRESSLY DISCLAIMS ANY WARRANTIES WITH RESPECT TO THE SOFTWARE APPLICATION AND RESULTS DERIVED FROM ITS USE.

Sika shall not be liable for any consequential, punitive, incidental, exemplary, or special damages (including but not limited to loss of business opportunity or loss of profit) arising out of the evaluation or use of the software application and results derived from its use.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

Except as indicated otherwise, all information, text, graphic images, features, functions, and layout contained in this software are the exclusive property of Sika and may not be copied or distributed, in whole or in part, without the Company's express written consent.

By transmitting information to Sika, you grant to the Company the unrestricted irrevocable license to use, reproduce, display, modify, distribute and perform such information. Personal identity information is used by Sika only to process a request for information by you or for marketing our products and services.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ABOUT SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Engineered by:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (Spain)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Switzerland)
www.sika.com

Element:
Editor:
Remarks:

Date: 04/04/2022
Project: Vedlegg A109 - Forster...

BUILDING TRUST



Tittel Vedlegg A110 - Kapasitetsberegning søyle S.C.324 med B25			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 324 etter forbedring
 Dataprogram: BTRSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	700	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,50E+05	mm ²
Iy	7,29E+09	mm ⁴
Iz	1,43E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering								
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	300	300	-300	-300	300	-300	0	0
Z (mm)	200	-200	200	-200	0	0	200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B25 (C 25/30)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	31500	Kryptall, FI 0_28	1,63
Trykkfasthet, f _{cd}	14,2	Kryptall, FI 28_5000	2,42
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,57	Svinntøyning, 0_28	-,00005
Strekkfasthet, f _{ctd}	1,02	Svinntøyning, 28_25000	-,00035

Tittel Vedlegg A110 - Kapasitetsberegning søyle S.C.324 med B25			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	6520 mm	Knekk lengde i Y-retning	6520 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	16 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	16 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	160,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =276,0 kNm	Zretning: 27 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =61,8 kNm	Yretning: -3 mm
Ng	-2649,6 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-2649,6	N	-2649,6
MY inkl. geom.avvik	203,2	MY inkl. geom.avvik	160,0
MZ inkl. geom.avvik	54,2	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	72,8	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	7,6	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
MY,MZ/ MYd,MZd	0,90	senteravstand	300
SigmaC min	-11,13	SigmaS maks	0
SigmaS maks	31,94	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 14 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse

Tittel Vedlegg A111 - Kapasitetsberegning søyle S.C.322 med B30			Side 1
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Data er lagret på fil: C:\Users\Ny Von 02\OneDrive - Høgskulen på Vestlandet\Bachelor oppgave\BT-snitt\Søyle 324 etter forbedring
 Dataprogram: BTRSNITT versjon 7.1 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008

Tverrsnitt

b	700	mm
h	500	mm
Zt	0	mm
Yt	0	mm
Areal	3,50E+05	mm ²
Iy	7,29E+09	mm ⁴
Iz	1,43E+10	mm ⁴

Maks. bøyleavstand: 375 mm
 Spesielle krav: endesoner og seismisk
 Se NS-EN 1992-1-1 9.5.3 og NA.9.5.3(3)
 bøylearmering d8

Armeringsdata, slakkarmering								
D (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25
Y (mm)	300	300	-300	-300	300	-300	0	0
Z (mm)	200	-200	200	-200	0	0	200	-200

Materialdata			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Eksponeeringsklasse	XC3
Materialfaktor betong	1,50	Lite korrosjonsømfintlig armering	
Materialfaktor stål	1,25	Dimensjonerende levetid 50 år	
Betongkvalitet	B30 (C 30/37)	Minimum overdekning	
Densitet kg/m ³	2400	Min. krav	25
Sement i fasthetsklasse	N	Toleranse	10
Armering flytegrense	400	Min. nominell overdekning	35
Skjærarmering flytegrense	400		
Relativ fuktighet	40%		
Betongens alder ved pålastning (døgn)	28		
Effektiv høyde, h ₀ (NS-EN 1992-1-1 (B.6))	450		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			
Korttids Emodul, E _{cm}	32800	Kryptall, FI 0_28	1,46
Trykkfasthet, f _{cd}	17,0	Kryptall, FI 28_5000	2,17
Middelverdi av strekkfasthet, f _{ctm}	2,90	Svinntøyning, 0_28	-,00006
Strekkfasthet, f _{ctd}	1,15	Svinntøyning, 28_25000	-,00033

Tittel Vedlegg A111 - Kapasitetsberegning søyle S.C.322 med B30			Side 2
Prosjekt	Ordre	Sign	Dato 24-05-2022

Knekningsdata			
Knekk lengde i Z-retning	6520 mm	Knekk lengde i Y-retning	6520 mm
Geometrisk avvik i Z-retning	16 mm	Geometrisk avvik i Y-retning	16 mm
N-langtid/ N-total (for beregning av MN-diagram)			0,500
Største tillatte utbøyning i brukstilstand:		Knekk lengde / 300	

Pålitelighetsklasse: 3 (brukervalgte lastfaktorer)					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Risskontroll	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor: Kategori H1
Permanent last (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	Krav maks.nedbøyning: Bruk/utstyr stiller krav til nedbøyning
Variabel last (P)	0,50	0,20	1,00	1,00	

Snittkrefter. Lasttilfelle nr 1				Bruddgrensetilstand: totalt moment og utbøyning	
Permanent last		Variabel last		Totalt moment	Utbøyning
Mg_Y	160,0 kNm	Mp_Y	0,0 kNm	MY-total =253,7 kNm	Zretning: 19 mm
Mg_Z	0,0 kNm	Mp_Z	0,0 kNm	MZ-total =61,8 kNm	Yretning: -2 mm
Ng	-2649,6 kN	Np	0,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Mg_Y, Mp_Y gir strekk i ok

Dimensjonerende snittkrefter
Momentkontroll og risskontroll: Bidrag fra minste eksentrisitet medtas i MY og MZ.

Momentkontroll. Lasttilfelle nr 1		Risskontroll. Lasttilfelle nr 1	
N	-2649,6	N	-2649,6
MY inkl. geom.avvik	203,2	MY inkl. geom.avvik	160,0
MZ inkl. geom.avvik	55,9	MZ inkl. geom.avvik	0,0
MY_tillegg (utbøyning)	50,5	MY_tillegg (utbøyning)	0,0
MZ_tillegg (utbøyning)	5,9	MZ_tillegg (utbøyning)	0,0
MY,MZ/ MYd,MZd	0,79	senteravstand	300
SigmaC min	-11,15	SigmaS maks	0
SigmaS maks	0,00	SigmaS/ Sigma-tillatt	0,00

Utbøyning (bruksgrense) y-retning. 0 mm Utbøyning i z-retning. 12 mm

Overdekning for bøylearmering er mindre enn minimum overdekning + toleranse