



VEDLEGG

Prosjektering av flytebrygge for Stamsneset
dokkanlegg

Designing a floating pier for Stamsneset dock
facility

Rolf Bjordal

Marius Midtun Egeland

Henrik Rekdal Eidheim

BYG150 Bacheloroppgave - Bygg

Institutt for byggfag

Trond Einar Martinsen

25. mai 2020

Vedleggsliste

Vedlegg A – Lastgrunnlag (kapittel 4).....	3
Vedlegg B – Materialer (kapittel 5.3).....	10
Vedlegg C – Høyde (kapittel 5.4).....	11
Vedlegg D – Kryptall (kapittel 5.5-5.8).....	13
Vedlegg E – Topplate (kapittel 5.5).....	14
Vedlegg F - Parameterstudie av forflytning av punktlast (kapittel 5.5).....	37
Vedlegg G – Bunnplate (kapittel 5.6).....	38
Vedlegg H - Langvegg mot sjø (kapittel 5.7).....	57
Vedlegg I - Kortvegg mot sjø (kapittel 5.8).....	80
Vedlegg J – Innervegg - Ulykkeslast på indre langvegg (kapittel 5.9.1).....	103
Vedlegg K – Innervegg - Ulykkeslast på indre kortvegg (kapittel 5.9.2).....	112
Vedlegg L - Innfestning pullert (kapittel 5.10.1).....	121
Vedlegg M - Innfestning forankring (kapittel 5.10.2).....	126
Vedlegg N - Generell stabilitet (kapittel 5.11).....	129
Vedlegg O - Oppdrift etter ulykke (kapittel 5.12.1).....	132
Vedlegg P - Stabilitet etter ulykke (kapittel 5.12.2).....	134
Vedlegg Q - Globalt brudd – bølger i ender (kapittel 5.13.1-5.13.3).....	137
Vedlegg R - Globalt brudd – bølge på midten. (kapittel 5.13).....	144
Vedlegg S - Globalt brudd – skjærkraft (kapittel 5.13.2).....	151
Vedlegg T - Dimensjonering landgang (kapittel 6.1-6.2).....	152
Vedlegg U - Utmatting landgang (kapittel 6.2.2).....	156

Lastgrunnlag

Laster nedover:

Egenlast: $g_k := 25 \frac{kN}{m^3}$ SINTEF 471.031
Tabell 21

Nyttelast: $p_k := 5 \frac{kN}{m^2}$ Kategori G [NS-EN 1991-1-1]
Tabell NA.6.8

Truck $Q_k := 180 \text{ kN}$ [NS-EN 1991-1-1]
Tabell 6.5 og 6.6

Forankring er anslått ut fra
egenvekt til kjetting

Snølast: NS-EN1991-1-3

Formfaktor:

$\mu := 0.8$ Tab. 5.2

Karakteristisk snølast Bergen kommune, der H er mindre enn høydegrense:

$Sk := 2.0 \frac{kN}{m^2}$ Tab. NA.4.1(901)

Snølast:

$s := \mu \cdot Sk = 1.6 \frac{kN}{m^2}$ (5.1)

$s_k := 1.6 \frac{kN}{m^2}$

Vindlast : NS-EN1991-1-4

Forenklet metode nyttet etter å ha vurdert lokal topografi.

Referansevindhastighet Hordaland:

$V_{b0} := 26 \frac{m}{s}$ Tab. NA4(901.1)

Hastighetstrykk fra vindkast:

$q_0 := 0.9 \frac{kN}{m^2}$ Fig. V.1.c

Ruhetkategori 1 med 10 km til sone 0.

Tab. NA.4.1

Overgangssonefaktor:

$$K3 := 1$$

Tab. V.1.a

$$qkast := q0 \cdot K3 = 0.9 \frac{kN}{m^2}$$

(NA.4.8)

Vegg (negativ=sug, positivt=trykk):

Tab. 7.1

Formfaktor sone A: $ffa := -1.2$

$$qa := ffa \cdot qkast = -1.08 \frac{kN}{m^2}$$

Formfaktor sone B: $ffb := -0.8$

$$qb := ffb \cdot qkast = -0.72 \frac{kN}{m^2}$$

Formfaktor sone C: $ffc := -0.5$

$$qc := ffc \cdot qkast = -0.45 \frac{kN}{m^2}$$

Formfaktor sone D: $ffd := 0.7$

$$qd := ffd \cdot qkast = 0.63 \frac{kN}{m^2}$$

Formfaktor sone E: $ffe := -0.27$

$$qe := ffe \cdot qkast = -0.243 \frac{kN}{m^2}$$

Tak (negativ=sug, positiv=trykk):

Tab. 7.2

Formfaktor sone F: $fff := -1.8$

$$qf := fff \cdot qkast = -1.62 \frac{kN}{m^2}$$

Formfaktor sone H: $ffh := -0.7$

$$qh := ffh \cdot qkast = -0.63 \frac{kN}{m^2}$$

Formfaktor sone I: $ffi1 := -0.2$

$$qi1 := ffi1 \cdot qkast = -0.18 \frac{kN}{m^2}$$

$$ffi2 := 0.2$$

$$qi2 := ffi2 \cdot qkast = 0.18 \frac{kN}{m^2}$$

Last oppover:

$$h := 4.9 \text{ m} \quad g := 9.81 \frac{m}{s^2} \quad \rho_{SV} := 1028 \frac{kg}{m^3} \quad [\text{https://snl.no/hav}]$$

Vanntrykk ved bunn av bryggen:

$$P := \rho_{SV} \cdot g \cdot h = 49.415 \frac{kN}{m^2}$$

Laster på ytre vegger fra sider:

Lastbredde:

$$lb := \frac{50}{8} \text{ m} = 6.25 \text{ m}$$

Dimensjonerte displacement fra fartøy:

$$M_d := 2000 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

Dimensjonerte displacement fra fartøy uten enhet, for kalkulasjon (tonn):

$$M_{dk} := 2000$$

Vindlast (over vann på brygge)(viser til tidligere utregning av vindlast):

$$V_s := 1.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} (\text{sug})$$

$$V_t := 0.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} (\text{Trykk})$$

Skipslast:

Alle formler og verdier henvist er hentet fra Port designers handbook, second edition av Carl A. Thoresen.

Friksjonskoeffisient mot fender:

$$\mu := 0.7$$

Kap. 5.6 S.157

Fenderfaktor for dekk valgt:

$$f_f := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{kN} \cdot \text{m}}$$

Maks fenderfaktor tillatt

Sikkerhetsfaktor for fender, ved hardt sammenstøt:

$$f_s := 1.7$$

Tab 5.3

Sikkerhetsfaktor for ulykke der fendre ødelegges:

$$f_u := 1.25$$

Kap. 7.3(b)

Faktor for energifordeling og/eller rotasjon for empirisk metode:

$$f_e := 0.5$$

S. 153

Skipslast metode 1, teoretisk metode:

Fart normalt på brygge:

$$V := 0.2 \frac{m}{s}$$

Fig. 5.3 og tab 5.2

Hydrodynamisk massefaktor:

$$C_H := 1.5$$

Tab. 5.1

Eksentrisk effekt faktor:

$$C_E := 0.7$$

S. 148

Vannpute effekt faktor:

$$C_C := 1$$

S. 149

Elastisitets effekt faktor:

$$C_S := 1$$

S. 150

Korreksjonsfaktor:

$$C := C_H \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S = 1.05$$

Kinetisk energi på fendre:

$$E_{f1} := C \cdot (0.5 \cdot M_d \cdot V^2) = 42 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{S. 146}$$

Kraft normalt på vegg:

$$S_{p1} := E_{f1} \cdot f_f \cdot f_s \cdot f_u = 223.125 \text{ kN}$$

Friksjonskraft langs vegg:

$$S_{f1} := \mu \cdot S_{p1} = 156.188 \text{ kN}$$

Skipslast metode 2, empirisk metode:

Kinetisk energi på fendre:

$$E_{f2} := \left(\frac{10 \cdot M_{dk}}{120 + \sqrt{M_{dk}}} \right) \cdot f_e \cdot 10^3 \text{ J} = 60.709 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{s.153}$$

Kraft normalt på vegg:

$$S_{p2} := E_{f2} \cdot f_f \cdot f_s \cdot f_u = 322.514 \text{ kN}$$

Friksjonskraft langs vegg:

$$S_{f2} := \mu \cdot S_{p2} = 225.76 \text{ kN}$$

Empirisk metode vil være svært konservativ da den ikke tar høyde for den lave farten til forflåtene, og de gode forholdene i området, men kun displacement for et teoretisk skip under mindre gunstige forhold.

Skipslast metode 3, tabell ut fra pullertlast:

Kraft normalt på vegg per 0.25 m^2 som skal kunne virke på verste sted (punktlast på senter vegg):

$$S_{p3} := 100 \cdot \text{kN} \cdot f_s \cdot f_u = 212.5 \text{ kN} \quad \text{Tab 5.4 s. 157}$$

Kraft normalt på vegg, linjelast:

$$S_{l3} := 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot f_s \cdot f_u = 31.875 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Tab 5.4 s. 157}$$

Friksjonskraft langs vegg:

$$S_{f3} := \mu \cdot S_{p3} = 148.75 \text{ kN} \quad \text{Tab 5.4 s. 157}$$

Nedoverrettet kraft fra fartøy som henger på fender:

$$S_{n3} := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Tab 5.5, s.158}$$

Valgt skipslast:

Skipslast normalt på vegg som er brukt for dimensjonering:

$$S_p := 300 \text{ kN}$$

Betong:

$$a_{cc} := 0.85 \quad \text{NA.3.1.6(1)P}$$

$$\gamma_C := 1.5 \quad 2.4.2.4$$

$$f_{ck} := 45 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Tabell 3.1}$$

$$f_{cd} := \frac{a_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_C} = 25.5 \frac{N}{mm^2} \quad 3.1.6(1)P$$

Armeringsstål:

$$\gamma_S := 1.15 \quad \text{Tabell 2.1N}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{N}{mm^2} \quad \text{B500NC}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = 434.78 \frac{N}{mm^2}$$

$$t_{\text{vegg, inne}} := 0.20 \text{ m} \quad t_{\text{dekke}} := 0.3 \text{ m} \quad t_{\text{vegg, ute}} := 0.3 \text{ m} \quad \text{fri} := 1.2 \text{ m}$$

$$b := 10 \text{ m} \quad l := 50 \text{ m} \quad \rho_V := 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho_B := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$b_B := 10 \text{ m} - 2 \cdot t_{\text{vegg, ute}} - t_{\text{vegg, inne}} = 9.2 \text{ m} \quad g := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Laster ekskl. egenvekt:

$$q_k := \frac{14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} - 7.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{g} = 662.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad \text{Fra Lastoversikt}$$

Punktlaster:

$$Q_k := \frac{336 \text{ kN}}{g} = 34250.8 \text{ kg} \quad \text{Fra Lastoversikt}$$

Forankring:

$$F_k := 30000 \text{ kg} \quad \text{Anslått}$$

Ekstra betong til forankring og pullert:

$$B_k := 11.7 \text{ m}^3 \cdot \rho_B = 29250 \text{ kg}$$

Minste høyde på bryggen:

$$h := \frac{\rho_V \cdot b \cdot l \cdot \text{fri} + 2 \cdot b \cdot l \cdot t_{\text{dekke}} \cdot \rho_B + q_k \cdot b \cdot l + Q_k + F_k + B_k}{b \cdot l \cdot \rho_V - \left((2 \cdot l + 2 \cdot b_B) \cdot t_{\text{vegg, ute}} \cdot \rho_B + (l + 7 \cdot b_B) \cdot t_{\text{vegg, inne}} \cdot \rho_B \right)} = 4.868 \text{ m}$$

Kontroll av fribordshøyde:

$$b := 10 \text{ m} \quad l := 50 \text{ m} \quad \rho_V := 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho_B := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$t_{\text{vegg.inne}} := 0.2 \text{ m} \quad t_{\text{dekke}} := 0.3 \text{ m} \quad t_{\text{vegg.ute}} := 0.3 \text{ m} \quad h := 4.9 \text{ m}$$

$$b_B := 10 \text{ m} - 2 \cdot t_{\text{vegg.ute}} - t_{\text{vegg.inne}} = 9.2 \text{ m}$$

$$h_{\text{vegg}} := h - 2 \cdot t_{\text{dekke}} = 4.3 \text{ m}$$

Fribord med $h = 4,9\text{m}$:

For å regne ut fribord må ligningen deles inn i ledd.

$$\text{ledd}_1 := (b \cdot l \cdot \rho_V - ((2 \cdot l + 2 \cdot b_B) \cdot t_{\text{vegg.ute}} \cdot \rho_B + (1 + 7 \cdot b_B) \cdot t_{\text{vegg.inne}} \cdot \rho_B)) \cdot h$$

$$\text{ledd}_2 := (2 \cdot b \cdot l \cdot t_{\text{dekke}} \cdot \rho_B + q_k \cdot b \cdot l + Q_k + F_k + B_k)$$

$$\text{fri} := \frac{\text{ledd}_1 - \text{ledd}_2}{\rho_V \cdot b \cdot l} = 1.223 \text{ m}$$

Kryptall - egenlast, gjelder for alle elementer:

Data:

Betongens trykkfasthet etter 28 døgn:

$$f_{cm} := 53 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Relativ luftfuktighet:

$$RH := 80 \quad \%$$

Tverrsnittsareal:

$$A_c := 1000 \cdot 300 = 3 \cdot 10^5 \quad mm^2$$

Omkrets utsatt for uttørking:

$$u := 2000 \quad mm$$

Betonges alder på betraktet tidspunkt:

$$t := \infty$$

Betongens alder ved belastning:

$$t_0 := 7$$

$$\beta_{t_0} := \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.2})} = 0.635$$

$$\beta_{f_{cm}} := \frac{16.8}{\sqrt[2]{f_{cm}}} = 2.308$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 300$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} = 0.748$$

$$\alpha_2 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.92$$

$$\alpha_3 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.5} = 0.813$$

$$\phi_{RH} := \left(1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 1.126$$

$$\phi_0 := \phi_{RH} \cdot \beta_{f_{cm}} \cdot \beta_{t_0} = 1.649$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 = 868.98$$

$$< 1500 \cdot \alpha_3 = 1218.95$$

$$\beta_c := \left(\frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right)^{0.3} = 1$$

$$\phi(t, t_0) := \phi_0 \cdot \beta_c = 1.649$$

Kryptall egenlast: $\phi_1 := 1.649$

Kryptall - nyttelast, gjelder for alle element:

Data:

Betongens trykkfasthet etter 28 døgn:

$$f_{cm} := 53 \quad \frac{N}{mm^2}$$

Relativ luftfuktighet:

$$RH := 80 \quad \%$$

Tverrsnittsareal:

$$A_c := 1000 \cdot 300 = 3 \cdot 10^5 \quad mm^2$$

Omkrets utsatt for uttørking:

$$u := 2000 \quad mm$$

Betonges alder på betraktet tidspunkt:

$$t := \infty$$

Betongens alder ved belastning:

$$t_0 := 90$$

$$\beta_{t_0} := \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.2})} = 0.391$$

$$\beta_{f_{cm}} := \frac{16.8}{\sqrt[2]{f_{cm}}} = 2.308$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 300$$

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} = 0.748$$

$$\alpha_2 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.92$$

$$\alpha_3 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.5} = 0.813$$

$$\phi_{RH} := \left(1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 1.126$$

$$\phi_0 := \phi_{RH} \cdot \beta_{f_{cm}} \cdot \beta_{t_0} = 1.015$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 = 868.98 < 1500 \cdot \alpha_3 = 1218.95$$

$$\beta_c := \left(\frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right)^{0.3} = 1$$

$$\phi(t, t_0) := \phi_0 \cdot \beta_c = 1.015$$

Kryptall nyttelast: $\phi_2 := 1.015$

Laster øvre dekke

Jevnt fordelte laster:

Tykkelse dekke:

$$t := 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Egenlast: } g_{Ed} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot t \cdot 1.2 = 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

SINTEF 471.031
Tabell 21

$$\text{Nyttelast: } p_{Ed} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.5 = 7.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kategori G [NS-EN 1991-1-1]
Tabell NA.6.8

$$\text{Snølast: } s_{Ed} := 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.05 = 1.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

[NS-EN 1991-1-3]

$$\text{Vindlast: } v_{Ed} := 0.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.05 = 0.19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

[NS-EN 1991-1-4]

Totalt, jevnt fordelte laster - 1m dekkestripe:

$$q_{Ed} := (g_{Ed} + p_{Ed} + s_{Ed} + v_{Ed}) = 18.37 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_k := \left(\frac{g_{Ed}}{1.2} + \frac{p_{Ed}}{1.5} + \frac{s_{Ed}}{1.05} + \frac{v_{Ed}}{1.05} \right) = 14.28 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Punktlaster:

Truck, vinkelrett:

$$Q_k := 180 \text{ kN}$$

Inkl. lastfaktor:

$$Q_{Ed} := Q_k \cdot 1.05 = 189 \text{ kN}$$

[NS-EN 1991-1-1]

Jevnt fordelt last:

$$l_y := \frac{50}{8} \text{ m} = 6.25 \text{ m} \quad l_x := \frac{10}{2} \text{ m} = 5 \text{ m} \quad \frac{l_y}{l_x} = 1.25$$

Tabellverdier hentet fra tabell 2.2.6 i tysk betongkalender.

Feltmomenter:

$$m_{Ed.x.felt} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{37} = 12.41 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad m_{Ed.y.felt} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{69.4} = 6.62 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Støttemomenter:

$$m_{Ed.x.støtte} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{14.9} = 30.82 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad m_{Ed.y.støtte} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{17.7} = 25.94 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Skjærkrefter:

$$v_{Ed.x.støtte} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{1.98} \cdot 1 \text{ m} = 46.39 \text{ kN} \quad v_{Ed.y.støtte} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{2.11} \cdot 1 \text{ m} = 43.53 \text{ kN}$$

Punktlast:

Feltmomenter:

$$M_{Ed.x.felt} := 0.3 \cdot Q_{Ed} = 56.7 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$M_{Ed.y.felt} := 0.239 \cdot Q_{Ed} = 45.17 \frac{kN \cdot m}{m}$$

Støttmomenter:

$$M_{Ed.x.støtte} := 0.135 \cdot Q_{Ed} = 25.52 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$M_{Ed.y.støtte} := 0.075 \cdot Q_{Ed} = 14.18 \frac{kN \cdot m}{m}$$

Likt ved $y=0$ og $y=b$ pga.
symmetri.

Likt ved $x=0$ og $x=a$ pga.
symmetri.

Skjærkrefter:

$$V_{Ed.x.støtte} := 0.135 \cdot Q_{Ed} = 25.52 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.y.støtte} := 0.075 \cdot Q_{Ed} = 14.18 \text{ kN}$$

Likt ved $y=0$ og $y=b$ pga.
symmetri.

Likt ved $x=0$ og $x=a$ pga.
symmetri.

Sum av momenter:

Siden maksmomentene oppstår på samme sted, summerer vi bare momentene fra den jevnt fordelte lasten og punktlasten.

Feltmomenter:

$$M_{Ed.x} := m_{Ed.x.felt} + M_{Ed.x.felt} = 69.1 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$M_{Ed.y} := m_{Ed.y.felt} + M_{Ed.y.felt} = 51.8 \frac{kN \cdot m}{m}$$

Støttemomenter:

$$M_{Ed.x0} := m_{Ed.x.støtte} + M_{Ed.x.støtte} = 56.3 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$M_{Ed.y0} := m_{Ed.y.støtte} + M_{Ed.y.støtte} = 40.1 \frac{kN \cdot m}{m}$$

Skjærkrefter:

$$V_{Ed.x} := v_{Ed.x.støtte} + V_{Ed.x.støtte} = 71.9 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.y} := v_{Ed.y.støtte} + V_{Ed.y.støtte} = 57.7 \text{ kN}$$

Armering - underkant, felt:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx6,25m

$$l_x := \frac{10}{2} \text{ m} = 5 \text{ m}$$

$$l_y := \frac{50}{8} \text{ m} = 6.25 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 10 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 300 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 60 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 232 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 216 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 377.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 327.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.

Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x}}{M_{Rd.x}} \right) = 0.97 \quad *dx \qquad z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y}}{M_{Rd.y}} \right) = 0.97 \quad *dy$$

$z > 0.95d$, derfor blir indre momentarm slik:

$$z_x := 0.95 \cdot d_x = 220.4 \text{ mm}$$

$$z_y := 0.95 \cdot d_y = 205.2 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 for å ta høyde for momentomlagring.

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 865.03 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 696.22 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkstripe):

Multipliserer med en faktor 2,0 ettersom konstruksjonens tetthett vektlegges.

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x \cdot 2.0 = 916.9 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 301.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y \cdot 2.0 = 853.6 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 280.8 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{x-retning:} \quad \text{Ø16} \quad cc := 200 \text{ mm} \quad A_{sx.valgt.UK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \quad \text{Ø16} \quad cc := 200 \text{ mm} \quad A_{sy.valgt.UK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd,x} := A_{sx, valgt.UK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 96.38 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}} = 0.72$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd,y} := A_{sy, valgt.UK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 96.38 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}} = 0.54$$

Armering - overkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5m x 6,25m

$$l_x := \frac{10}{2} \text{ m} = 5 \text{ m}$$

$$l_y := \frac{50}{8} \text{ m} = 6.25 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 10 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 300 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 60 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 232 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 216 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 377.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 327.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.
Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x0}}{M_{Rd.x}}\right) = 0.97 \quad *dx \qquad z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y0}}{M_{Rd.y}}\right) = 0.98 \quad *dy$$

$z > 0.95d$, derfor blir indre momentarm slik:

$$z_x := 0.95 \cdot d_x = 220.4 \text{ mm}$$

$$z_y := 0.95 \cdot d_y = 205.2 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 for å ta høyde for mer ugunstig plassering av punktlast.

$$\text{x-retning:} \quad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x0}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 705.1 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \quad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y0}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 539.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkestripe):

Multipliserer med en faktor 2,0 ettersom konstruksjonens tetthett vektlegges.

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x \cdot 2.0 = 916.9 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 301.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y \cdot 2.0 = 853.6 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 280.8 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{x-retning:} \quad \text{Ø16 } cc := 200 \text{ mm} \quad A_{sx.valgt.OK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \quad \text{Ø16 } cc := 200 \text{ mm} \quad A_{sy.valgt.OK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x} := A_{sx.valgt.OK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 96.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x0}}{M_{Rd.x}} = 0.58$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y} := A_{sy.valgt.OK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 96.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y0}}{M_{Rd.y}} = 0.42$$

Skjærkontroll - har platen tilstrekkelig skjærkraftskapasitet uten skjærarmoring [6.2.2(1)]:

$$\gamma_C := 1.5 \quad f_{ck} := 45 \frac{N}{mm^2}$$

x-retning:

$$d_{tp} := \frac{d_x \cdot A_{sx.valgt.OK} + d_y \cdot A_{sy.valgt.OK}}{A_{sx.valgt.OK} + A_{sy.valgt.OK}} = 224 \text{ mm}$$

$$k := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d_{tp}}} = 1.94 < 2$$

$$C_{Rd.c} := \frac{0.15}{\gamma_C} = 0.1$$

$$\rho_L := \frac{(A_{sx.valgt.OK} + A_{sy.valgt.OK}) \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_{tp}} = 0.01 < 0,02$$

$$V_{min} := 0.035 k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0.64 \frac{N}{mm^2}$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} := C_{Rd.c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \frac{N}{mm^2} \cdot b \cdot d_x = 154.8 \text{ kN} > V_{Ed.x} = 71.9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.c2} := V_{min} \cdot b \cdot d_x = 147.7 \text{ kN}$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x}}{V_{Rd.c1}} = 0.46$$

Konklusjon: skjærarmoring ikke nødvendig.

Bruksgrense:

Nedbøyning:

Må finne midlere E-modul:

$$E_{cm} := 36000 \frac{N}{mm^2}$$

$$\phi_1 := 1.649$$

$$\phi_2 := 1.015$$

Egenlast:

$$g_k := 7.5 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_1 := g_k \cdot 1 \text{ m} = 7.5 \frac{kN}{m}$$

$$E_1 := \frac{E_{cm}}{1 + \phi_1} = 13590 \frac{N}{mm^2}$$

Nyttelast, langtidsandel:

$$p_k := 5 \frac{kN}{m^2}$$

$$\psi_2 := 0.3$$

$$q_2 := p_k \cdot 1 \text{ m} \cdot \psi_2 = 1.5 \frac{kN}{m}$$

$$E_2 := \frac{E_{cm}}{1 + \phi_2} = 17866 \frac{N}{mm^2}$$

Nyttelast, korttidsandel:

$$\psi_1 := 0.5$$

$$q_3 := p_k \cdot 1 \text{ m} \cdot (\psi_1 - \psi_2) = 1 \frac{kN}{m}$$

$$E_3 := E_{cm} = 36000 \frac{N}{mm^2}$$

Midlere E-modul:

$$E_{middel} := \frac{q_1 + q_2 + q_3}{\frac{q_1}{E_1} + \frac{q_2}{E_2} + \frac{q_3}{E_3}} = 15069.1 \frac{N}{mm^2}$$

Resultat deformasjon *OS-Prog*:

Verdier på bildet er oppgitt i mm.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	2	2	2	1	1	0	0
0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0
0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0
0	1	2	2	3	3	3	2	2	1	0
0	1	2	2	2	3	2	2	2	1	0
0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0
0	0	1	1	2	2	2	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Jevnt fordelt last:

$$\delta_q := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^4}{E_{middel} \cdot d_x^3} \cdot 0.0219 = 1.34 \text{ mm} \quad [\text{Betonkalender, tab.2.3.6}]$$

Punktlast:

$$\delta_Q := \frac{Q_{Ed} \cdot l_x^2}{E_{cm} \cdot h^3} \cdot 0.047 = 0.23 \text{ mm} \quad [\text{Tables of slabs...}, \text{tab.1.107}]$$

Resultat:

$$\delta_{tot} := \delta_q + \delta_Q = 1.56 \text{ mm}$$

Krav:

$$\frac{l_x}{250} = 20 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, x-retning - felt:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

Regner ut en gjennomsnittlig lastfaktor ved å dele bruddgrenselast på karakteristisk last. Denne blir lik for alle deler av dekket, bruker denne videre i alle rissberegninger for bunnplaten:

$$Lf_{gj.} := \frac{q_{Ed} \cdot l_y \cdot l_x + Q_{Ed}}{q_k \cdot l_y \cdot l_x + Q_k} = 1.22$$

$$E_s := 200000 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sx.valgt.UK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_x} = 0.06$$

$$\alpha := \sqrt{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.29$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed.x}}{Lf_{gj.}} = 56.7 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$Lf_{gj.} = 1.22$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_x \cdot A_{sx.valgt.UK}} = 268.9 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_x), \frac{h - \alpha \cdot d_x}{3}, \frac{h}{e}\right) = 77.8 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = (7.78 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p,eff} := \frac{A_{sx.valgt.UK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c,eff}} = 0.01$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.56$$

$$\Delta\varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} = 7.14 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S_{r_{max}} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p,eff}} = 414.51 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S_{r_{max}} \cdot \Delta\varepsilon = 0.3 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, y-retning - felt:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sy.valgt.UK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_y} = 0.06$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.3$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed.y}}{Lf_{gj.}} = 42.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$Lf_{gj.} = 1.22$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_y \cdot A_{sy.valgt.UK}} = 217.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_y), \frac{h - \alpha \cdot d_y}{3}, \frac{h}{e}\right) = 78.7 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = 78712.2 \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sy.valgt.UK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.01$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.56$$

$$\Delta \varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff})}{E_s} = 4.48 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S r_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p.eff}} = 417 \text{ mm}$$

$$\Delta \varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S r_{max} \cdot \Delta \varepsilon = 0.19 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, x-retning - støtte:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sx.valgt.OK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_x} = 0.06$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.29$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed,x}}{Lf_{gj.}} = 56.7 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$Lf_{gj.} = 1.22$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_x \cdot A_{sx.valgt.OK}} = 268.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_x), \frac{h - \alpha \cdot d_x}{3}, \frac{h}{e}\right) = 77.8 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = (7.78 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sx.valgt.OK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.01$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.56$$

$$\Delta \varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff})}{E_s} = 7.14 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S r_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p.eff}} = 414.51 \text{ mm}$$

$$\Delta \varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S r_{max} \cdot \Delta \varepsilon = 0.3 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, y-retning - støtte:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sy.valgt.OK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_y} = 0.06$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.3$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed,y}}{Lf_{gj.}} = 42.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$Lf_{gj.} = 1.22$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_y \cdot A_{sy.valgt.OK}} = 217.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_y), \frac{h - \alpha \cdot d_y}{3}, \frac{h}{e}\right) = 78.7 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = (7.87 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sy.valgt.OK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.01$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.56$$

$$\Delta \varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff})}{E_s} = 4.48 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S r_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p.eff}} = 416.97 \text{ mm}$$

$$\Delta \varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S r_{max} \cdot \Delta \varepsilon = 0.19 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Parameterstudie av forflytning av punktlast på toppplate

					1/3				1/2
Korteste avstand til opplager	a	1,6	1,63	1,66	1,6667	1,69	1,72	1,75	2,5
Lengste avstand til opplager	b	3,4	3,37	3,34	3,3333	3,31	3,28	3,25	2,5
Total lengde	L	5	5	5	5	5	5	5	5
Moment	$M=P*a*b^2/L$	3,6992	3,7023494	3,7036592	3,7037037	3,7031618	3,7008896	3,696875	3,125
Faktor	1,185								

Oppdrift, vanntrykk:

$$\rho_{SV} := 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad g := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad b := 10 \text{ m} \quad l := 50 \text{ m}$$

$$f_{ri} := 0 \text{ m} \quad h := 4.9 \text{ m} - f_{ri} = 4.9 \text{ m}$$

Oppdrift:

$$O_k := \rho_{SV} \cdot g \cdot h = 49.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Oppoverrettet kraft

$$O_{Ed} := O_k \cdot 1.5 = 74.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Egenlast:

$$g_k := 7.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Nedoverrettet kraft

$$g_{Ed} := g_k \cdot 0.9 = 6.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Netto last:

$$q_{Ed} := O_{Ed} - g_{Ed} = 67.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_k := O_k - g_k = 41.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Jevnt fordelt last:

$$l_y := \frac{50}{8} \text{ m} = 6.25 \text{ m}$$

$$l_x := \frac{10}{2} \text{ m} = 5 \text{ m}$$

$$\frac{l_y}{l_x} = 1.25$$

Tabellverdier hentet fra tabell 2.2.6 i *Beton-Kalender*, fire fullt innspente render.

Feltmomenter:

$$M_{Ed.x} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{37} = 45.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed.y} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{69.4} = 24.3 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Støttemomenter:

$$M_{Ed.x0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{14.9} = 113 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed.y0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{17.7} = 95.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Skjærkraft:

$$V_{Ed.x} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{1.98} \cdot 1 \text{ m} = 170.1 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.y} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{2.11} \cdot 1 \text{ m} = 159.7 \text{ kN}$$

Armering - overkant, felt:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5m x 6,25m

$$l_x = 5 \text{ m}$$

$$l_y = 6.25 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 10 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 300 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 60 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 232 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 216 \text{ mm}$$

Trykksjonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 377.441 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksjonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 327.175 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.

Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x}}{M_{Rd.x}}\right) = 0.979 \quad *dx \qquad z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y}}{M_{Rd.y}}\right) = 0.987 \quad *dy$$

$z > 0.95d$, derfor blir indre momentarm slik:

$$z_x := 0.95 \cdot d_x = 220.4 \text{ mm} \qquad z_y := 0.95 \cdot d_y = 205.2 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 for å ta høyde for momentomlagring.

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 569.8 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 326.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkestripe):

Multipliserer med en faktor 2,0 ettersom konstruksjonens tetthett vektlegges.

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x \cdot 2.0 = 916.9 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 301.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y \cdot 2.0 = 853.6 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 280.8 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{x-retning:} \qquad \text{Ø16 } cc := 200 \text{ mm} \qquad A_{sx.valgt.OK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad \text{Ø16 } cc := 200 \text{ mm} \qquad A_{sy.valgt.OK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x} := A_{sx.valgt.OK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 96.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x}}{M_{Rd.x}} = 0.47$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y} := A_{sy.valgt.OK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 96.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y}}{M_{Rd.y}} = 0.25$$

Armering - underkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx6,25m

$$l_x = 5 \text{ m}$$

$$l_y = 6.25 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 10 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 300 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 60 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 232 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 216 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 377.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 327.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.

Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x0}}{M_{Rd.x}}\right) = 0.949 \quad *dx \qquad z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y0}}{M_{Rd.y}}\right) = 0.951 \quad *dy$$

$z \sim 0,95 \cdot d$, derfor blir indre momentarm slik:

$$z_x := 0.95 \cdot d_x = 220.4 \text{ mm} \qquad z_y := 0.95 \cdot d_y = 205.2 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 på grunn av momentomlagring.

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x0}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 1414.9 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y0}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 1279.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkestripe):

Multipliserer med en faktor 2,0 ettersom konstruksjonens tetthett vektlegges.

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x \cdot 2.0 = 916.9 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 301.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y \cdot 2.0 = 853.6 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 280.8 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{x-retning:} \qquad \text{Ø16} \quad cc := 100 \text{ mm} \qquad A_{sx.valgt.UK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 2010.6 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad \text{Ø16} \quad cc := 150 \text{ mm} \qquad A_{sy.valgt.UK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1340.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x} := A_{sx.valgt.UK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 192.8 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x0}}{M_{Rd.x}} = 0.59$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y} := A_{sy.valgt.UK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 128.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y0}}{M_{Rd.y}} = 0.74$$

Skjærkontroll - har platen tilstrekkelig skjærkraftskapasitet uten skjærarmoring, [6.2.2(1)]:

$$\gamma_C := 1.5 \quad f_{ck} := 45 \frac{N}{mm^2}$$

x-retning:

$$d_{tp} := \frac{d_x \cdot A_{sx.valgt.UK} + d_y \cdot A_{sy.valgt.UK}}{A_{sx.valgt.UK} + A_{sy.valgt.UK}} = 225.6 \text{ mm}$$

$$k := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d_{tp}}} = 1.94 < 2$$

$$C_{Rd.c} := \frac{0.15}{\gamma_C} = 0.1$$

$$\rho_L := \frac{(A_{sx.valgt.UK} + A_{sy.valgt.UK}) \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_{tp}} = 0.015 < 0,02$$

$$V_{min} := 0.035 k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0.635 \frac{N}{mm^2}$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} := C_{Rd.c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \frac{N}{mm^2} \cdot b \cdot d_x = 182.8 \text{ kN} > V_{Ed.x} = 170.1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.c2} := V_{min} \cdot b \cdot d_x = 147.4 \text{ kN}$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x}}{V_{Rd.c1}} = 0.93$$

Konklusjon: skjærarmoring ikke nødvendig.

Bruksgrense:

Deformasjon:

Må finne midlere E-modul:

$$E_{cm} := 36000 \frac{N}{mm^2} \quad \phi_1 := 1.649 \quad \phi_2 := 1.015$$

Egenlast: $q_1 := g_k \cdot 1 \text{ m} = 7.5 \frac{kN}{m}$

$$E_1 := \frac{E_{cm}}{1 + \phi_1} = 13590 \frac{N}{mm^2}$$

Vanndrykk:

$$q_2 := O_k \cdot 1 \text{ m} = 49.4 \frac{kN}{m}$$

$$E_2 := \frac{E_{cm}}{1 + \phi_2} = 17866 \frac{N}{mm^2}$$

Midlere E-modul:

$$E_{middel} := \frac{q_1 + q_2}{\frac{q_1}{E_1} + \frac{q_2}{E_2}} = 17154.7 \frac{N}{mm^2}$$

Resultat:

$$\delta := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^4}{E_{middel} \cdot d_x^3} \cdot 0.0219 = 4.3 \text{ mm}$$

Krav:

$$\frac{l_x}{250} = 20 \text{ mm}$$

Resultat deformasjon *OS-Prog*:

Verdier på bildet er oppgitt i mm.

0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0
0	1	3	4	5	5	5	4	3	1	0
1	2	4	5	6	6	6	5	4	2	1
1	2	5	7	9	9	9	7	5	2	1
1	2	6	7	9	10	9	7	6	2	1
1	2	6	8	10	10	10	8	6	2	1
1	2	6	7	9	10	9	7	6	2	1
1	2	5	7	9	9	9	7	5	2	1
1	2	4	5	7	7	7	5	4	2	1
1	1	3	4	5	5	5	4	3	1	1
0	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rissviddekontroll, x-retning - felt:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

Regner ut en gjennomsnittlig lastfaktor ved å dele bruddgrenselast på karakteristisk last. Denne blir lik for alle deler av dekket, bruker denne videre i alle rissberegninger for bunnplaten:

$$Lf_{gj.} := \frac{g_{Ed} + O_{Ed}}{g_k + O_k} = 1.421$$

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sx.valgt.OK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_x} = 0.058$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.287$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed.x}}{Lf_{gj.}} = 32 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_x \cdot A_{sx.valgt.OK}} = 151.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_x), \frac{h - \alpha \cdot d_x}{3}, \frac{h}{e}\right) = 77.8 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = (7.78 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sx.valgt.OK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.013$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\Delta\varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff})}{E_s} = 1.291 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S_{r_{max}} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p.eff}} = 414.507 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S_{r_{max}} \cdot \Delta\varepsilon = 0.05 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, y-retning - felt:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sy.valgt.OK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_y} = 0.062$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.296$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed,y}}{Lf_{gj.}} = 17.1 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$Lf_{gj.} = 1.421$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_y \cdot A_{sy.valgt.OK}} = 87.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_y), \frac{h - \alpha \cdot d_y}{3}, \frac{h}{e}\right) = 78.7 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = 78712.2 \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sy.valgt.OK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.013$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\Delta\varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff})}{E_s} = -2.01 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$Sr_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p.eff}} = 417 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := Sr_{max} \cdot \Delta\varepsilon = -0.084 \text{ mm} < w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, x-retning - støtte:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sx.valgt.UK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_x} = 0.116$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.379$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed.x0}}{Lf_{gj.}} = 79.6 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$Lf_{gj.} = 1.421$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_x \cdot A_{sx.valgt.UK}} = 195.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_x), \frac{h - \alpha \cdot d_x}{3}, \frac{h}{e}\right) = 70.7 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = (7.07 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sx.valgt.UK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.028$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\Delta \varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff})}{E_s} = 6.665 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$Sr_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p.eff}} = 299.645 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := Sr_{max} \cdot \Delta\varepsilon = 0.2 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, y-retning - støtte:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sy.valgt.UK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_y} = 0.083$$

$$\alpha := \sqrt{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.332$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed.y0}}{L_{f.gj.}} = 67 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$L_{f.gj.} = 1.421$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_x \cdot A_{sy.valgt.UK}} = 242.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_y), \frac{h - \alpha \cdot d_y}{3}, \frac{h}{e}\right) = 76.1 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = 76068.4 \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sy.valgt.UK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.018$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\Delta \varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff})}{E_s} = 7.374 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S r_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p.eff}} = 358.4 \text{ mm}$$

$$\Delta \varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S r_{max} \cdot \Delta \varepsilon = 0.26 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Laster:

Vanntrykk:

$$\rho_V := 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad [\text{https://snl.no/hav}]$$

$$g := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad h := 4.9 \text{ m}$$

Setter høyden helt opp til kaikanten i stedet for opp til vannlinjen.

$$q_k := \rho_V \cdot g \cdot h = 49.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Inkl. lastfaktor:

$$q_{Ed} := q_k \cdot 1.5 = 74.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Punktlast:

Skipslast, vinkelrett:

$$Q_k := 300 \text{ kN}$$

Inkl. lastfaktor:

$$Q_{Ed} := Q_k \cdot 1.05 = 315 \text{ kN}$$

Trekantlast - langvegg, 6,25m:

$$l_y := \frac{50}{8} \text{ m} = 6.25 \text{ m} \quad l_x := 4.9 \text{ m} \quad \frac{l_y}{l_x} = 1.28$$

l_y/l_x er tilnærmet lik 1,3. Bruker $l_y/l_x=1,3$.

Feltmomenter:

$$m_{Ed.x, \text{felt}} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{65.8} = 27 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$m_{Ed.y, \text{felt}} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{147} = 12.1 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Støttemomenter:

$$m_{Ed.x0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{38.1} = 46.7 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad x=0$$

$$m_{Ed.xlx} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{23.3} = 76.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad x=l_x$$

$$m_{Ed.y0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{34.6} = 51.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Likt på begge sider pga.symmetri.

Skjærkrefter:

$$v_{Ed.x0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{6.67} \cdot 1 \text{ m} = 54.5 \text{ kN} \quad x=0$$

$$v_{Ed.xlx} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{2.86} \cdot 1 \text{ m} = 127 \text{ kN} \quad x=l_x$$

$$v_{Ed.y0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{4.07} \cdot 1 \text{ m} = 89.2 \text{ kN}$$

Likt på begge sider pga.symmetri.

Punktlast - langvegg, 6,25m:

$$l_y := \frac{50}{8} \text{ m} = 6.25 \text{ m} \quad l_x := 4.9 \text{ m} \quad \gamma := \frac{l_y}{l_x} = 1.28$$

Tabellen har verdier for $\gamma=1,2$ og $\gamma=1,5$. Bruker verste tilfellet av de to.

Lasten i dette tilfellet er en skipslast. Denne vil bare treffe over vannflaten. Med et fribord på 1,2m, settes derfor lasten på ved $x=1,2\text{m}$.

Feltmomenter:

$$M_{Ed.x.felt} := 0.220 \cdot Q_{Ed} = 69.3 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad M_{Ed.y.felt} := 0.222 \cdot Q_{Ed} = 69.9 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Støttemomenter:

$$M_{Ed.x0} := 0.229 \cdot Q_{Ed} = 72.1 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad M_{Ed.xlx} := 0.038 \cdot Q_{Ed} = 12 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$x=0$ $x=lx$

$$M_{Ed.y0} := 0.035 \cdot Q_{Ed} = 11 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Lik på begge sider pga. symmetri.

Skjærkrefter:

$$V_{Ed.x0} := 0.229 \cdot Q_{Ed} = 72.1 \text{ kN}$$

$x=0$

$$V_{Ed.xlx} := 0.038 \cdot Q_{Ed} = 12 \text{ kN}$$

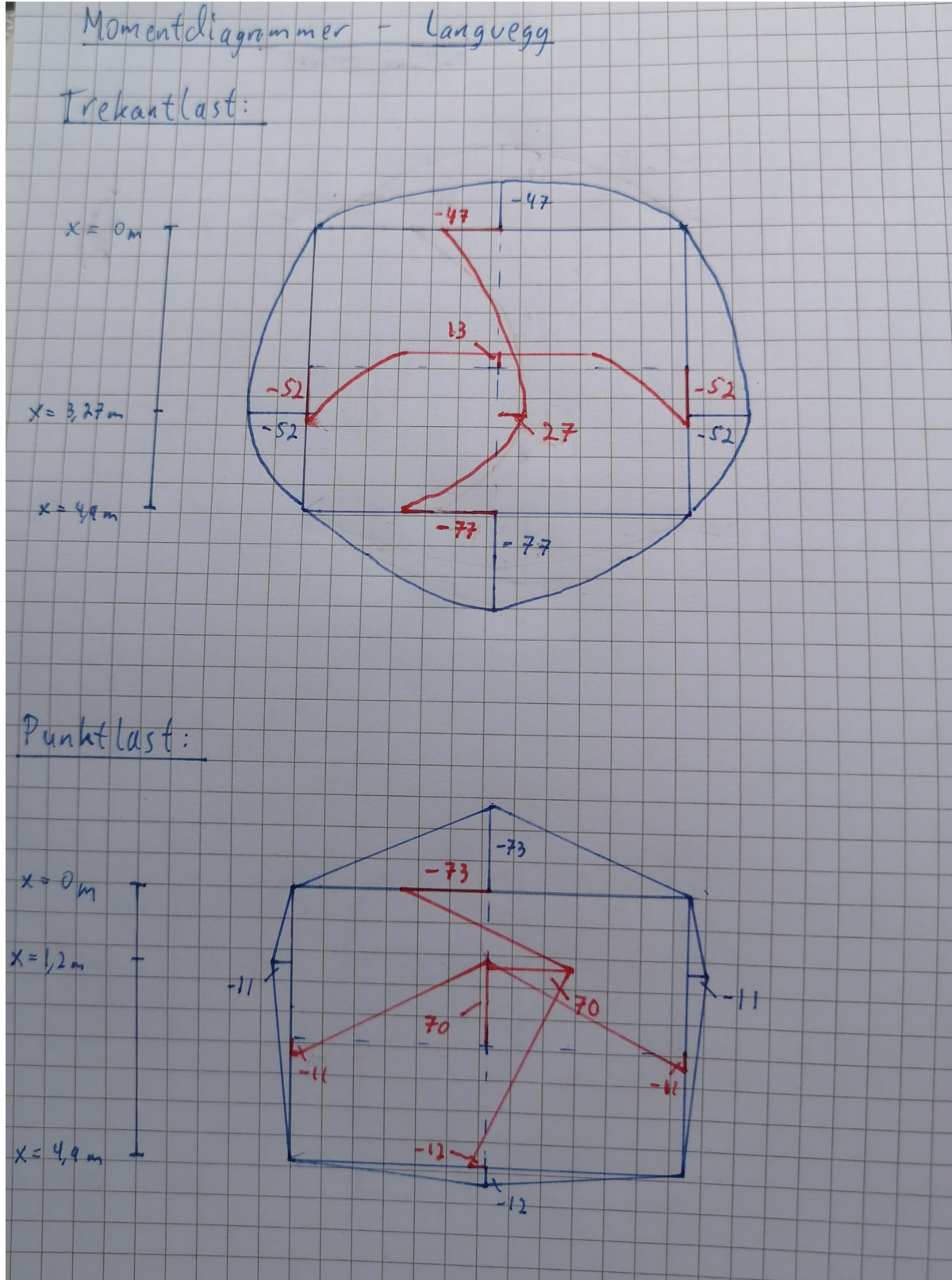
$x=lx$

$$V_{Ed.y0} := 0.035 \cdot Q_{Ed} = 11 \text{ kN}$$

Lik på begge sider pga. symmetri.

Sum av momenter - langvegg, 6,25m:

Siden maksmomentene ikke oppstår på samme sted må man ta hensyn til dette når man summerer momentene. Gjør dette grafisk ved å tegne momentdiagram.



Feltmomenter:

$$M_{Ed.x} := 80 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad \text{ved } x \sim 1,2\text{m} \quad \text{Rundet opp til nærmeste hele tier.}$$

$$M_{Ed.y} := 90 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad \text{ved } y = 3,125\text{m} \quad \text{Rundet opp til nærmeste hele tier.}$$

Støttemomenter:

$$M_{Ed.x0m} := m_{Ed.x0} + M_{Ed.x0} = 118.8 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad \text{ved } x=0\text{m}$$

$$M_{Ed.x4.9m} := m_{Ed.xlx} + M_{Ed.xlx} = 88.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad \text{ved } x=4,9\text{m}$$

$$M_{Ed.y0} := m_{Ed.y0} + M_{Ed.y0} = 62.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad \text{ved } y=3,125\text{m}$$

Skjærkrefter:

$$V_{Ed.x0m} := v_{Ed.x0} + V_{Ed.x0} = 126.6 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.x4.9m} := v_{Ed.xlx} + V_{Ed.xlx} = 139 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.y} := v_{Ed.y0} + V_{Ed.y0} = 100.3 \text{ kN}$$

Armering - innerkant, felt:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx6,25m

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

$$l_y = 6.25 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 10 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 300 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 60 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 232 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 216 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 377.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 327.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.

Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x}}{M_{Rd.x}}\right) = 0.964 \quad *dx \qquad z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y}}{M_{Rd.y}}\right) = 0.953 \quad *dy$$

$z > 0,95 \cdot d$, derfor blir indre momentarm slik:

$$z_x := 0.95 \cdot d_x = 220.4 \text{ mm} \qquad z_y := 0.95 \cdot d_y = 205.2 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 for å ta høyde for momentomlagring.

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 1001.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 1209.9 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkestripe):

Multipliserer med en faktor 2,0 ettersom konstruksjonens tetthett vektlegges.

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x \cdot 2.0 = 916.9 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 301.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y \cdot 2.0 = 853.6 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 280.8 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{x-retning:} \qquad \text{Ø16 } cc := 150 \text{ mm} \qquad A_{sx.valgt.IK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1340.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad \text{Ø16 } cc := 150 \text{ mm} \qquad A_{sy.valgt.IK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1340.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x} := A_{sx.valgt.IK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 128.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x}}{M_{Rd.x}} = 0.62$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y} := A_{sy.valgt.IK} \cdot z_y \cdot f_{yd} = 119.6 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y}}{M_{Rd.y}} = 0.75$$

Armering - ytterkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5m x 6,25m

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

$$l_y = 6.25 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 10 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 300 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 60 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 232 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 216 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 377.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 327.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.

Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x0m}}{M_{Rd.x}}\right) = 0.946 \quad *dx \qquad z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y0}}{M_{Rd.y}}\right) = 0.968 \quad *dy$$

$z > 0.95 \cdot d$ i y-retning. Derfor blir indre momentarm slik:

$$z_x := 0.946 \cdot d_x = 219.47 \text{ mm} \qquad z_y := 0.95 \cdot d_y = 205.2 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 for å ta høyde for mer ugunstig plassering av punktlasten.

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x0m}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 1493.8 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y0}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 839.7 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkstripe):

Multipliserer med en faktor 2,0 ettersom konstruksjonens tetthett vektlegges.

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x \cdot 2.0 = 916.9 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 301.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y \cdot 2.0 = 853.6 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 280.8 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{x-retning:} \quad \text{Ø16} \quad cc := 100 \text{ mm} \qquad A_{sx.valgt.YK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 2010.6 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \quad \text{Ø16} \quad cc := 200 \text{ mm} \qquad A_{sy.valgt.YK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x} := A_{sx.valgt.YK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 192 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x0m}}{M_{Rd.x}} = 0.62$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y} := A_{sy.valgt.YK} \cdot z_y \cdot f_{yd} = 89.7 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y0}}{M_{Rd.y}} = 0.7$$

Skjærkontroll - har platen tilstrekkelig skjærkraftskapasitet uten skjærarmoring, [6.2.2(1)]:

$$\gamma_C := 1.5 \quad f_{ck} := 45 \frac{N}{mm^2}$$

x-retning:

$$d_{tp} := \frac{d_x \cdot A_{sx.valgt.YK} + d_y \cdot A_{sy.valgt.YK}}{A_{sx.valgt.YK} + A_{sy.valgt.YK}} = 226.7 \text{ mm}$$

$$k := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d_{tp}}} = 1.94 < 2$$

$$C_{Rd.c} := \frac{0.15}{\gamma_C} = 0.1$$

$$\rho_L := \frac{(A_{sx.valgt.YK} + A_{sy.valgt.YK}) \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_{tp}} = 0.013 < 0.02$$

$$V_{min} := 0.035 k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0.634 \frac{N}{mm^2}$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} := C_{Rd.c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \frac{N}{mm^2} \cdot b \cdot d_x = 176 \text{ kN} > V_{Ed.x4.9m} = 139 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.c2} := V_{min} \cdot b \cdot d_x = 147.1 \text{ kN}$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x4.9m}}{V_{Rd.c1}} = 0.79$$

Konklusjon: skjærarmoring er ikke nødvendig.

Bruksgrense:

Nedbøyning:

Må finne midlere E-modul:

$$E_{cm} := 36000 \frac{N}{mm^2} \quad \phi_1 := 1.015$$

Vanntrykk:

$$q_1 := q_k \cdot 1 \text{ m} = 49.4 \frac{kN}{m}$$

$$E_1 := \frac{E_{cm}}{1 + \phi_1} = 17866 \frac{N}{mm^2}$$

$$\delta_q := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^4}{E_1 \cdot d_x^3} \cdot 0.0115 = 2.2 \text{ mm}$$

[Betonkalender,
tab.2.3.6]

Punktlast:

$$\delta_Q := 0.047 \cdot \frac{Q_{Ed} \cdot l_x^2}{E_{cm} \cdot h^3} = 0.37 \text{ mm}$$

[Betonkalender,
tab.1.107]

Resultat:

$$\delta_{tot} := \delta_q + \delta_Q = 2.57 \text{ mm}$$

Krav:

$$\frac{l_x}{250} = 19.6 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, x-retning - felt:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

Regner ut en gjennomsnittlig lastfaktor ved å dele bruddgrenselast på karakteristisk last. Denne blir lik for alle deler av dekket, bruker denne videre i alle rissberegninger for bunnplaten:

$$Lf_{gj.} := \frac{q_{Ed} \cdot l_y \cdot l_x + Q_{Ed}}{q_k \cdot l_y \cdot l_x + Q_k} = 1.426$$

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sx.valgt.IK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_x} = 0.077$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.323$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed,x}}{Lf_{gj.}} = 56.1 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$Lf_{gj.} = 1.426$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_x \cdot A_{sx.valgt.IK}} = 202.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_x), \frac{h - \alpha \cdot d_x}{3}, \frac{h}{e}\right) = 75 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = (7.502 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p,eff} := \frac{A_{sx.valgt.IK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c,eff}} = 0.018$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\Delta\varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} = 5.436 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S r_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p,eff}} = 356.24 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S r_{max} \cdot \Delta\varepsilon = 0.19 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, y-retning - felt:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sy.valgt.IK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_y} = 0.083$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.332$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed,y}}{L_{f_{gj}}} = 63.1 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$L_{f_{gj}} = 1.426$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_y \cdot A_{sy.valgt.IK}} = 245.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_y), \frac{h - \alpha \cdot d_y}{3}, \frac{h}{e}\right) = 76.1 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = 76068.4 \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sy.valgt.IK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.018$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\Delta \varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff})}{E_s} = 7.526 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S r_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p.eff}} = 358.4 \text{ mm}$$

$$\Delta \varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S r_{max} \cdot \Delta \varepsilon = 0.27 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, x-retning - støtte:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sx.valgt.YK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_x} = 0.116$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.379$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed.x0m}}{Lf_{gj.}} = 83.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$Lf_{gj.} = 1.426$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_x \cdot A_{sx.valgt.YK}} = 204.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_x), \frac{h - \alpha \cdot d_x}{3}, \frac{h}{e}\right) = 70.7 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = (7.07 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sx.valgt.YK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.028$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\Delta\varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff})}{E_s} = 7.133 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S r_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p.eff}} = 299.645 \text{ mm}$$

$$\Delta \varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S r_{max} \cdot \Delta \varepsilon = 0.21 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, y-retning - støtte:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sy.valgt.YK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_y} = 0.062$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.296$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed.y0}}{L f_{gj.}} = 43.8 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$L f_{gj.} = 1.426$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_y \cdot A_{sy.valgt.YK}} = 223.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_y), \frac{h - \alpha \cdot d_y}{3}, \frac{h}{e}\right) = 78.712 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = (7.871 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sy.valgt.YK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.013$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.556$$

$$\Delta \varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff})}{E_s} = 4.819 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm}$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S_{r_{max}} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p.eff}} = 417 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S_{r_{max}} \cdot \Delta\varepsilon = 0.2 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Knekking - langs x-akse:

Ser på vegg som søyle - 1 m bred veggstripe.

$$M_{Ed,x} = 80 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$N_{Ed} := 166 \text{ kN} \quad \text{Skjærkraft VEd,x nedre dekke}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

Sjekker om veggstripen er slank:

$$M_{0Ep} := \frac{M_{Ed,x}}{1.2} = 66.7 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$\phi_{eff} := \phi_1 \cdot \frac{M_{0Ep}}{M_{Ed,x}} = 0.846$$

$$A_\phi := \frac{1.25}{1 + 0.2 \cdot \phi_{eff}} = 1.07 \quad \rightarrow$$

$$A_\phi := 1.0$$

Ser på svak akse:

$$l_{0x} := 0.6 \cdot l_x = 2.94 \text{ m}$$

$$i_x := 0.29 \cdot h = 87 \text{ mm}$$

$$\lambda_x := \frac{l_{0x}}{i_x} = 33.79$$

$$k_a := 1.0$$

$$\omega := \frac{f_{yd} \cdot (A_{sx.valgt.YK} + A_{sx.valgt.IK}) \cdot 1 \text{ m}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.19$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.022$$

$$\lambda_{nx} := \lambda_x \cdot \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot \omega}} = 4.24 \quad <$$

$$\lambda_{n.lim} := 13 \cdot A_\phi$$

Ikke slank!

Knekking - langs y-akse:

Ser på vegg som søyle - 1 m bred veggstripe.

$$M_{Ed,y} = 90 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$N_{Ed} := 99 \text{ kN} \quad \text{Skjærkraft VEd,y kortvegg}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

Sjekker om veggstripen er slank:

$$M_{0Ep} := \frac{M_{Ed,y}}{1.2} = 75 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$\phi_{eff} := \phi_1 \cdot \frac{M_{0Ep}}{M_{Ed,y}} = 0.846$$

$$A_\phi := \frac{1.25}{1 + 0.2 \cdot \phi_{eff}} = 1.07 \quad \rightarrow$$

$$A_\phi := 1.0$$

Ser på svak akse:

$$l_{0y} := 0.6 \cdot l_y = 3.75 \text{ m}$$

$$i_y := 0.29 \cdot h = 87 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{l_{0y}}{i_y} = 43.1$$

$$k_a := 1.0$$

$$\omega := \frac{f_{yd} \cdot (A_{sy.valgt.YK} + A_{sy.valgt.IK}) \cdot 1 \text{ m}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.13$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.013$$

$$\lambda_{ny} := \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot \omega}} = 4.36 \quad <$$

$$\lambda_{n.lim} := 13 \cdot A_\phi$$

Ikke slank!

Konklusjon:

Trenger ikke å ta hensyn til andreordens effekter i verken x- eller y-retning. Tillegget for bruddgrense blir også så lite at det er neglisjerbart.

Laster:

Vanntrykk:

$$\rho_V := 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad [\text{https://snl.no/hav}]$$

$$g := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad h := 4.9 \text{ m}$$

Setter høyden helt opp til kaikanten istedetfor opp til vannlinjen (konservativt).

$$q_k := \rho_V \cdot g \cdot h = 49.41 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Inkl. lastfaktor:

$$q_{Ed} := q_k \cdot 1.5 = 74.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Punktlast:

Skipslast, vinkelrett:

$$Q_k := 300 \text{ kN}$$

Inkl. lastfaktor:

$$Q_{Ed} := Q_k \cdot 1.05 = 315 \text{ kN}$$

Kortvegg mot sjø

Trekantlast - kortvegg, 5m:

$$l_y := \frac{10}{2} \text{ m} = 5 \text{ m} \quad l_x := 4.9 \text{ m} \quad \frac{l_y}{l_x} = 1.02$$

 l_y/l_x er tilnærmet lik 1,0. Bruker $l_y/l_x = 1,0$

Feltmomenter:

$$m_{Ed.x, \text{felt}} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{98} = 18.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$m_{Ed.y, \text{felt}} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{113.6} = 15.7 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Støttemomenter:

$$m_{Ed.x0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{56.2} = 31.7 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad x=0$$

$$m_{Ed.xlx} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{30} = 59.3 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad x=lx$$

$$m_{Ed.y0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{36.9} = 48.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Likt på begge sider pga. symmetri.

Skjærkrefter:

$$v_{Ed.x0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{8.25} \cdot 1 \text{ m} = 44 \text{ kN} \quad x=0$$

$$v_{Ed.xlx} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{3.07} \cdot 1 \text{ m} = 118.3 \text{ kN} \quad x=lx$$

$$v_{Ed.y0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{4.14} \cdot 1 \text{ m} = 87.7 \text{ kN}$$

Lik størrelse på begge sider pga. symmetri, men motsatte fortegn.

Kortvegg mot sjø

Punktlast - kortvegg, 5m:

$$l_y := \frac{10}{2} \text{ m} = 5 \text{ m} \quad l_x := 4.9 \text{ m} \quad \gamma := \frac{l_y}{l_x} = 1.02$$

γ er tilnærmet lik 1,0. Bruker $l_y/l_x=1,0$.

Lasten i dette tilfellet er en skipslast. Denne vil bare treffe over vannflaten. Med et fribord på 1,2m, settes derfor lasten på ved $x=1,2\text{m}$.

Feltmomenter:

$$M_{Ed.x,\text{felt}} := 0.3 \cdot Q_{Ed} = 94.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad M_{Ed.y,\text{felt}} := 0.224 \cdot Q_{Ed} = 70.6 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Støttemomenter:

$$M_{Ed.x0} := 0.170 \cdot Q_{Ed} = 53.6 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad M_{Ed.xlx} := 0.028 \cdot Q_{Ed} = 8.8 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$x=0$ $x=lx$

$$M_{Ed.y0} := 0.048 \cdot Q_{Ed} = 15.1 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Lik på begge sider pga. symmetri.

Skjærkrefter:

$$V_{Ed.x0} := 0.170 \cdot Q_{Ed} = 53.6 \text{ kN}$$

$x=0$

$$V_{Ed.xlx} := 0.028 \cdot Q_{Ed} = 8.8 \text{ kN}$$

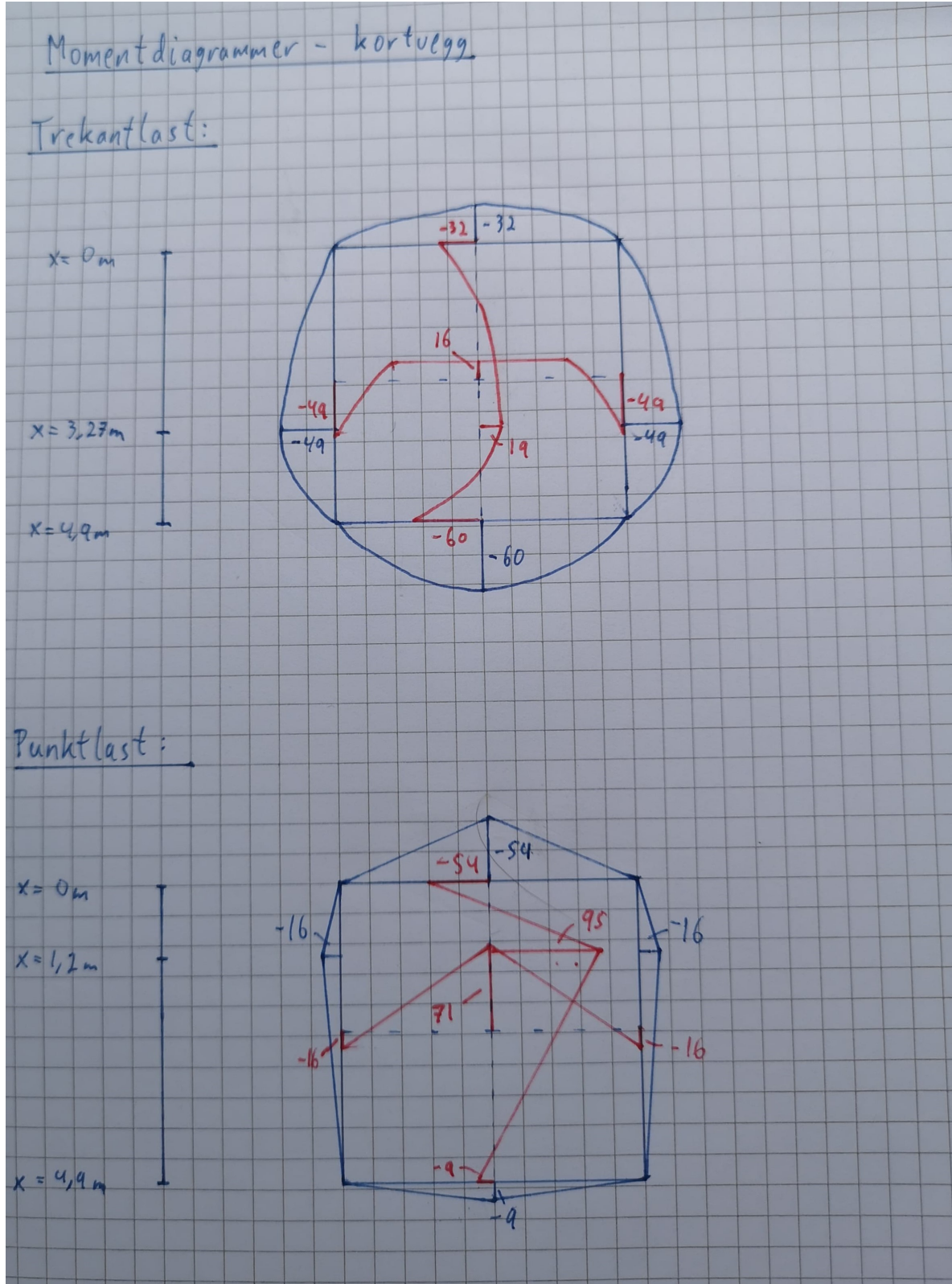
$x=lx$

$$V_{Ed.y0} := 0.048 \cdot Q_{Ed} = 15.1 \text{ kN}$$

Lik størrelse på begge sider pga. symmetri, men motsatte fortegn.

Sum av momenter - kortvegg, 5m:

Siden maksmomentene ikke oppstår på samme sted må man ta hensyn til dette når man summerer momentene. Gjør dette grafisk ved å tegne momentdiagram.



Feltmomenter:

$$M_{Ed.x} := 100 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad \text{ved } x \sim 1,2\text{m}$$

Rundet opp til nærmeste hele tier.

$$M_{Ed.y} := 90 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad \text{ved } y = 2,5\text{m}$$

Rundet opp til nærmeste hele tier.

Støttemomenter:

$$M_{Ed.x0m} := m_{Ed.x0} + M_{Ed.x0} = 85.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad \text{ved } x=0\text{m}$$

$$M_{Ed.x4.9m} := m_{Ed.xlx} + M_{Ed.xlx} = 68.1 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad \text{ved } x=4,9\text{m}$$

$$M_{Ed.y0} := m_{Ed.y0} + M_{Ed.y0} = 63.3 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad \text{ved } y=3,125\text{m}$$

Skjærkrefter:

$$V_{Ed.x0m} := v_{Ed.x0} + V_{Ed.x0} = 97.6 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.x4.9m} := v_{Ed.xlx} + V_{Ed.xlx} = 127.1 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.y} := v_{Ed.y0} + V_{Ed.y0} = 102.8 \text{ kN}$$

Armering - innerkant, felt:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx6,25m

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

$$l_y = 5 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 10 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 300 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 60 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 232 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 216 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 377.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 327.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Kortvegg mot sjø

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.

Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x}}{M_{Rd.x}}\right) = 0.955 \quad *dx \qquad z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y}}{M_{Rd.y}}\right) = 0.953 \quad *dy$$

$z > 0,95 \cdot d$, derfor blir indre momentarm slik:

$$z_x := 0.95 \cdot d_x = 220.4 \text{ mm} \qquad z_y := 0.95 \cdot d_y = 205.2 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 for å ta høyde for momentomlagring.

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 1251.6 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 1209.9 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkestripe):

Multipliserer med en faktor 2,0 ettersom konstruksjonens tetthett vektlegges.

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x \cdot 2.0 = 916.9 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 301.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y \cdot 2.0 = 853.6 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 280.8 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{x-retning:} \qquad \text{Ø16 } cc := 150 \text{ mm} \qquad A_{sx.valgt.IK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1340.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad \text{Ø16 } cc := 150 \text{ mm} \qquad A_{sy.valgt.IK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1340.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Kortvegg mot sjø

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x} := A_{sx.valgt.IK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 128.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x}}{M_{Rd.x}} = 0.78$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y} := A_{sy.valgt.IK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 128.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y}}{M_{Rd.y}} = 0.7$$

Armering - ytterkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx6,25m

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

$$l_y = 5 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 10 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 300 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 60 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 232 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 216 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 377.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 327.2 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.

Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x0m}}{M_{Rd.x}}\right) = 0.962 \quad *dx \qquad z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y0}}{M_{Rd.y}}\right) = 0.967 \quad *dy$$

$z > 0,95 \cdot d$, derfor blir indre momentarm slik:

$$z_x := 0.95 \cdot d_x = 220.4 \text{ mm}$$

$$z_y := 0.95 \cdot d_y = 205.2 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 for å ta hensyn til mer ugunstig plassering av punktlasten.

$$\text{x-retning:} \quad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x0m}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 1066.6 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \quad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y0}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 851.6 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkestripe):

Multipliserer med en faktor 2,0 ettersom konstruksjonens tetthett vektlegges.

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x \cdot 2.0 = 916.9 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 301.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y \cdot 2.0 = 853.6 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 280.8 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{x-retning:} \quad \text{Ø16 } cc := 150 \text{ mm} \quad A_{sx.valgt.YK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1340.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \quad \text{Ø16 } cc := 200 \text{ mm} \quad A_{sy.valgt.YK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Kortvegg mot sjø

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x} := A_{sx.valgt.YK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 128.51 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x0m}}{M_{Rd.x}} = 0.66$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y} := A_{sy.valgt.YK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 96.38 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y0}}{M_{Rd.y}} = 0.66$$

Skjærkontroll - har platen tilstrekkelig skjærkraftskapasitet uten skjærarmoring, [6.2.2(1)]:

$$\gamma_C := 1.5 \quad f_{ck} := 45 \frac{N}{mm^2}$$

x-retning:

$$d_{tp} := \frac{d_x \cdot A_{sx.valgt.YK} + d_y \cdot A_{sy.valgt.YK}}{A_{sx.valgt.YK} + A_{sy.valgt.YK}} = 225.14 \text{ mm}$$

$$k := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d_{tp}}} = 1.94 < 2$$

$$C_{Rd.c} := \frac{0.15}{\gamma_C} = 0.1$$

$$\rho_L := \frac{(A_{sx.valgt.YK} + A_{sy.valgt.YK}) \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_{tp}} = 0.01 < 0.02$$

$$V_{min} := 0.035 k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0.64 \frac{N}{mm^2}$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} := C_{Rd.c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \frac{N}{mm^2} \cdot b \cdot d_x = 162.5 \text{ kN} > V_{Ed.x4.9m} = 127.1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.c2} := V_{min} \cdot b \cdot d_x = 147.5 \text{ kN}$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x4.9m}}{V_{Rd.c1}} = 0.78$$

Konklusjon: skjærarmoring er ikke nødvendig.

Bruksgrense:

Nedbøyning:

Må finne midlere E-modul:

$$E_{cm} := 36000 \frac{N}{mm^2} \quad \phi_1 := 1.015$$

Vanntrykk:

$$q_1 := q_k \cdot 1 \text{ m} = 49.41 \frac{kN}{m}$$

$$E_1 := \frac{E_{cm}}{1 + \phi_1} = 17866 \frac{N}{mm^2}$$

$$\delta_q := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^4}{E_1 \cdot d_x^3} \cdot \frac{(0.0076 + 0.0091)}{2} = 1.6 \text{ mm} \quad [\text{Betonkalender, tab.2.3.6}]$$

Punktlast:

$$\delta_Q := 0.047 \cdot \frac{Q_{Ed} \cdot l_x^2}{E_{cm} \cdot h^3} = 0.37 \text{ mm} \quad [\text{Tables of slabs...}, \text{tab.1.107}]$$

Resultat:

$$\delta_{tot} := \delta_q + \delta_Q = 1.97 \text{ mm}$$

Krav:

$$\frac{l_x}{250} = 19.6 \text{ mm}$$

Kortvegg mot sjø

Rissviddekontroll, x-retning - felt:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

Regner ut en gjennomsnittlig lastfaktor ved å dele bruddgrenselast på karakteristisk last. Denne blir lik for alle deler av dekket, bruker denne videre i alle rissberegninger for bunnplaten:

$$Lf_{gj.} := \frac{q_{Ed} \cdot l_y \cdot l_x + Q_{Ed}}{q_k \cdot l_y \cdot l_x + Q_k} = 1.41$$

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sx.valgt.IK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_x} = 0.08$$

$$\alpha := \sqrt{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.32$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed.x}}{Lf_{gj.}} = 70.9 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_x \cdot A_{sx.valgt.IK}} = 255.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_x), \frac{h - \alpha \cdot d_x}{3}, \frac{h}{e}\right) = 75 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = (7.5 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

Kortvegg mot sjø

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sx.valgt.IK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.02$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.56$$

$$\Delta\varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct.eff}}{\rho_{p.eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p.eff})}{E_s} = 8.1 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S r_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p.eff}} = 356.24 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S r_{max} \cdot \Delta\varepsilon = 0.29 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Kortvegg mot sjø

Rissviddekontroll, y-retning - felt:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sy.valgt.IK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_y} = 0.08$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.33$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed,y}}{L_{f_{gj.}}} = 63.8 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$L_{f_{gj.}} = 1.41$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_y \cdot A_{sy.valgt.IK}} = 247.8 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_y), \frac{h - \alpha \cdot d_y}{3}, \frac{h}{e}\right) = 76.1 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = 76068.4 \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sy.valgt.IK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.02$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.56$$

Kortvegg mot sjø

$$\Delta\varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} = 7.66 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S r_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p,eff}} = 358.4 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S r_{max} \cdot \Delta\varepsilon = 0.27 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Kortvegg mot sjø

Rissviddekontroll, x-retning - støtte:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sx.valgt.YK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_x} = 0.08$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.32$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed.x0m}}{L f_{gj.}} = 60.4 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$L f_{gj.} = 1.41$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_x \cdot A_{sx.valgt.YK}} = 217.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_x), \frac{h - \alpha \cdot d_x}{3}, \frac{h}{e}\right) = 75 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = (7.5 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sx.valgt.YK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.02$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.56$$

Kortvegg mot sjø

$$\Delta\varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} = 6.21 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm} \quad :$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S r_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p,eff}} = 356.24 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S r_{max} \cdot \Delta\varepsilon = 0.22 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Kortvegg mot sjø

Rissviddekontroll, y-retning - støtte:

$$\text{Krav:} \quad k_c := \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1.2 \quad \text{XS3} \quad \text{Tabell 7.1N}$$

$$w_k := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c \quad w_{max} := w_k = 0.36 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon: XS3 -> Ofte forekommende Tabell NA.7.1N

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 15000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r_1 := \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{A_{sy.valgt.YK} \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_y} = 0.06$$

$$\alpha := \sqrt[2]{r_1^2 + 2 \cdot r_1} - r_1 = 0.3$$

$$M_{sls} := \frac{M_{Ed,y0}}{L f_{gj.}} = 44.9 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$L f_{gj.} = 1.41$$

$$\sigma_s := \frac{M_{sls}}{\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \cdot d_y \cdot A_{sy.valgt.YK}} = 229.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c.eff} := \min\left(2.5 \cdot (h - d_y), \frac{h - \alpha \cdot d_y}{3}, \frac{h}{e}\right) = 78.71 \text{ mm}$$

$$A_{c.eff} := b \cdot h_{c.eff} = (7.87 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{ct.eff} := f_{ctm} = 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_t := 0.4$$

$$\rho_{p.eff} := \frac{A_{sy.valgt.YK} \cdot 1 \text{ m}}{A_{c.eff}} = 0.01$$

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.56$$

Kortvegg mot sjø

$$\Delta\varepsilon := \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} = 5.1 \cdot 10^{-4}$$

$$c/c < 5 \cdot \left(c_{nom} + \frac{\varnothing_{16}}{2} \right) = 340 \text{ mm}$$

$$k_1 := 0.8 \quad k_2 := 0.5 \quad k_3 := 3.4 \quad k_4 := 0.425$$

$$S r_{max} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_{16}}{\rho_{p,eff}} = 417 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$W_k := S r_{max} \cdot \Delta\varepsilon = 0.21 \text{ mm} < w_{max} = 0.36 \text{ mm}$$

Knekking - langs x-akse:

Ser på vegg som søyle - 1 m bred veggstripe.

$$M_{Ed,x} = 100 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$N_{Ed} := 156 \text{ kN} \quad \text{Skjærkraft VEd,y nedre dekke}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

Sjekker om veggstripen er slank:

$$M_{0Ep} := \frac{M_{Ed,x}}{1.35} = 74.07 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$\phi_{eff} := \phi_1 \cdot \frac{M_{0Ep}}{M_{Ed,x}} = 0.75$$

$$A_\phi := \frac{1.25}{1 + 0.2 \cdot \phi_{eff}} = 1.09 \quad \rightarrow$$

$$A_\phi := 1.0$$

Ser på svak akse:

$$l_{0x} := 0.6 \cdot l_x = 2.94 \text{ m}$$

$$i_x := 0.29 \cdot h = 87 \text{ mm}$$

$$\lambda_x := \frac{l_{0x}}{i_x} = 33.79$$

$$k_a := 1.0$$

$$\omega := \frac{f_{yd} \cdot (A_{sx, valgt.YK} + A_{sx, valgt.IK}) \cdot 1 \text{ m}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.15$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.02$$

$$\lambda_{nx} := \lambda_x \cdot \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot \omega}} = 4.22 \quad <$$

$$\lambda_{n,lim} := 13 \cdot A_\phi$$

Ikke slank!

Knekking - langs y-akse:

Ser på vegg som søyle - 1 m bred veggstripe.

$$M_{Ed,y} = 90 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$N_{Ed} := 96 \text{ kN} \quad \text{Skjærkraft VEd,y langvegg}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

Sjekker om veggstripen er slank:

$$M_{0Ep} := \frac{M_{Ed,y}}{1.35} = 66.67 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$\phi_{eff} := \phi_1 \cdot \frac{M_{0Ep}}{M_{Ed,y}} = 0.75$$

$$A_\phi := \frac{1.25}{1 + 0.2 \cdot \phi_{eff}} = 1.09 \quad \rightarrow$$

$$A_\phi := 1.0$$

Ser på svak akse:

$$l_{0y} := 0.6 \cdot l_y = 3 \text{ m}$$

$$i_y := 0.29 \cdot h = 87 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{l_{0y}}{i_y} = 34.48$$

$$k_a := 1.0$$

$$\omega := \frac{f_{yd} \cdot (A_{sy.valgt.YK} + A_{sy.valgt.IK}) \cdot 1 \text{ m}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.13$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot h} = 0.01$$

$$\lambda_{ny} := \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{n}{1 + 2 \cdot k_a \cdot \omega}} = 3.43 \quad <$$

$$\lambda_{n.lim} := 13 \cdot A_\phi$$

Ikke slank!

Konklusjon:

Trenger ikke å ta hensyn til andreordens effekter i verken x- eller y-retning. Tillegget for bruddgrense blir også så lite at det er neglisjerbart.

Laster:

Vanndrykk:

$$\rho_V := 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad [\text{https://snl.no/hav}]$$

$$g := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad h := 4.9 \text{ m}$$

Setter høyden helt opp til kaikanten.

$$q_k := \rho_V \cdot g \cdot h = 49.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Inkl. lastfaktor for ulykkesituasjon:

$$q_{Ed} := q_k \cdot 1.0 = 49.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Trekantlast - langvegg, 6,25m:

$$l_y := \frac{50}{8} \text{ m} = 6.25 \text{ m} \quad l_x := 4.9 \text{ m} \quad \frac{l_y}{l_x} = 1.28$$

ly/lx er tilnærmet lik 1,3. Bruker ly/lx=1,3.

Feltmomenter:

$$M_{Ed.x.felt} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{65.8} = 18 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed.y.felt} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{147} = 8.1 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Støttemomenter:

$$M_{Ed.x0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{23.3} = 50.9 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad x=0$$

$$M_{Ed.xlx} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{38.1} = 31.1 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad x=lx$$

$$M_{Ed.y0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{34.6} = 34.3 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Likt på begge sider pga.symmetri.

Skjærkrefter:

$$V_{Ed.x0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{2.86} \cdot 1 \text{ m} = 84.7 \text{ kN} \quad x=0$$

$$V_{Ed.xlx} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{6.67} \cdot 1 \text{ m} = 36.3 \text{ kN} \quad x=lx$$

$$V_{Ed.y0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{4.07} \cdot 1 \text{ m} = 59.5 \text{ kN}$$

Likt på begge sider pga.symmetri.

Armering - ytterkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5m x 6,25m

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

$$l_y = 6.25 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 31.875 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 5 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 200 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 55 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 137 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 121 \text{ mm}$$

Trykksone's momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 164.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksone's momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 128.3 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.

Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x0}}{M_{Rd.x}} \right) = 0.947 \quad *dx \qquad z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y0}}{M_{Rd.y}} \right) = 0.955 \quad *dy$$

$z < 0.95$. Bruker beregnet z

$z > 0.95$. Bruker 0.95.

$$z_x := 0.947 \cdot d_x = 129.74 \text{ mm}$$

$$z_y := 0.95 \cdot d_y = 114.95 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 for å ta høyde for momentomlagring.

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x0}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 1082.7 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y0}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 822.9 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkestripe):

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x = 270.7 \text{ mm}^2 \qquad > \qquad 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 178.1 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y = 239.1 \text{ mm}^2 \qquad > \qquad 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 157.3 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{x-retning:} \quad \text{Ø16} \quad cc := 150 \text{ mm} \qquad A_{sx.valgt.YK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1340.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \quad \text{Ø16} \quad cc := 200 \text{ mm} \qquad A_{sy.valgt.YK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x} := A_{sx.valgt.YK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 75.6 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x0}}{M_{Rd.x}} = 0.67$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y} := A_{sy.valgt.YK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 56.7 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y0}}{M_{Rd.y}} = 0.6$$

Armering - innerkant, felt:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx6,25m

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

$$l_y = 6.25 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 31.875 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 5 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 200 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 55 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 137 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 121 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 164.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 128.3 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.
Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}} \right) = 0.981 \quad *dx \qquad z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} \right) = 0.989 \quad *dy$$

$z > 0.95d$, derfor blir indre momentarm slik:

$$z_x := 0.95 \cdot d_x = 130.15 \text{ mm} \qquad z_y := 0.944 \cdot d_y = 114.224 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 for å ta høyde for momentomlagring.

$$\text{x-retning:} \quad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x.felt}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 382.2 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \quad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y.felt}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 194.9 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkestripe):

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x = 270.7 \text{ mm}^2 \qquad > \qquad 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 178.1 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y = 239.1 \text{ mm}^2 \qquad > \qquad 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 157.3 \text{ mm}^2$$

Vanntrykket kan komme for begge sider, må derfor ha et symmetrisk tverrsnitt.
Velger armering likt som støtte:

$$\text{x-retning:} \quad \text{Ø16 } cc := 150 \text{ mm} \quad A_{sx.valgt.IK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1340.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \quad \text{Ø16 } cc := 200 \text{ mm} \quad A_{sy.valgt.IK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x} := A_{sx.valgt.IK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 75.9 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}} = 0.24$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y} := A_{sy.valgt.IK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 56.9 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} = 0.14$$

Skjærkontroll - har platen tilstrekkelig skjærkraftskapasitet uten skjærarmoring, [6.2.2(1)]:

$$\gamma_C := 1.2 \quad f_{ck} := 45$$

x-retning:

$$d_{tp} := \frac{d_x \cdot A_{sx.valgt.YK} + d_y \cdot A_{sy.valgt.YK}}{A_{sx.valgt.YK} + A_{sy.valgt.YK}} = 130.1 \text{ mm}$$

$$k := 1 + \sqrt[2]{\frac{200 \text{ mm}}{d_{tp}}} = 2.24 > 2 \quad k := 2.0$$

$$C_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_C} = 0.15$$

$$\rho_L := \frac{(A_{sx.valgt.YK} + A_{sy.valgt.YK}) \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_{tp}} = 0.018 > 0.02 \quad \rho_L := 0.02$$

$$V_{min} := 0.035 k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{\text{mm}^2} = 0.664 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} := C_{Rd.c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot b \cdot d_x = 184.2 \text{ kN} > V_{Ed.x0} = 84.7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.c2} := V_{min} \cdot b \cdot d_x = 91 \text{ kN}$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x0}}{V_{Rd.c1}} = 0.46$$

Konklusjon: skjærarmoring er ikke nødvendig.

Laster:

Vanndrykk:

$$\rho_V := 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

[<https://snl.no/hav>]

$$g := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$h := 4.9 \text{ m}$$

Setter høyden helt opp til kaikanten.

$$q_k := \rho_V \cdot g \cdot h = 49.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Inkl. lastfaktor for ulykkesituasjon:

$$q_{Ed} := q_k \cdot 1.0 = 49.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Trekantlast - kortvegg, 5m:

$$l_y := \frac{10}{2} \text{ m} = 5 \text{ m} \quad l_x := 4.9 \text{ m} \quad \frac{l_y}{l_x} = 1.02$$

l_y/l_x er tilnærmet lik 1,0. Bruker $l_y/l_x = 1,0$

Feltmomenter:

$$M_{Ed.x.felt} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{98} = 12.107 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad M_{Ed.y.felt} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{113.6} = 10.444 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Støttmomenter:

$$M_{Ed.x0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{30} = 39.548 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad M_{Ed.xlx} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{56.2} = 21.111 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed.y0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x^2}{36.9} = 32.153 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Likt på begge sider pga. symmetri.

Skjærkrefter:

$$V_{Ed.x0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{3.07} \cdot 1 \text{ m} = 78.871 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.xlx} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{8.25} \cdot 1 \text{ m} = 29.349 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.y0} := \frac{q_{Ed} \cdot l_x}{4.14} \cdot 1 \text{ m} = 58.486 \text{ kN}$$

Lik størrelse på begge sider pga. symmetri, men motsatte fortegn.

Armering - ytterkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx6,25m

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

$$l_y = 5 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 31.875 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 5 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 200 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 55 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 137 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 121 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 164.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 128.3 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.
Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x0}}{M_{Rd.x}}\right) = 0.959 \quad *dx \quad z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y0}}{M_{Rd.y}}\right) = 0.957 \quad *dy$$

$z > 0.95$. Bruker beregnet z

$z > 0.95$. Bruker 0.95.

$$z_x := 0.95 \cdot d_x = 130.15 \text{ mm}$$

$$z_y := 0.95 \cdot d_y = 114.95 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 for å ta høyde for momentomlagring.

$$\text{x-retning:} \quad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x0}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 838.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \quad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y0}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 771.6 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkestripe):

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x = 270.7 \text{ mm}^2 > 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 178.1 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y = 239.1 \text{ mm}^2 > 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 157.3 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{x-retning:} \quad \text{Ø16 } cc := 200 \text{ mm} \quad A_{sx.valgt.YK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \quad \text{Ø16 } cc := 250 \text{ mm} \quad A_{sy.valgt.YK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 804.2 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd,x} := A_{sx, \text{valgt.YK}} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 56.9 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed,x0}}{M_{Rd,x}} = 0.69$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd,y} := A_{sy, \text{valgt.YK}} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 45.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed,y0}}{M_{Rd,y}} = 0.71$$

Armering - innerkant, felt:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx6,25m

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

$$l_y = 5 \text{ m}$$

Betong: B45

$$f_{cd} := 31.875 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctm} := 3.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armering: B500NC

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Eksponeeringsklasse: XS3

$$c_{min} := 50 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} := 5 \text{ mm}$$

Platetykkelse:

$$h := 200 \text{ mm}$$

Bredde platestripe:

$$b := 1000 \text{ mm}$$

Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 55 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x := h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{16}}{2} = 137 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y := d_x - \varnothing_{16} = 121 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.x} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_x^2)}{b} = 164.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd.y} := \frac{(0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_y^2)}{b} = 128.3 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

MRd > MEd i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet.
Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}} \right) = 0.987 \quad *dx \qquad z_y := \left(1 - 0.17 \cdot \frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} \right) = 0.986 \quad *dy$$

$z > 0.95d$, derfor blir indre momentarm slik:

$$z_x := 0.95 \cdot d_x = 130.15 \text{ mm} \qquad z_y := 0.944 \cdot d_y = 114.224 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

Multipliserer med en faktor på 1,2 for å ta høyde for momentomlagring.

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} := \frac{M_{Ed.x.felt}}{z_x \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 256.6 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} := \frac{M_{Ed.y.felt}}{z_y \cdot f_{yd}} \cdot 1.2 = 252.2 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkestripe):

$$A_{sx.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x = 270.7 \text{ mm}^2 \qquad > \qquad 0.0013 \cdot b \cdot d_x = 178.1 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_y = 239.1 \text{ mm}^2 \qquad > \qquad 0.0013 \cdot b \cdot d_y = 157.3 \text{ mm}^2$$

Vanntrykket kan komme for begge sider, må derfor ha et symmetrisk tverrsnitt.
Velger armering likt som støtte:

$$\text{x-retning:} \qquad \text{Ø16} \quad cc := 200 \text{ mm} \qquad A_{sx.valgt.IK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad \text{Ø16} \quad cc := 250 \text{ mm} \qquad A_{sy.valgt.IK} := \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b}{cc \cdot m} = 804.2 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3):

Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

$$s_{max} := \min(2 \cdot h, 250 \text{ mm}) = 250 \text{ mm}$$

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x} := A_{sx.valgt.IK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 56.9 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}} = 0.21$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y} := A_{sy.valgt.IK} \cdot z_x \cdot f_{yd} = 45.5 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} = 0.23$$

Skjærkontroll - har platen tilstrekkelig skjærkraftskapasitet uten skjærarmoring, [6.2.2(1)]:

$$\gamma_C := 1.2 \quad f_{ck} := 45$$

x-retning:

$$d_{tp} := \frac{d_x \cdot A_{sx.valgt.YK} + d_y \cdot A_{sy.valgt.YK}}{A_{sx.valgt.YK} + A_{sy.valgt.YK}} = 129.9 \text{ mm}$$

$$k := 1 + \sqrt[2]{\frac{200 \text{ mm}}{d_{tp}}} = 2.24 > 2 \quad k := 2.0$$

$$C_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_C} = 0.15$$

$$\rho_L := \frac{(A_{sx.valgt.YK} + A_{sy.valgt.YK}) \cdot 1 \text{ m}}{b \cdot d_{tp}} = 0.014 > 0.02 \quad \rho_L := 0.02$$

$$V_{min} := 0.035 k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{\text{mm}^2} = 0.664 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} := C_{Rd.c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot b \cdot d_x = 184.2 \text{ kN} > V_{Ed.x0} = 78.9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.c2} := V_{min} \cdot b \cdot d_x = 91 \text{ kN}$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x0}}{V_{Rd.c1}} = 0.43$$

Konklusjon: skjærarmoring er ikke nødvendig.

15 tonnspullerter:

Bolten vil gå gjennom betongdekkeket, og 20 mm ned i unnstøpte betong trekanter i respektive hjørner hvor 15 tons pullert er plassert.

Pullert data er hentet fra Trelleborg MARINE SYSTEMS katalog Bollards PRODUCT BROCHURE 2018

Cleat pullert kapasitet:

$$K := 15000 \text{ kg}$$

Bolter M20 grad 8.8
Bolt bruddlast:

$$203 \text{ kN}$$

Boltlengde:

$$L_b := 350 \text{ mm}$$

(Trelleborgs minimumskrav
lengde 350 mm)

Boltelengde over betong:

$$e_b := 30 \text{ mm}$$

Resterende Boltlengde:

$$l_b := L_b - e_b = 32 \text{ cm}$$

Distanse fra senter bolt til betongkant:

$$l_{be} := 150 \text{ mm}$$

Fasthetsklasse betong:

$$f_{ck} := 45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Dimensjonerende trykkfasthet
betong:

$$f_{cd} := \frac{0.85 \cdot 45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1.5} = 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Dimesjonerende stålspenning:

$$f_{yd} := 435 \frac{N}{mm^2}$$

Krefter:

Port designers handbook,
Second edition Carl A. Thoresen

Horisontal kraft:

$$P_h := 150 \text{ kN}$$

Tab. 4.9

Vertikal kraft:

$$P_v := 0.87 \cdot P_h = 130.5 \text{ kN}$$

Fig. 4.31

Knutepunktsarmering 15 tonns pullert:

Bruksgrense:

NS-EN1992-1-1

Overdekningsfaktor:

$$k_c := \frac{60 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 1.2$$

Grenseverdi riss:

$$w_{max} := 0.3 \cdot k_c = 0.36$$

Tab NA.7.1.N

Armeringsspenning Ø20:

$$\sigma_t := 210 \frac{N}{mm^2}$$

Tab 7.2N

Armeringsareal:

$$As_1 := \left(\frac{P_h}{\sigma_t} \right) = 714.3 \text{ mm}^2$$

Minimum antall Ø20:

$$n := \frac{As_1}{314 \text{ mm}^2} = 2.3$$

Bruddgrense:

Armeringsareal:

$$As_2 := \left(\frac{P_h \cdot 1.5}{f_{yd}} \right) = 517.2 \text{ mm}^2$$

$As_1 > As_2$ Dermed er bruksgrense dimensjonerende.

Ettersom det er ønskelig at pullerten i seg selv skal være dimensjonerende er det valgt flere jern enn minimumskravet.

Faktisk valgt antall Ø20:

$$n_{valgt} := 6$$

Faktisk As

$$As_{valgt} := 6 \cdot 314 \text{ mm}^2 = 1884 \text{ mm}^2$$

5 tonns pullert:

Dekkets dybde er her tilstrekkelig for innfestning av bolter.

Cleat pullert kapasitet:

$$K_2 := 5000 \text{ kg}$$

Velger bolt etter pullertforhandlers anbefalinger med tilstrekkelig kapasitet.

Krefter:

Port designers handbook, Second edition Carl A. Thoresen

Horisontal kraft:

$$P_{h2} := 50 \text{ kN}$$

Tab. 4.9

Vertikal kraft:

$$P_{v2} := 0.87 \cdot P_{h2} = 43.5 \text{ kN}$$

Fig. 4.31

Knutepunktsarmering 5 tonns pullert:

Bruksgrense:

NS-EN1992-1-1

Overdekningsfaktor:

$$k_c := \frac{60 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 1.2$$

Grenseverdi riss:

$$w_{max} := 0.3 \cdot k_c = 0.36$$

Tab NA.7.1.N

Armeringsspenning Ø20:

$$\sigma_t := 210 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Armeringsareal:

$$As2_1 := \left(\frac{P_{h2}}{\sigma_t} \right) = 238.1 \text{ mm}^2$$

Minimum antall Ø20:

$$n := \frac{As2_1}{314 \text{ mm}^2} = 0.8$$

Bruddgrense:

Armeringsareal:

$$As_{2_2} := \left(\frac{P_{h2} \cdot 1.5}{f_{yd}} \right) = 172.4 \text{ mm}^2$$

$As_{2_1} > As_{2_2}$ Dermed er bruksgrense dimensjonerende.

Ettersom det er ønskelig at pullerten i seg selv skal være dimensjonerende er det valgt flere jern enn minimumskravet.

Faktisk valgt antall Ø20:

$$n_{valgt} := 3$$

Faktisk As

$$As_{valgt} := 3 \cdot 314 \text{ mm}^2 = 942 \text{ mm}^2$$

Det støpes inn to ståltrakter med trekkør diameter 200 mm i stål i hvert ytterhjørne. Bolter fester kjetting nær topp ved inspeksjonsluke. Ståltraktene er plassert i betongtrekanter i ytre hjørner hvor forankringen skal festes i henhold til forankringsplan.

Masse brygge:

$$m := 1902 \text{ tonne}$$

Kalkulert i vedlegg Høyde

Maks fart brygge i bevegelse:

$$v := 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Maks bevegelse før stram forankring:

$$l := 2 \text{ m}$$

Maks akselerasjon (tidløs formel):

$$a := \frac{v^2}{2 \cdot l} = 0.25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Maks kraft forankring:

$$F := m \cdot a = 475.5 \text{ kN}$$

Overslag etter konservativ vurdering.

Dimesjonerende stålspenning:

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Bruksgrense:

NS-EN1992-1-1

Velger 55 mm overdekning.

Overdekningsfaktor:

$$k_c := \frac{60 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 1.2$$

Grenseverdi riss:

$$w_{max} := 0.3 \cdot k_c = 0.36$$

Tab NA.7.1.N

Armeringsspenning Ø20:

$$\sigma_t := 210 \frac{N}{mm^2}$$

Tab 7.2N

Armeringsareal:

$$As_1 := \left(\frac{F}{\sigma_t} \right) = 2264.3 \text{ } mm^2$$

Antall Ø20:

$$n := \frac{As_1}{314 \text{ } mm^2} = 7.2$$

Bruddgrense:

Armeringsareal:

$$As_2 := \left(\frac{F \cdot 1.5}{f_{yd}} \right) = 1639.7 \text{ } mm^2$$

$As_1 > As_2$ Dermed er bruksgrense dimensjonerende.

Velger konservativt for at brygge skal være sterkere enn kjetting

Faktisk valgt antall Ø20 for hver av innfestningstraktene:

$$n_{valgt} := 15$$

Disse lastene bør beregnes nærmere av ingeniører med marinfaglig kompetanse, og kan dermed måtte endres.

Armering innside av hjørner legges lik innervegg.

Dette arket er utarbeidet etter boken Port Engineering skrevet av Gregory P. Tsinker. Referering til formler og verdier vil være fra denne boken om ikke annet er referert. Disse beregninger er gjort med hensyn til at vinkelen er såpass liten at $\tan \phi$ og $\sin \phi = \phi$.

Dimensjoner:

$$b_y := 50 \text{ m} \quad b_x := 10 \text{ m} \quad h := 4.9 \text{ m}$$

$$t_{vegg,i} := 0.20 \text{ m} \quad t_{vegg,y} := 0.3 \text{ m} \quad t_{dekke} := 0.3 \text{ m} \quad fribord := 1.2 \text{ m}$$

Laster, tar bare hensyn til de jevnt fordelte lastene og truck:

Egenlast:	$g_k := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	SINTEF 471.031 Tabell 21
Nyttelast:	$p_k := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	Kategori G [NS-EN 1991-1-1]
Snølast:	$s_k := 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	[NS-EN 1991-1-3]
Vindlast:	$v_k := 0.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	[NS-EN 1991-1-4]
Truck:	$P_k := 180 \text{ kN}$	[NS-EN 1991-1-1] Tabell 6.5 og 6.6

$$Vekt_{betong} := g_k \cdot (2 \cdot t_{dekke} \cdot b_x \cdot b_y + t_{vegg,i} \cdot h \cdot (b_y + 7 \cdot b_x) + t_{vegg,y} \cdot h \cdot (2 \cdot b_y + 2 \cdot b_x)) = 14850 \text{ kN}$$

$$Vekt_{nyttelast} := (p_k + s_k) \cdot b_y \cdot b_x + P_k = 3480 \text{ kN}$$

$$Totalvekt := Vekt_{betong} + Vekt_{nyttelast} = 18330 \text{ kN}$$

For å finne gravitasjonssenter er egenvekten med et tyngdepunkt $d/2$ og nyttelasten på overflaten med d .

$$CG := \frac{Vekt_{betong}}{Totalvekt} \cdot \frac{h}{2} + \frac{Vekt_{nyttelast}}{Totalvekt} \cdot h = 2.915 \text{ m} \quad \text{Gravitasjonssenter}$$

Oppdriftsenteret vil være i sentrum mellom vandybden av flåten og vannlinjen.

$$CB := \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (h - \text{fribord}) = 1.85 \text{ m} \quad \text{Oppdriftssenter}$$

Avstand mellom gravitasjonsenter og oppdriftssenter:

$$a := CG - CB = 1.065 \text{ m}$$

Last fra truck og verst avstand denne kan plasseres

$$P_k = 180 \text{ kN} \quad l_y := 25 \text{ m} \quad l_x := 5 \text{ m}$$

Bøymoment påført av truck og laster på dekke. Mest konservativt blir det å regne at trucken står ytterst på kanten og at de jevnt fordelte lastene kun er på en halvside. Her forblir trucken ytterst, men lastarealet blir redusert med 1/3 for nyttelasten og 1/2 for vindlasten av overflaten:

$$M_x := P_k \cdot l_x + \left(\frac{p_k}{3} + \frac{v_k}{2}\right) \cdot (b_x \cdot b_y) \cdot \frac{l_x}{2} = 3095.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_y := P_k \cdot l_y + \left(\frac{p_k}{3} + \frac{v_k}{2}\right) \cdot (b_x \cdot b_y) \cdot \frac{l_y}{2} = 15479.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Volumet av fortrenget vann, V:

$$V := b_x \cdot b_y \cdot (h - \text{fribord}) = 1850 \text{ m}^3$$

Treghetsmoment:

$$I_x := \frac{1}{12} b_y \cdot b_x^3 = 4166.7 \text{ m}^4$$

$$I_y := \frac{1}{12} b_x \cdot b_y^3 = 104166.7 \text{ m}^4$$

Massetetthet saltvann

$$\gamma := 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 10.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad [\text{https://snl.no/hav}]$$

Vinkel helning:

$$\phi_x := \frac{M_x}{\gamma \cdot (I_x - V \cdot a)} = 8.01^\circ \quad \phi_y := \frac{M_y}{\gamma \cdot (I_y - V \cdot a)} = 0.86^\circ \quad (7.24)$$

Etter Port Engineering s.552 burde helningen være et sted mellom 3° - 8° . Med andre ord, OK.

Metasentrisk radius over senter av oppdrift.

$$p_x := \frac{b_x^2}{12 \cdot (h - \text{fribord})} = 2.252 \text{ m} \quad p_y := \frac{b_y^2}{12 \cdot (h - \text{fribord})} = 56.306 \text{ m} \quad (7.26)$$

For å ha et mål for når stabiliten ikke er god nok, sier boken av $p-a > 0.2\text{m}$ er godkjent. Denne verdien kalles initialmetasenterhøyde (GM) av norske myndigheter. Kravet er satt til en verdi på 0.15m for normale båter og skip.

https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-07-01-1072/KAPITTEL_3#KAPITTEL_3

Initialmetasenterhøyde:

$$IMH_x := p_x - a = 1.187 \text{ m} \quad \text{OK} \quad IMH_y := p_y - a = 55.241 \text{ m} \quad \text{OK}$$

For å vite hvor langt ned kanten av bryggen vil gå har boken også en formel for dette:

$$d_x := \frac{M_x \cdot l_x}{\gamma \cdot (I_x - V \cdot a)} = 0.699 \text{ m} \quad d_y := \frac{M_y \cdot l_y}{\gamma \cdot (I_y - V \cdot a)} = 0.375 \text{ m} \quad (7.30)$$

Nytt fribord blir da:

$$\text{fribord}_{x.etter} := \text{fribord} - d_x = 0.501 \text{ m} \quad \text{fribord}_{y.etter} := \text{fribord} - d_y = 0.825 \text{ m}$$

Bryggen er stabil.

$$t_{vegg.inne} := 0.20 \text{ m} \quad t_{dekke} := 0.3 \text{ m} \quad t_{vegg.ute} := 0.3 \text{ m} \quad fri := 1.2 \text{ m}$$

$$b := 10 \text{ m} \quad l := 50 \text{ m} \quad \rho_V := 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho_B := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$b_B := 10 \text{ m} - 2 \cdot t_{vegg.ute} - t_{vegg.inne} = 9.2 \text{ m} \quad g := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Laster eksl. egenvekt:

$$q_k := \frac{14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} - 7.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{g} = 662.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad \text{Fra Laster øvre dekke}$$

Punktlaster:

$$Q_k := \frac{336 \text{ kN}}{g} = 34250.8 \text{ kg} \quad \text{Fra Laster øvre dekke}$$

Forankring:

$$F_k := 30000 \text{ kg} \quad \text{Anslått}$$

Ekstra betong til forankring og pullert:

$$B_k := 11.7 \text{ m}^3 \cdot \rho_B = 29250 \text{ kg}$$

Bryggen er satt til å ha høyde på 4.9m:

$$h := 4.9 \text{ m}$$

$$last1 := q_k \cdot b \cdot l + Q_k + F_k + B_k + 2 \cdot b \cdot l \cdot t_{dekket} \cdot \rho_B = (1.175 \cdot 10^6) \text{ kg}$$

$$last2 := ((2 \cdot l + 2 \cdot b_B) \cdot t_{vegg.ute} \cdot \rho_B + (l + 7 \cdot b_B) \cdot t_{vegg.inne} \cdot \rho_B) \cdot 4.3 \text{ m} = (6.278 \cdot 10^5) \text{ kg}$$

$$Oppdrift := b \cdot l \cdot \rho_V - 10 \text{ m} \cdot 6.25 \text{ m} \cdot \rho_V$$

Det blir dermed en ny vanddybde på bryggen på grunn av manglende oppdrift:

$$dybde := \frac{last1 + last2}{Oppdrift} = 4.008 \text{ m}$$

Dermed blir det også et nytt teoretisk fribord:

$$fribord := h - dybde = 0.892 \text{ m}$$

Stabilitet ved ulykke er gjort med samme fremgangsmåte som vanlig stabilitet, men nå tas det hensyn til endring i oppdrift og fribord. Svært mye av beregningene er dermed like. Fribord er hentet fra ulykkesoppdrift.

Dimensjoner:

$$b_y := 50 \text{ m}$$

$$b_x := 10 \text{ m}$$

$$h := 4.9 \text{ m}$$

$$t_{vegg,i} := 0.20 \text{ m}$$

$$t_{vegg,y} := 0.3 \text{ m}$$

$$t_{dekke} := 0.3 \text{ m}$$

$$fribord := 0.892 \text{ m}$$

Laster, tar bare hensyn til de jevnt fordelte lastene og truck:

Egenlast:	$g_k := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	SINTEF 471.031 Tabell 21
-----------	--	-----------------------------

Nyttelast:	$p_k := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	Kategori G [NS-EN 1991-1-1]
------------	---	-----------------------------

Snølast:	$s_k := 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	[NS-EN 1991-1-3]
----------	---	------------------

Vindlast:	$v_k := 0.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	[NS-EN 1991-1-4]
-----------	--	------------------

Truck:	$P_k := 180 \text{ kN}$	[NS-EN 1991-1-1] Tabell 6.5 og 6.6
--------	-------------------------	---------------------------------------

$$Vekt_{betong} := g_k \cdot (2 \cdot t_{dekke} \cdot b_x \cdot b_y + t_{vegg,i} \cdot h \cdot (b_y + 7 \cdot b_x) + t_{vegg,y} \cdot h \cdot (2 \cdot b_y + 2 \cdot b_x)) = 14850 \text{ kN}$$

$$Vekt_{nyttelast} := (p_k + s_k) \cdot b_y \cdot b_x + P_k = 3480 \text{ kN}$$

Her er det en endring fra normal stabilitet ettersom det blir lagt til vann som har infiltrert konstruksjonen.

Massetetthet saltvann:

$$\gamma := 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 10.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad [\text{https://snl.no/hav}]$$

Dimensjoner:

$$b_{skott} := 5 \text{ m}$$

$$l_{skott} := 6.25 \text{ m}$$

$$antall.skott := 2$$

$$Vekt_{vann} := antall.skott \cdot \gamma \cdot b_{skott} \cdot l_{skott} \cdot (h - fribord) = 2526.2 \text{ kN}$$

På grunn av mangel på oppdrift vil det egentlig være en større vanddybde hvor de skadede skottene er, ganger derfor med 1.2.

$$Totalvekt := Vekt_{betong} + Vekt_{nyttelast} + 1.2 Vekt_{vann} = 21361.5 \text{ kN}$$

For å finne gravitasjonssenter er egenvekten med et tyngdepunkt $d/2$ og nyttelasten på overflaten med d .

Gravitasjonssenter:

$$CG := \frac{Vekt_{betong}}{Totalvekt} \cdot \frac{h}{2} + \frac{Vekt_{nyttelast}}{Totalvekt} \cdot h + \frac{Vekt_{vann}}{Totalvekt} \cdot \frac{(1.2 \text{ m} - fribord)}{2} = 2.52 \text{ m}$$

Oppdriftsenteret vil være i sentrum mellom vanddybden av flåten og vannlinjen.

Oppdriftssenter:

$$CB := \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (h - fribord) = 2.004 \text{ m}$$

Avstand mellom gravitasjonssenter og oppdriftssenter:

$$a := CG - CB = 0.516 \text{ m}$$

Last fra truck og verst avstand denne kan plasseres

$$P_k = 180 \text{ kN} \quad l_y := 25 \text{ m} \quad l_x := 5 \text{ m}$$

Bøymoment påført av truck og laster på dekke. Mest konservativt blir det å regne at trucken står ytterst på kanten og at de jevnt fordelte lastene kun er på en halvside. Her forblir trucken ytterst, men lastarealet blir redusert med 1/3 for nyttelasten og 1/2 for vindlasten av overflaten:

$$M_x := P_k \cdot l_x + \left(\frac{p_k}{3} + \frac{v_k}{2}\right) \cdot (b_x \cdot b_y) \cdot \frac{l_x}{2} = 3095.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_y := P_k \cdot l_y + \left(\frac{p_k}{3} + \frac{v_k}{2}\right) \cdot (b_x \cdot b_y) \cdot \frac{l_y}{2} = 15479.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Volumet av fortrenget vann når det er to skott som ikke er tette, V:

$$V := (b_x \cdot b_y - 2 \cdot b_{skott} \cdot l_{skott}) \cdot (h - fribord) = 1753.5 \text{ m}^3$$

Treghetsmoment:

$$I_x := \frac{1}{12} b_y \cdot b_x^3 = 4166.7 \text{ m}^4 \qquad I_y := \frac{1}{12} \cdot b_x \cdot b_y^3 = 104166.7 \text{ m}^4$$

Vinkel helning:

$$\phi_x := \frac{M_x}{\gamma \cdot (I_x - V \cdot a)} = 5.39^\circ \qquad \phi_y := \frac{M_y}{\gamma \cdot (I_y - V \cdot a)} = 0.85^\circ \quad (7.24)$$

Metasentrisk radius over senter av oppdrift.

$$p_x := \frac{b_x^2}{12 \cdot (h - \text{fribord})} = 2.079 \text{ m} \qquad p_y := \frac{b_y^2}{12 \cdot (h - \text{fribord})} = 51.979 \text{ m} \quad (7.26)$$

For å ha et mål for når stabiliten ikke er god nok, sier boken av $p-a > 0.2\text{m}$ er godkjent. Denne verdien kalles initialmetasenterhøyde (GM) av norske myndigheter. Kravet er satt til en verdi på 0.15m for normale båter og skip.

https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-07-01-1072/KAPITTEL_3#KAPITTEL_3

Initialmetasenterhøyde:

$$IMH_x := p_x - a = 1.56 \text{ m} \quad \text{OK} \qquad IMH_y := p_y - a = 51.46 \text{ m} \quad \text{OK}$$

For å vite hvor langt ned kanten av bryggen vil gå har boken også en formel for dette:

$$d_x := \frac{M_x \cdot l_x}{\gamma \cdot (I_x - V \cdot a)} = 0.47 \text{ m} \qquad d_y := \frac{M_y \cdot l_y}{\gamma \cdot (I_y - V \cdot a)} = 0.372 \text{ m} \quad (7.30)$$

Nytt fribord blir da:

$$\text{fribord}_{x,etter} := \text{fribord} - d_x = 0.422 \text{ m} \qquad \text{fribord}_{y,etter} := \text{fribord} - d_y = 0.52 \text{ m}$$

Beregning er forenklet, argumentert i rapporten.

Lastbredde. Lengden blir basert på hvor lange bølger bryggen tåler. Her er det tatt utgangspunkt i at bølgen er 1.2m høy og 18.5m lang ettersom det var dette bryggen tålte om bølgen stod på midten:

5.3.2.1 [NS-EN-1992-1-1]

$$b_{w,i} := 0.20 \text{ m} \quad l := 50 \text{ m} - \frac{2}{3} \cdot 18.5 \text{ m} = 37.667 \text{ m} \quad h := 4.9 \text{ m}$$

$$l_0 := 0.2113 l = 7.959 \text{ m} \quad \text{Avstanden mellom nullpunktene i momentkurven.}$$

$$b_i := 2.5 \text{ m}$$

$$b_{eff,i} := 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 = 1.296 \text{ m} < 0.2 \cdot l_0 = 1.592 \text{ m} = 1.451 \text{ m}$$

$$b_{eff,i} < b_i \quad 1.452 < 2.5 \text{ m} \quad \text{OK}$$

$$b_{eff} := 2 \cdot b_{eff,i} + b_{w,i} = 2.792 \text{ m}$$

Henter armering fra utregninger for dekker. Dette fordi for å finne kapasiteten brukes armeringen i strekksonen til dekke som en flens for veggen.

Armering nedre dekke:

$$\varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Feltarmering - overkant. dy:221mm fra underkant brygge

$$\varnothing_{16} \text{ cc} := 200 \text{ mm} \quad A_{sy, \text{valgt.OK}} := \frac{\varnothing_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b_{eff}}{cc} = 2806.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{b_{eff}}{cc} \frac{\varnothing_{16}^2}{4} = 893.4 \text{ mm}^2$$

$$d_1 := h - 221 \text{ mm} = 4.679 \text{ m}$$

Feltarmering- underkant. dy=221mm fra overkant nedre dekke.

$$\varnothing_{16} \text{ cc} := 100 \text{ mm} \quad A_{sy, \text{valgt.UK}} := \frac{\varnothing_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b_{eff}}{cc} = 5613.2 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} := \frac{b_{eff}}{cc} \frac{\varnothing_{16}^2}{4} \cdot \pi = 5613.2 \text{ mm}^2$$

$$d_2 := h - (300 \text{ mm} - 221 \text{ mm}) = 4.821 \text{ m}$$

Det må så regnes ut ny d:

$$d_{12} := \frac{As_1 \cdot d_1 + As_2 \cdot d_2}{As_1 + As_2} = 4.802 \text{ m}$$

Trykkspenning i flens fra armering. Flytespenning er hentet fra beregninger for dekke.

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tykkelse dekke:

$$t_{dekke} := 0.3 \text{ m}$$

Momentkapasiteten til armering i strekksonen:

$$M_{Rd.s.f} := f_{yd} \cdot \left(\frac{(As_1 + As_2)}{m} \cdot b_{eff} \right) \cdot \left(d_{12} - \frac{t_{dekke}}{2} \right) = 36755.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momentkapasitet av steget alene. Dimensjonerende trykkfasthet er hentet fra beregninger fra dekke/vegg:

$$f_{cd} := 25.5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Momentkapasiteten til betongen i steget:

$$M_{Rd.c} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b_{w,i} \cdot d_{12}^2 = 32333.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Med utangspunkt i hva strekkarmeringen kan tilby og hva steget kan tilby av kapasitet blir armering dimensjonerende. Siden dette er den laveste kapasiteten.

Opptredene momentet som kommer av bølgene i endene må da være mindre enn dette.

Tykkelse yttervegg:

Høyde:

Lengde:

$$b_{w,y} := 0.30 \text{ m}$$

$$h := 4.9 \text{ m}$$

$$l := 50 \text{ m}$$

Lastbredden settes til $5\text{m}^{1.25}$. Dette fordi midterste vegg kommer til å ta til seg mer moment enn de ytterste veggene.

$$L_b := 5 \text{ m} \cdot 1.25 = 6.25 \text{ m}$$

Laster nedover:

Egenlast:	$g_k := 25 \frac{kN}{m^3}$	SINTEF 471.031 Tabell 21
Nyttelast:	$p_k := 5 \frac{kN}{m^2}$	Kategori G [NS-EN 1991-1-1] Tabell NA.6.8
Snølast:	$s_k := 1.6 \frac{kN}{m^2}$	[NS-EN 1991-1-3]
Vindlast:	$v_k := 0.18 \frac{kN}{m^2}$	[NS-EN 1991-1-4]

Total jevnt fordelt last nedover.

$$q_k := \left((g_k \cdot 2 \cdot t_{dekket}) + p_k + s_k + v_k \right) \cdot Lb + g_k \cdot \left(h \cdot b_{w,i} + \frac{(7 \cdot b_{w,i} + 2 \cdot b_{w,y}) \cdot (h \cdot Lb)}{l} \right) = 191.3 \frac{kN}{m}$$

Punktlaster som påvirker momentet:

Truck	$Q_k := 180 \text{ kN}$	[NS-EN 1991-1-1] Tabell 6.5 og 6.6
-------	-------------------------	---------------------------------------

Bølgehøyden bryggen skal tåle er 1m og bølgelengden settes til 12m ettersom det er dette bryggen tålte om bølgen står på midten.

$$\rho_{SV} := 1028 \frac{kg}{m^3} \quad [\text{https://snl.no/hav}]$$

$$g := 9.81 \frac{m}{s^2} \quad l_{skrå} := 18.5 \text{ m} \quad h_{skrå} := 1.2 \text{ m}$$

Oppdrift fra skrålastene:

$$O_{k.skrå} := \frac{1}{2} \cdot \rho_{SV} \cdot g \cdot h_{skrå} \cdot l_{skrå} \cdot Lb = 699.6 \text{ kN}$$

Dybden av bryggen styres av hvor mye oppdrift det er i bølgene. Den totale lasten nedover kan ikke være større enn den totale lasten oppover.

$$d := \frac{(q_k \cdot l + Q_k - 2 \cdot O_{k.skrå})}{\rho_{SV} \cdot g \cdot l \cdot Lb} = 2.647 \text{ m}$$

Linjelasten på oppdriven utenom bølgene:

$$O_k := \rho_{SV} \cdot g \cdot d \cdot Lb = 166.9 \frac{kN}{m}$$

Avstand mellom tyngdepunkt skrålaster:

$$l_{felt} := 50 \text{ m} - \frac{2}{3} \cdot l_{skrå} = 37.667 \text{ m}$$

Avstand fra kant av bjelken til tyngdepunkt skrålast:

$$c := \frac{l - l_{felt}}{2} = 6.167 \text{ m}$$

Gjennomsnittlig lastfaktor:

$$Egenlast := g_k \cdot (2 \cdot t_{dekke} \cdot l \cdot Lb + h \cdot b_{w,i} \cdot l + (7 \cdot b_{w,i} + 2 \cdot b_{w,y}) \cdot (h \cdot Lb)) = (7.444 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$Lf := \frac{1.2 \cdot Egenlast + 1.05 \cdot Q_k + (1.5 \cdot p_k + 1.05 \cdot (v_k + s_k)) \cdot Lb \cdot l}{Egenlast + Q_k + (p_k + s_k + v_k) \cdot Lb \cdot l} = 1.237$$

Oppredene moment, fritttopplagt på tyngdepunktet på skrålastene med en gjennomsnittlig lastfaktor:

$$M_{Ed} := Lf \left(\frac{(q_k - O_k) \cdot l}{2} \cdot \left(\frac{l}{4} - c \right) + Q_k \cdot \frac{l_{felt}}{4} \right) = 6871.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Utnyttelse av flensen ved størst bølgelest:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd.s.f}} = 0.187$$

Utnyttelse av steget ved størst bølgelest:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd.c}} = 0.213$$

Skjærberegning:

Må også sjekke for skjærkapasitet for å sørge for at det ikke blir ødeleggelser i konstruksjoner.

Her brukes både armering i langveggen og fra flensene.

$$d_{vegg} := 2.45 \text{ m} \quad d_{flens} := d_{12} = 4.802 \text{ m}$$

$$k_{vegg} := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d_{vegg}}} = 1.286 < 2.0 \quad \text{OK}$$

$$k_{flens} := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d_{flens}}} = 1.204 < 2.0 \quad \text{OK}$$

For å regne skjærkapasitet må det brukes langsgående armering i steget og dekker, de er hentet fra beregninger på vegger dekker. Armering ganges med to både vegg og flens fordi det er to lag begge steder. Armering i flens er cc200mm i OK og cc100mm i UK, så cc150mm som gjennomsnitt her.

$$\text{Ø16 cc} := 200 \text{ mm} \quad A_{s,vegg} := 2 \cdot \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{h}{cc} = 9852 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ø16 cc} := 150 \text{ mm} \quad A_{s,flens} := 2 \cdot \frac{b_{eff}}{cc} \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi = 7484.3 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{L,vegg} := \frac{A_{s,vegg}}{b_{w,i} \cdot d_{vegg}} = 0.02 = 0.02 \quad \text{OK}$$

$$\rho_{L,flens} := \frac{A_{s,flens}}{b_{eff} \cdot t_{dekke}} = 0.009 < 0.02 \quad \text{OK}$$

$$C_{Rd,c} := 0.12 \quad f_{ck} := 45$$

Skjærkapasitet:

NS-EN 1992-1-1
(6.2.2)

$$V_{Rd,c,vegg} := C_{Rd,c} \cdot k_{vegg} \cdot (100 \cdot \rho_{L,vegg} \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot b_{w,i} \cdot d_{vegg} = 339.4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,flens} := C_{Rd,c} \cdot k_{flens} \cdot (100 \cdot \rho_{L,flens} \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot b_{eff} \cdot t_{dekke} = 414.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} := V_{Rd,c,vegg} + V_{Rd,c,flens} = 754 \text{ kN}$$

Må også sjekke minsteverdi til skjærkapasiteten:

$$V_{min,vegg} := 0.035 \cdot k_{vegg}^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{N}{mm^2} = 0.3 \frac{N}{mm^2}$$

$$V_{min,flens} := 0.035 \cdot k_{flens}^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{N}{mm^2} = 0.3 \frac{N}{mm^2}$$

$$Minsteverdi := V_{min,vegg} \cdot b_{w,i} \cdot d + V_{min,flens} \cdot b_{eff} \cdot t_{dekke} = 441.1 \text{ kN} \quad \text{NS-EN 1992-1-1 (6.2.2)}$$

$$Minsteverdi = 441.1 \text{ kN} < V_{Rd,c} = 754 \text{ kN}$$

Bruker dermed $V_{Rd,c}$ videre.

Opptredene skjærkraft finnes ved hjelp av ROBOT:

$$V_{Ed} := Lf \cdot 321.26 \text{ kN} = 397.3 \text{ kN}$$

Utnyttelse skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 0.527$$

Skjærkraften vil ikke overgå skjærkraftkapasiteten.

Rissvidde må også beregnes.

Anbefalte verdier av W_{max} (mm)

$$k_c := \frac{60 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 1.2 < 1.3 \quad \text{OK}$$

NA.7.3.1 NS-EN 1992-1-1
NA.901

$$W_{k,max} := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c = 0.36 \text{ mm}$$

[NS-EN 1992-1-1]
Tabell 7.1N

Armeringsspenning for $W_{k,max}$ og $\phi 16$:

$$f_{y,max} := 240 \frac{N}{mm^2}$$

[NS-EN 1992-1-1]
Tabell 7.2N

Armeringsspenning for $W_{k,max}$ og senteravstand 200mm:

$$f_{y,max} := 240 \frac{N}{mm^2}$$

[NS-EN 1992-1-1]
Tabell 7.3N

Må så hente armering fra nedre dekke for å beregne hvilken spenning som opptrer.

$$A_{s1,nød} := 1279.3 \frac{mm^2}{m}$$

$$A_{s1,brukt} := 1340.4 \frac{mm^2}{m}$$

$$A_{s2,nød} := 326.3 \frac{mm^2}{m}$$

$$A_{s2,brukt} := 1340.4 \frac{mm^2}{m}$$

Siden ofteforekommende laster vil være det samme som oppredende moment blir spenning i stålet:

$$\sigma_s := f_{yd} \cdot \left(\frac{1}{L_f} \right) \cdot \frac{A_{s1,nød} + A_{s2,nød}}{A_{s1,brukt} + A_{s2,brukt}} = 210.7 \frac{N}{mm^2}$$

Systemet er ikke utsatt for riss.

Først blir det regnet ut b_{eff} for å finne ut hvor mye armering som anvendes:

5.3.2.1 [NS-EN-1992-1-1]

$$b_{w,i} := 0.20 \text{ m} \quad l := 25 \text{ m} \quad h := 4.9 \text{ m}$$

$$l_0 := 0.2113 l = 5.283 \text{ m} \quad \text{Avstanden mellom nullpunktene i momentkurven.}$$

$$b_i := 2.5 \text{ m}$$

$$b_{eff,i} := 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 = 1.028 \text{ m} < 0.2 \cdot l_0 = 1.057 \text{ m} = 1.028 \text{ m}$$

$$b_{eff,i} < b_i \quad 0.1028 < 2.5 \text{ m} \quad \text{OK}$$

$$b_{eff} := 2 \cdot b_{eff,i} + b_{w,i} = 2.257 \text{ m}$$

Henter armering fra utregninger for dekker. Dette fordi for å finne kapasiteten brukes armeringen i strekksonen til dekke som en flens for veggen.

$$\text{Armering nedre dekke:} \quad \varnothing_{16} := 16 \text{ mm}$$

Feltarmering - overkant. $d_y = 221 \text{ mm}$ fra underkant brygge

$$\varnothing_{16} \text{ cc} := 200 \text{ mm} \quad A_{sy, valgt.OK} := \frac{\varnothing_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b_{eff}}{cc} = 2268.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s1} := \frac{b_{eff}}{cc} \cdot \frac{\varnothing_{16}^2}{4} \cdot \pi = 2268.5 \text{ mm}^2$$

$$d_1 := h - 221 \text{ mm} = 4.679 \text{ m}$$

Støttearmering. - underkant. $d_y = 221 \text{ mm}$ fra overkant nedre dekke.

$$\varnothing_{16} \text{ cc} := 200 \text{ mm} \quad A_{sy, valgt.UK} := \frac{\varnothing_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{b_{eff}}{cc} = 2268.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} := \frac{b_{eff}}{cc} \cdot \frac{\varnothing_{16}^2}{4} \cdot \pi = 2268.5 \text{ mm}^2$$

$$d_2 := h - (300 \text{ mm} - 221 \text{ mm}) = 4.821 \text{ m}$$

Må regnes ut ny d:

$$d_{12} := \frac{As_1 \cdot d_1 + As_2 \cdot d_2}{As_1 + As_2} = 4.75 \text{ m}$$

Trykkspenning i flens fra armering. Flytespenning er hentet fra beregninger for dekke.

$$f_{yd} := 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tykkelse dekke:

$$t_{dekke} := 0.3 \text{ m}$$

Momentkapasiteten til armering i strekksonen:

$$M_{Rd.s.f} := f_{yd} \cdot \frac{(As_1 + As_2)}{m} \cdot b_{eff} \cdot \left(d_{12} - \frac{t_{dekke}}{2} \right) = 20485.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momentkapasitet av steget alene. Dimensjonerende trykkfasthet er hentet fra beregninger fra dekke/vegg:

$$f_{cd} := 25.5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Momentkapasiteten til betongen i steget:

$$M_{Rd.c} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b_{w,i} \cdot d_{12}^2 = 31643.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Med utangspunkt i hva strekkarmeringen kan tilby og hva steget kan tilby av kapasitet blir armering dimensjonerende. Siden dette er den laveste kapasiteten.

Opptredende moment som kommer av bølgene i endene må da være mindre enn dette.

Tykkelse yttervegg:

$$b_{w,y} := 0.30 \text{ m}$$

Høyde:

$$h := 4.9 \text{ m}$$

Lengde:

$$l := 50 \text{ m}$$

Lastbredden settes til $5\text{m}^{1.25}$. Dette fordi midterste vegg kommer til å ta til seg mer moment enn de ytterste veggene.

$$Lb := 5 \text{ m} \cdot 1.25 = 6.25 \text{ m}$$

Laster nedover:

Egenlast: $g_k := 25 \frac{kN}{m^3}$ SINTEF 471.031
Tabell 21

Nyttelast: $p_k := 5 \frac{kN}{m^2}$ Kategori G [NS-EN 1991-1-1]
Tabell NA.6.8

Snølast: $s_k := 1.6 \frac{kN}{m^2}$ [NS-EN 1991-1-3]

Vindlast: $v_k := 0.18 \frac{kN}{m^2}$ [NS-EN 1991-1-4]

Total jevnt fordelt last nedover.

$$q_k := \left((g_k \cdot (2 \cdot t_{dekke})) + p_k + s_k + v_k \right) \cdot Lb + g_k \cdot \left(h \cdot b_{w.i} + \frac{(7 \cdot b_{w.i} + 2 \cdot b_{w.y}) \cdot h \cdot Lb}{l} \right) = 191.3 \frac{kN}{m}$$

Punktlaster som påvirker momentet:

Truck $Q_k := 180 \text{ kN}$ [NS-EN 1991-1-1]
Tabell 6.5 og 6.6

Landgang: $LG_k := 91.1 \text{ kN}$ Hentet fra landgang beregningen.
Tar med hele vekten (TSS).

Bølgehøyden bryggen skal tåle er 1.2m ettersom dette er høyden til fribordet og bølgelengden bryggen tåler skal bestemmes etter kapasiteten.

$$\rho_{SV} := 1028 \frac{kg}{m^3} \quad [\text{https://snl.no/hav}]$$

$$g := 9.81 \frac{m}{s^2} \quad l_{skrå} := 18.75 \text{ m} \quad h_{skrå} := 1.2 \text{ m}$$

Oppdrift fra skrålastene:

$$O_{k.skrå} := \frac{1}{2} \cdot \rho_{SV} \cdot g \cdot h_{skrå} \cdot l_{skrå} \cdot Lb = 709.1 \text{ kN}$$

Dybden av bryggen styres av hvor mye oppdrift det er i bølgene. Den totale lasten nedover kan ikke være større enn den totale lasten oppover.

$$d := \frac{(q_k \cdot l + Q_k + LG_k - 2 \cdot O_{k.skrå})}{\rho_{SV} \cdot g \cdot l \cdot Lb} = 2.67 \text{ m}$$

Linjelasten av oppdriften utenom bølgen:

$$O_k := \rho_{SV} \cdot g \cdot d \cdot Lb = 168.3 \frac{kN}{m}$$

Gjennomsnittlig lastfaktor:

$$Egenlast := g_k \cdot (2 \cdot t_{dekkke} \cdot l \cdot Lb + h \cdot b_{w.i} \cdot l + (7 \cdot b_{w.i} + 2 \cdot b_{w.y}) \cdot (h \cdot Lb)) = (7.444 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$Lf := \frac{1.2 \cdot Egenlast + 1.05 \cdot Q_k + (1.5 \cdot p_k + 1.05 \cdot (v_k + s_k)) \cdot Lb \cdot l + 1.05 \cdot LG_k}{Egenlast + Q_k + (p_k + s_k + v_k) \cdot Lb \cdot l + LG_k} = 1.235$$

Opptredende moment, med en gjennomsnittlig lastfaktor:

$$M_{Ed} := Lf \cdot \left((q_k - O_k) \cdot \frac{l^2}{8} + \frac{(Q_k + LG_k)}{2} \cdot \frac{l}{2} - 2 \cdot O_{k.skra} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{l_{skra}}{2} \right) = 7566.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Utnyttelse av flensen ved størst bølgelast:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd.s.f}} = 0.369$$

Utnyttelse av steget ved størst bølgelast:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd.c}} = 0.239$$

Skjærberegning:

Må også sjekke for skjærkapasitet for å sørge for at det ikke blir ødeleggelser i konstruksjoner.

Her brukes både armering i langveggen og fra flensene.

$$d_{vegg} := \frac{h}{2} = 2.45 \text{ m} \quad d_{flens} := d_{12} = 4.75 \text{ m}$$

$$k_{vegg} := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d_{vegg}}} = 1.286 < 2.0 \quad \text{OK}$$

$$k_{flens} := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d_{flens}}} = 1.205 < 2.0 \quad \text{OK}$$

For å regne skjærkapasitet må det brukes langsgående armering i steget og dekker, de er hentet fra beregninger på vegger dekker. Armering ganges med to både vegg og flens fordi det er to lag begge steder.

$$\text{Ø16 } cc := 200 \text{ mm} \quad A_{s,vegg} := 2 \cdot \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{h}{cc} = 9852 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ø16 } cc := 200 \text{ mm} \quad A_{s,flens} := 2 \cdot \frac{b_{eff}}{cc} \cdot \frac{\text{Ø}_{16}^2}{4} \cdot \pi = 4537 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{L,vegg} := \frac{A_{s,vegg}}{b_{w,i} \cdot d_{vegg}} = 0.02 \quad = 0.02 \quad \text{OK}$$

$$\rho_{L,flens} := \frac{A_{s,flens}}{b_{eff} \cdot t_{dekke}} = 0.007 < 0.02 \quad \text{OK}$$

$$C_{Rd,c} := 0.12 \quad f_{ck} := 45$$

NS-EN 1992-1-1
(6.2.2)

Skjærkapasitet:

$$V_{Rd,c,vegg} := C_{Rd,c} \cdot k_{vegg} \cdot (100 \cdot \rho_{L,vegg} \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot b_{w,i} \cdot d_{vegg} = 339.4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,flens} := C_{Rd,c} \cdot k_{flens} \cdot (100 \cdot \rho_{L,flens} \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot b_{eff} \cdot t_{dekke} = 304.7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} := V_{Rd,c,vegg} + V_{Rd,c,flens} = 644.1 \text{ kN}$$

Må også sjekke minsteverdi til skjærkapasiteten:

$$V_{min.vegg} := 0.035 \cdot k_{vegg}^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{N}{mm^2} = 0.3 \frac{N}{mm^2}$$

$$V_{min.flens} := 0.035 \cdot k_{flens}^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{N}{mm^2} = 0.3 \frac{N}{mm^2}$$

$$Minsteverdi := V_{min.vegg} \cdot b_{w.i} \cdot d + V_{min.flens} \cdot b_{eff} \cdot t_{dekke} = 393.1 \text{ kN} \quad \text{NS-EN 1992-1-1 (6.2.2)}$$

$$Minsteverdi = 393.1 \text{ kN} < V_{Rd.c} = 644.1 \text{ kN}$$

Bruker dermed VRd.c videre.

Opptredene skjærkraft finnes ved hjelp av ROBOT:

$$V_{Ed} := Lf \ 346.47 \text{ kN} = 427.9 \text{ kN}$$

Utnyttelse skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd.c}} = 0.664$$

Skjærkraften vil ikke overgå skjærkraftkapasiteten.

Rissvidde må også beregnes:

Anbefalte verdier av W_{max} (mm)

$$k_c := \frac{60 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 1.2 < 1.3 \quad \text{OK}$$

NA.7.3.1 NS-EN 1992-1-1
NA.901

$$W_{k,max} := 0.3 \text{ mm} \cdot k_c = 0.36 \text{ mm}$$

[NS-EN 1992-1-1]
Tabell 7.1N

Armeringsspenning for $W_{k,max}$ og $\phi 16$:

$$f_{y,max} := 240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

[NS-EN 1992-1-1]
Tabell 7.2N

Armeringsspenning for $W_{k,max}$ og senteravstand 250mm:

$$f_{y,max} := 200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

[NS-EN 1992-1-1]
Tabell 7.3N

Må så hente armering fra dekkene for å beregne hvilken spenning som opptrer.

$$A_{s1,nød} := 696.22 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{s2,nød} := 539.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{s1,brukt} := 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

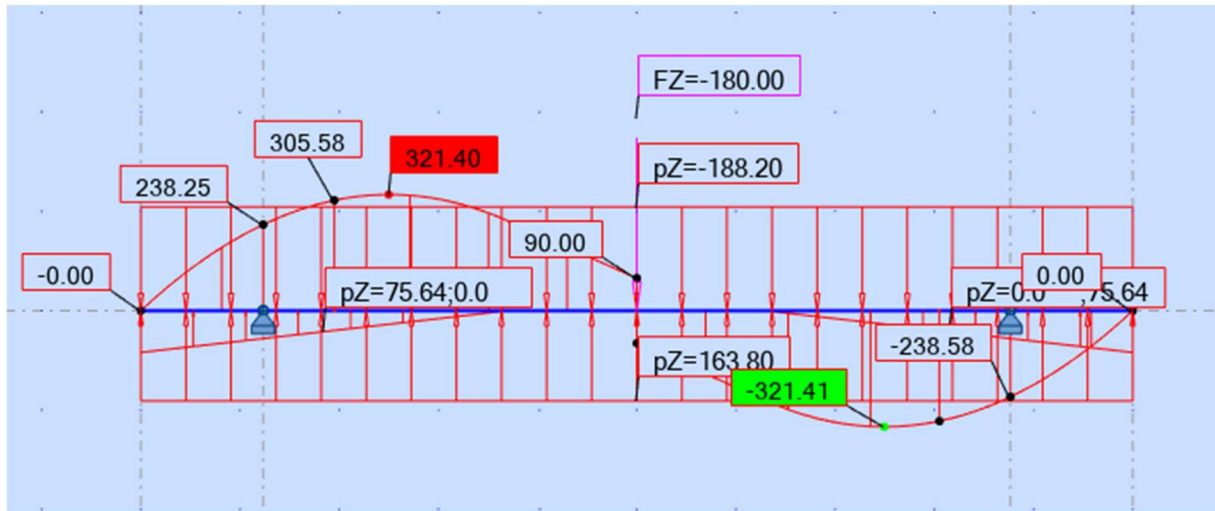
$$A_{s2,brukt} := 1005.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Siden ofteforekommende laster vil være det samme som opptredende moment blir spenning i stålet:

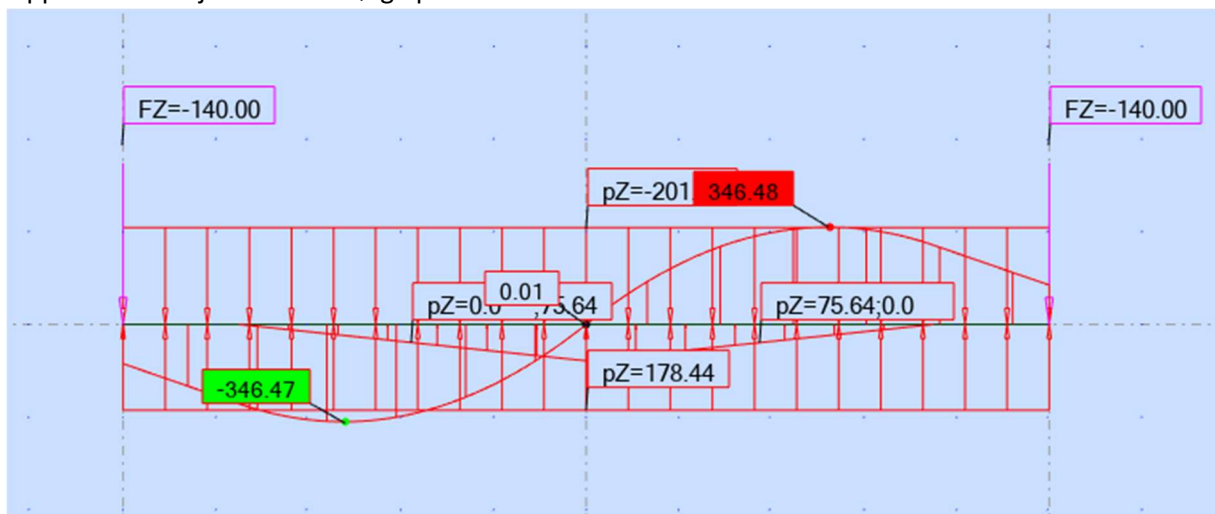
$$\sigma_s := f_{yd} \cdot \left(\frac{1}{Lf} \right) \cdot \frac{A_{s1,nød} + A_{s2,nød}}{A_{s1,brukt} + A_{s2,brukt}} = 216.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Systemet er ikke utsatt for riss.

Opptredende skjærkraft ved bølger i endene:



Opptredende skjærkraft for bølge på midten:



Platedekke:

Dimensjoner:

$$b := 4 \text{ m} \quad h := 0.019 \text{ m}$$

Egenvekt stålplate, stål:

$$\rho_s := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 77.009 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad [\text{SINTEF 571.403 Tabell 42}]$$

$$g_{k.pd} := \rho_s \cdot b \cdot h = 5.853 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Laster langs IPE-bjerkene:

$$\text{Dynamisk punktlast av trucken} \quad Q_k := 180 \text{ kN} \quad [\text{NS-EN 1991-1-1}] \\ \text{Tabell 6.5 og 6.6}$$

$$\text{Nyttelast:} \quad q_k := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot b = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Kategori G [NS-EN 1991-1-1]} \\ \text{Tabell NA.6.8}$$

$$\text{Snølast:} \quad s_k := 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot b = 6.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad [\text{NS-EN 1991-1-3}]$$

$$\text{Vindlast:} \quad v_k := 0.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot b = 0.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad [\text{NS-EN 1991-1-4}]$$

Renge hvilken spenn platen tåler mellom IPE-bjerkene:

$$l_{spenn} := 0.8 \text{ m} \quad 8\text{m}/10\text{stk}+1 \text{ IPE} = 0.8\text{m spenn}$$

Momentkapasitet av platen:

$$w_{pd} := \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 240666.7 \text{ mm}^3$$

$$\text{Flytespenning} \quad f_y := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{m0} := 1.05$$

$$M_{Rd.pd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot w_{pd} = 81.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Opptredende moment:

$$M_{Ed.pd} := (1.2 \cdot g_{k.pd} + 1.05 (q_k + s_k + v_k)) \cdot \frac{l_{spenn}^2}{8} + 1.5 \cdot Q_k \cdot \frac{l_{spenn}}{4} = 56.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Utnyttelse platedekke:

$$\frac{M_{Ed.pd}}{M_{Rd.pd}} = 0.699$$

IPE:

Sjekke IPE360

$$l_{IPE} := 4 \text{ m} \quad cc_{IPE} := 0.8 \text{ m}$$

$$g_{k.IPE} := 57.1 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_{k.totIPE} := g_{k.IPE} + \frac{g_{k.pd}}{l_{IPE}} \cdot cc_{IPE} = 1.731 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Laster over IPE-bjerkene:

$$\text{Dynamisk punktlast av trucken} \quad Q_k := 180 \text{ kN} \quad [\text{NS-EN 1991-1-1}]$$

Tabell 6.5 og 6.6

$$\text{Nyttelast:} \quad q_k := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot cc_{IPE} = 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Kategori G [NS-EN 1991-1-1]
Tabell NA.6.8

$$\text{Snølast:} \quad s_k := 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot cc_{IPE} = 1.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

[NS-EN 1991-1-3]

$$\text{Vindlast:} \quad v_k := 0.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot cc_{IPE} = 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

[NS-EN 1991-1-4]

Sjekke momenkapasiteten til IPE-bjerkene:

$$w_{IPE360} := 904 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Etter stålhåndboken del 1 er
tverrsnittet i tv.kl.3.

$$M_{Rd.IPE} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot w_{IPE360} = 305.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.IPE} := \left(1.2 \cdot g_{k.totIPE} + 1.05 \cdot (q_k + s_k + v_k) \right) \cdot \frac{l_{IPE}^2}{8} + 1.5 \cdot \frac{Q_k}{2} \cdot \frac{l_{IPE} - 1.2 \text{ m}}{2} = 204.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Utnyttelse IPE-bjelker:

$$\frac{M_{Ed.IPE}}{M_{Rd.IPE}} = 0.669$$

HEA, må være høyere enn IPE

HE400A:

$$g_{k,HEA} := 125 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

IPE360 på tvers av HEA

$$l_{HEA} := 8 \text{ m}$$

$$g_{k,totIPE} = 1.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Egenvekt HEA} \quad g_{k,A} := g_{k,HEA} + g_{k,totIPE} \cdot l_{IPE} \cdot \frac{11}{l_{HEA}} = 10.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Laster:

$$b_{HEA} := 2 \text{ m}$$

Dynamisk punktlast av trucken $Q_k := 180 \text{ kN}$ [NS-EN 1991-1-1]
Tabell 6.5 og 6.6

Nyttelast: $q_k := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot b_{HEA} = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Kategori G [NS-EN 1991-1-1]
Tabell NA.6.8

Snølast: $s_k := 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot b_{HEA} = 3.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ [NS-EN 1991-1-3]

Vindlast: $v_k := 0.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot b_{HEA} = 0.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ [NS-EN 1991-1-4]

Sjekk momentkapasiteten til HEA bjelkene:

$$l_{HE} := 8 \text{ m}$$

$$w_{HEA400} := 2390 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Etter stålhåndboken del 1 er tverrsnittet i tv.kl.3.

Kapasitet HEA:

$$M_{Rd.HEA} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot w_{HEA400} = 808.048 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Opptredene moment, siden det er to bjelker blir det ganget med 0.5:

$$M_{Ed.HEA} := \frac{1}{2} \left((1.2 \cdot g_{k.A} + 1.05 (q_k + s_k + v_k)) \cdot \frac{l_{HE}^2}{8} + 1.5 \cdot Q_k \cdot \frac{l_{HE}}{4} \right) = 378.528 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Utnyttelse HEA-bjelker:

$$g_{k.A} = 10.745 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\frac{M_{Ed.HEA}}{M_{Rd.HEA}} = 0.468$$

Landgangen består av et platedekke på 8mx4mx0.019m, 11xIPE360cc1.6m og 2xHEA400. Kunne også brukt HEB360, men da må IPE-bjelken tilpasses i høyden.

$$Vekt := 2 \cdot g_{k.HEA} \cdot l_{HE} + 11 \cdot g_{k.IPE} \cdot b + l_{HE} \cdot b \cdot h \cdot \rho_s = 91.1 \text{ kN}$$

Utmatting av landgang

Utmatting IPE360:

Lengde: $l := 4 \text{ m}$

Opptredende last:

Dynamisk punktlast av trucken $Q_k := 180 \text{ kN}$ [NS-EN 1991-1-1]
Tabell 6.5 og 6.6

Akselbredde: 1.2m

$$M_{midt} := \frac{Q_k}{2} \cdot \frac{l - 1.2 \text{ m}}{2} = 126 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{IPE360} := 904 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Spenning overkant:

$$\sigma_{OK} := \frac{M_{midt}}{W_{IPE360}} = 139.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

 γ_{Mf} for skadetolererende metode og stor skadekonsekvens:

$$\gamma_{Mf} := 1.15$$

NS-EN 1993-1-9
Tabell NA3.1

Opptredende moment er på midten av bjelken sveises fast i topplaten:

Detaljkategori = 100 for longitudinal manual fillet or butt welds.

$$\Delta\sigma_C := \frac{100}{\gamma_{Mf}} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 87 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

NS-EN 1993-1-9
Tabell 8.2Siden σ_{OK} er større enn $\Delta\sigma_C$ brukes bare denne. $m=3$

$$N_1 := \frac{\Delta\sigma_C^3 \cdot 2 \cdot 10^6}{\sigma_{OK}^3} = 485657.5$$

Landgangen brukes 250 dager i 50 år og kan kjøre antall ganger hver dag:

$$X := \frac{N_1}{250 \cdot 50} = 38.85$$

$$\frac{n_1}{N_1} > 1 \quad \text{For at bjelken skal holde i utmatting.}$$

$$n_1 := 50 \cdot 250 \cdot X = 485657.5 < N_1 = 485657.5$$

Utmatting av landgang

Utmatting HEA400:

Lengde: $l := 8 \text{ m}$

Opptredende last:

Dynamisk punktlast av trucken $Q_k := 180 \text{ kN}$ [NS-EN 1991-1-1]
Tabell 6.5 og 6.6

Siden det er to HEA-bjelker vil lasten fordele seg på begge.

$$M_{midt} := \frac{Q_k}{2} \cdot \frac{l}{4} = 180 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{IPE360} := 2310 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Spenning overkant:

$$\sigma_{OK} := \frac{M_{midt}}{W_{IPE360}} = 77.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

 γ_{Mf} for skadetolererende metode og stor skadekonsekvens:

$$\gamma_{Mf} := 1.15 \quad \begin{array}{l} \text{NS-EN 1993-1-9} \\ \text{Tabell NA3.1} \end{array}$$

Opptredende moment er på midten av bjelken sveises fast i topplaten:

Detaljkategori = 100 for longitudinal manual fillet or butt welds.

$$\Delta\sigma_C := \frac{100}{\gamma_{Mf}} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 87 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \begin{array}{l} \text{NS-EN 1993-1-9} \\ \text{Tabell 8.2} \end{array}$$

Siden σ_{OK} er større enn $\Delta\sigma_C$ brukes bare denne. $m=3$

$$N_1 := \frac{\Delta\sigma_C^3 \cdot 2 \cdot 10^6}{\sigma_{OK}^3} = 2779424.6$$

Landgangen brukes 250 dager i 50 år og kan kjøre antall ganger hver dag:

$$X := \frac{N_1}{250 \cdot 50} = 222.35$$

$$\frac{n_1}{N_1} > 1 \quad \text{For at bjelken skal holde i utmatting.}$$

$$n_1 := 50 \cdot 365 \cdot X = 4057959.9 < N_1 = 2779424.6$$

Utmatting av landgang

Utmatting platedekke:

Lengde: $l := 0.8 \text{ m}$

Opptredende last:

Dynamisk punktlast av trucken $Q_k := 180 \text{ kN}$ [NS-EN 1991-1-1]
Tabell 6.5 og 6.6

Siden det er to HEA-bjelker vil lasten fordele seg på begge.

$$M_{midt} := Q_k \cdot \frac{l}{4} = 36 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pd} := 240667 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Spenning overkant:

$$\sigma_{OK} := \frac{M_{midt}}{W_{IPE360}} = 15.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

γ_{Mf} for skadetolererende metode og stor skadekonsekvens:

$\gamma_{Mf} := 1.15$ NS-EN 1993-1-9
Tabell NA3.1

Opptredende moment er på midten av bjelken sveises fast i topplaten:

Detaljkategori = 100 for longitudinal manual fillet or butt welds.

$$\Delta\sigma_C := \frac{100}{\gamma_{Mf}} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 87 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{NS-EN 1993-1-9}$$

Tabell 8.2

$$\Delta\sigma_D := 0.549 \cdot \Delta\sigma_C = 47.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{OK} = 15.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \Delta\sigma_D = 47.739 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Platen er ikke utsatt for utmatting.