

Vedlegg 2 - Betong dimensjonering

Lars-Petter Solvang Johnsen
Melissa Nicole Glory Vestvik

Bacheloroppgave i Marinteknikk

Bergen, Norge [2021]



VEDLEGGSLISTE 2

A	Vanntrykk pontong	3
B	Dynamisk trykk	4
C	Topplate pontong	8
D	Bunnplate	19
E	Langvegg mot sjø	29
F	Innervegg - Ulykke	43
G	Innvendig dekke	52
H	Yttersøyle D=20 m	60
I	Innersøyle D=12 m	64
J	Hiv-plate	68
K	Forankring	73
L	Globalt brudd	74

A Vanntrykk pontong

Data:

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$\rho_v = 1025 \frac{kg}{m^3}$$

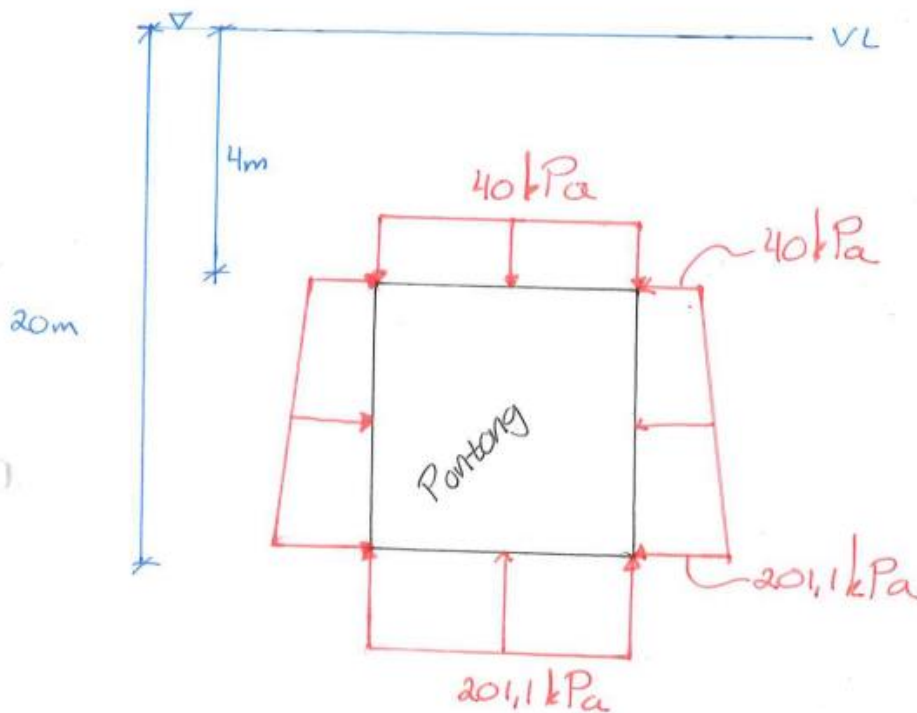
$$h_{topp} = 4, h_{sidebunn} = 20m$$

Utgning for vanntrykk på pontong:

$$P_{v_{topp}} = \rho gh = 1025 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 4m = 40 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_{v_{sidebunn}} = \rho gh = 1025 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 20m = 201,1 \frac{kN}{m^2}$$

I figuren under er vanntrykket rundt pontongen illustrert:



B Dynamisk trykk

Fra hydrodynamisk analyse:

$$H_s = 9,5 \text{ m}$$
$$T_z = 13,5 \text{ s}$$

Finner antall bølger i en tretimers periode $t=10800$ s:

$$N = \frac{t}{T_z} = 800$$

Finner mask bølgehøyde [H_{max}]:

$$H_{max} = H_s * \sqrt{0,5 * \ln(N)} = 17,4 \text{ m}$$

Bølgetrykk [cosinus bølge midt på] 1000 år tilstand:

Data:

Midlere vanddyb: $h = 150 \text{ m}$
Bølgeperiode: $T = 13,5 \text{ s}$
Bølgehøyde: $H = 17,4 \text{ m}$

Bølgehøyde:

$$\xi_a = \frac{H}{2} = 8,7 \text{ m}$$

Bølgelengde [λ]:

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} * T^2 = 284,6 \text{ m}$$

Finner om konstruksjonen ligger på dyptvann [$\frac{h}{\lambda} > 0,5 \rightarrow$ dyptvann]:

$$\frac{h}{\lambda} = 0,53 \rightarrow \text{dyptvann}$$

Kommentar: Konstruksjonen ligger på dyptvann, bruker derfor bølgeformler for dyptvann [21]:

Cosinus bølge $\rightarrow t=T/2$

$$\cos(kx - \omega t) = \cos(kx) * \cos(\omega t) + \sin(kx) \sin(\omega t) = \cos(kx) \cos(\pi) + \sin(kx) \sin(\pi)$$
$$\Rightarrow \cos(kx - \omega t) = \cos(kx) \quad \text{for } t = \frac{T}{2}$$

Dette gir:

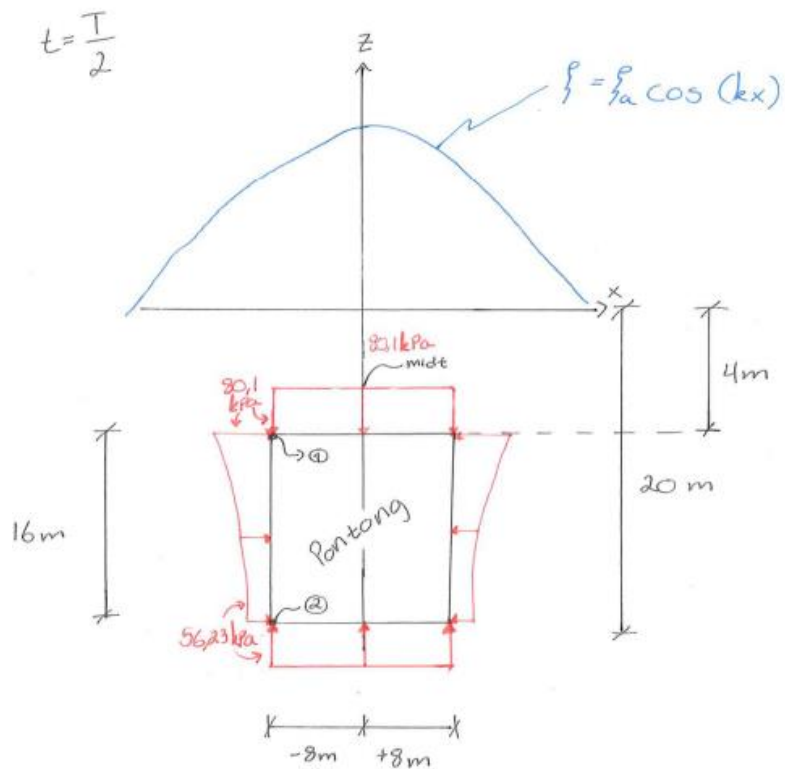
$$P_B = \rho g \xi_a * e^{kz} * \cos(kx) \quad , k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Måler så trykket på ulike steder på pontongen, ved bruk av formelen P_B :

X [m]	Z [m]	P_B [kPa]
0	-4	80,1
-8	-4	80,1
8	-4	80,1
-8	-20	56,2
8	-20	56,2
0	-20	56,2

Tabell 1: Punktkoordinater på pontong.

Dynamisk trykk cosinus bølge, situasjonsbilde:



Trykk variasjon - topp Pontong

$$Z = \div 4 \text{ m}$$

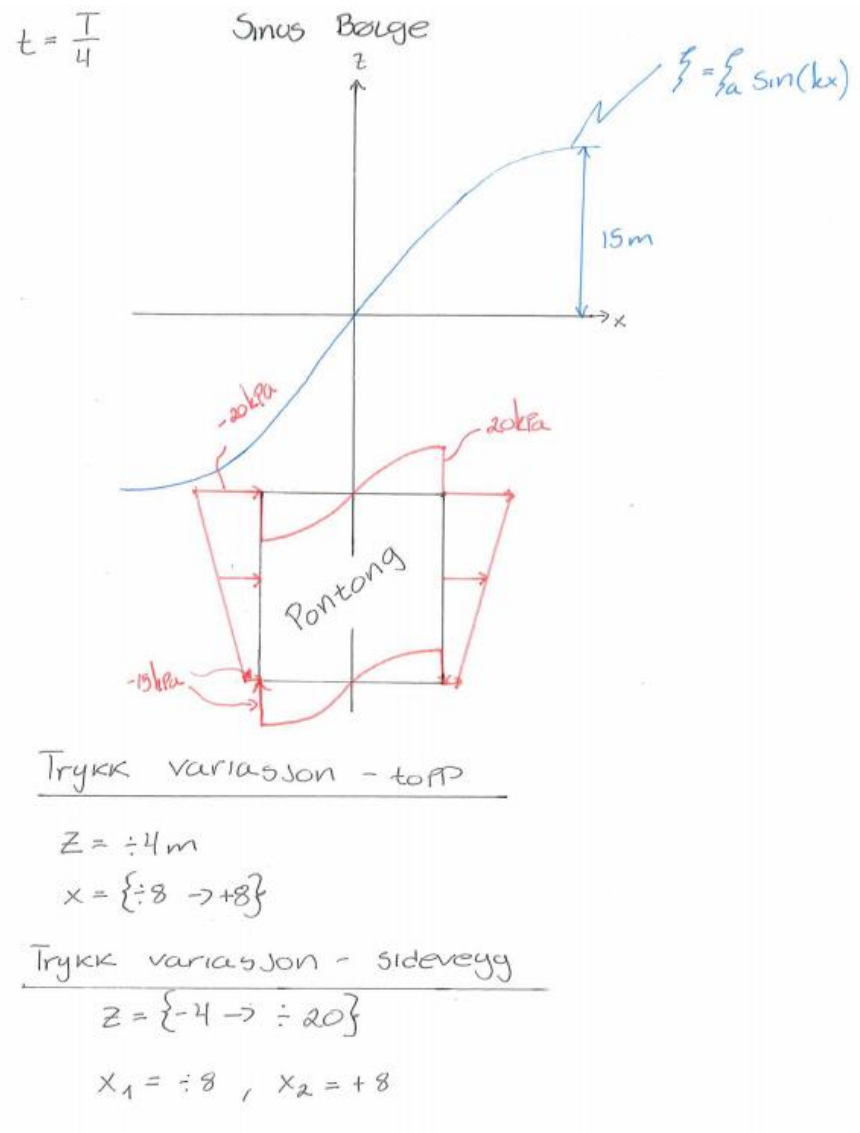
$$X = \{ \div 8 \rightarrow +8 \}$$

Trykk variasjon - sidevegg

$$Z = \{ \div 4 \rightarrow \div 20 \}$$

$$X_1 = \div 8, X_2 = +8$$

Det ble kontrollert for en sinusbølge, for å se hvem av de to bølgetypene som ville ha mest ugunstig utfall:

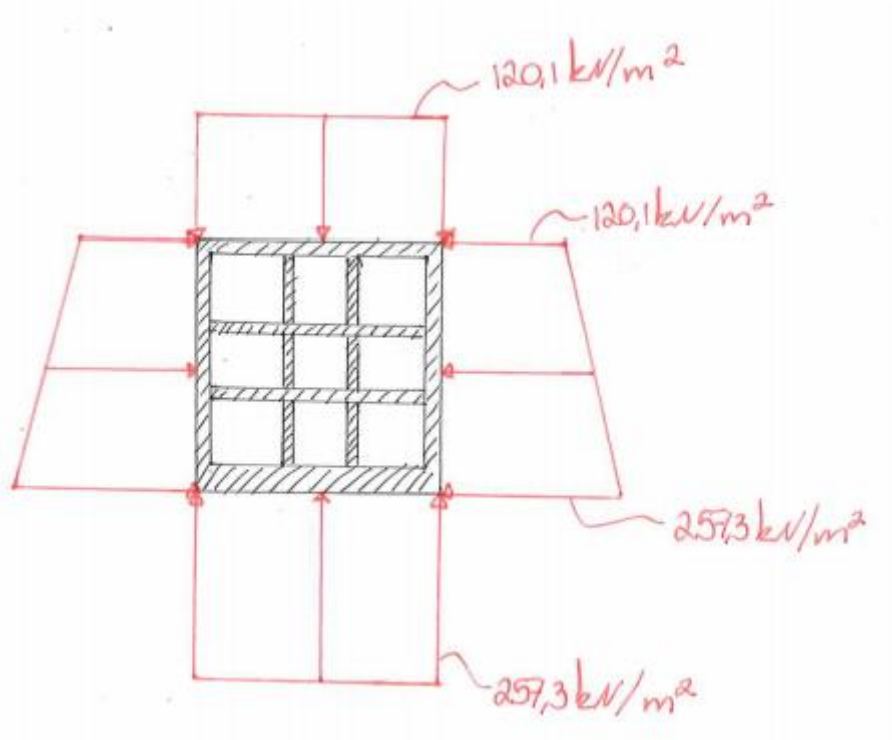


Kommentar:

Cosinus bølge gav mest ugunstig tilfelle. Dette blir tatt med i videre dimensjonering.

Det ble utført en test for å se hvilke bølgetilstander som ville være verst, ved å sammenligne en 1000 og 100 års bølge. Det viser seg at en 1000 års bølge er 17 % større. Derfor benyttes denne verdien for å ta hensyn til eventuelle tilleggslaster som vind, snø og vannstrøm som ikke blir tatt med i beregningene.

Kombinert kraft av bølge og vanntrykk på pontong:



C Topplate pontong

Laster øvre dekke pontong

Jevnt fordelt laster:

Tykkelse dekke:

$$t = 0,4 \text{ m}$$

Dypgang til topplate

$$z_{dypgang} = 4 \text{ m}$$

Egenlast: $g_{Ed} = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * t * 1,2 = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Vanntrykk: $v_{Ed} = \rho_{sjø} * T_{Dypgang} * g * 1,5 = 60 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Bølgetrykk: $b_{Ed} = \rho g \xi_a e^{kz} \cos(kx - \omega t) = 84,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Total, jevnt fordelt laster – 1m dekkestripe:

$$q_{Ed} = (g_{Ed} + v_{Ed} + b_{Ed}) = 156,1 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = \left(\frac{g_{Ed}}{1,2} + \frac{v_{Ed}}{1,5} + \frac{b_{Ed}}{1,05} \right) = 130,1 \text{ kN/m}^2$$

Jevnt fordelt last:

$$l_y = 5,333 \text{ m} \quad l_x = 5,333 \text{ m} \quad \frac{l_y}{l_x} = 1,0$$

Tabellverdier fra tabell 2.2.6 i Beton-Kalender.

Feltmoment:

$$m_{Ed.x.felt} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{56,8} = 78,2 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{Ed.y.felt} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{56,8} = 78,2 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Støttemoment:

$$m_{Ed.x.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{19,4} = 228,8 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{Ed.y.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{19,4} = 228,8 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Skjærkrefter:

$$v_{Ed.x.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x}{2,24} = 371,6 \text{ kN}$$

$$m_{Ed.y.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x}{2,24} = 371,6 \text{ kN}$$

Armering – underkant, felt:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx5m $l_y = 5,0 \text{ m}$ $l_x = 5,0 \text{ m}$

Betong: B45 $f_{cd} = 25,5 \frac{N}{\text{mm}^2}$ $f_{ctm} = 3,8 \frac{N}{\text{mm}^2}$

Armering: B500NC $f_{yd} = 435 \frac{N}{\text{mm}^2}$ $f_{yk} = 500 \frac{N}{\text{mm}^2}$

Eksponeringsklasse: XC3 $c_{min} = 50 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

Platetykkelse: $h = 400 \text{ mm}$

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

Overdeknings krav EC2, 4.4.1.1(1)P:

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

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{20}}{2} = 330 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y retning:

$$d_y = d_x - \varnothing_{20} = 310 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 763,7 \frac{kNm}{m}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 673,9 \frac{kNm}{m}$$

$M_{Rd} > M_{Ed}$ i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet. Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}}\right) = 0,98 * d_x \qquad z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right) = 0,98 * d_y$$

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

$$z_x = 0,95 * d_x = 313,5 \text{ mm} \qquad z_y = 0,95 * d_y = 294,5 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} = \frac{M_{Ed,x}}{z_x * f_{yd}} = 573,4 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} = \frac{M_{Ed,y}}{z_y * f_{yd}} = 610,4 \text{ mm}^2/\text{m}$$

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

$$A_{sx,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 619,5 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0,0013 * b * d_x = 429 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 582,0 \text{ mm}^2 \quad > \quad 0,0013 * b * d_y = 403 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{X-retning:} \qquad \text{Ø20 cc} = 150 \text{ mm} \qquad A_{sx,valg.UK} = \frac{\text{Ø}20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2094,4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad \text{Ø20 cc} = 150 \text{ mm} \qquad A_{sy,valg.UK} = \frac{\text{Ø}20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2094,4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x.felt} = A_{sx.valgt.UK} * z_x * f_{yd} = 285,6 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}} = 0,374$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y.felt} = A_{sy.valgt.UK} * z_y * f_{yd} = 268,3 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} = 0,398$$

Armering – overkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx5m $l_y = 5,333 \text{ m}$ $l_x = 5,333 \text{ m}$ Betong: B45 $f_{cd} = 25,5 \frac{N}{\text{mm}^2}$ $f_{ctm} = 3,8 \frac{N}{\text{mm}^2}$ Armering: B500NC $f_{yd} = 435 \frac{N}{\text{mm}^2}$ $f_{yk} = 500 \frac{N}{\text{mm}^2}$ Eksponeeringsklasse: XC3 $c_{min} = 50 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ Platetykkelse: $h = 400 \text{ mm}$ 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:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{20}}{2} = 330 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y retning:

$$d_y = d_x - \varnothing_{20} = 310 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 763,7 \frac{kNm}{m}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 673,9 \frac{kNm}{m}$$

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

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}}\right) = 0,95 * d_x \qquad z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right) = 0,95 * d_y$$

Indre momentarm:

$$z_x = 0,95 * d_x = 313,5 \text{ mm} \qquad z_y = 0,95 * d_y = 294,5 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

x-retning: $A_{sx} = \frac{M_{Ed,x}}{z_x * f_{yd}} = 1679,4 \text{ mm}^2/m$

y-retning: $A_{sy} = \frac{M_{Ed,y}}{z_y * f_{yd}} = 1786,0 \text{ mm}^2/m$

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

$$A_{sx,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 652,1 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_x = 429 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 652,1 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_y = 403 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

X-retning: $\emptyset 20 \text{ cc} = 150 \text{ mm} \qquad A_{sx, valgt.OK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2093,3 \frac{\text{mm}^2}{m}$

Y-retning: $\emptyset 20 \text{ cc} = 150 \text{ mm} \qquad A_{sy, valgt.OK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2093,3 \frac{\text{mm}^2}{m}$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x.støtte} = A_{sx.valgt.OK} * z_x * f_{yd} = 285,5 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.støtte}}{M_{Rd.x}} = 0,80$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y.støtte} = A_{sx.valgt.OK} * z_y * f_{yd} = 268,2 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.støtte}}{M_{Rd.y}} = 0,85$$

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:

$$d_x = 330$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,78 < 2,0$$

$$C_{Rd.c} = \frac{0,15}{\gamma_c} = 0,1$$

$$\rho_L = \frac{A_{sx.valgt.OK}}{b * d_x} = 0,01 < 0,02$$

$$V_{min} = 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0,56$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} = C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{\frac{1}{3}} * b * d_x = 179,3 kN < V_{Edx} = 371,6 kN$$

$$V_{Rd.c2} = V_{min} * b * d_x = 184,8 kN$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x}}{V_{Rd.c1}} = 2,1$$

Konklusjon: Behov for skjærarmoring.

Skjærarmering:

Velger fagverksvinkel: $\theta = 21,8$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$z_x = 0,9 * d_x = 297 \text{ mm}$$

$$v_1 = 0,6 * \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,492$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * b * z * v_1 * \frac{f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} = 1284,9 \text{ kN}$$

Bruker bøyle Ø12

$$s = \frac{c}{c} = \frac{A_{sw} * z * f_{yd} * \cot\theta}{V_{Ed,x}} = 196,4 \text{ mm}$$

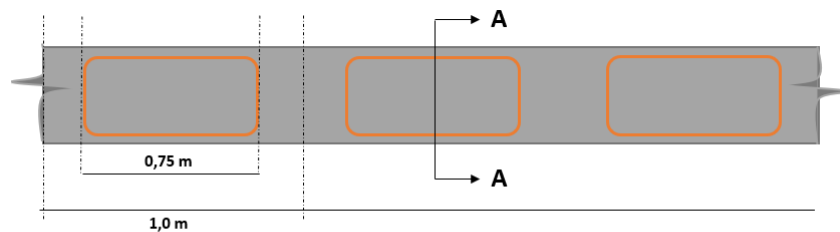
Krav:

$$\rho_{w,min} = 0,1 * \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} = 1,341 * 10^{-3}$$

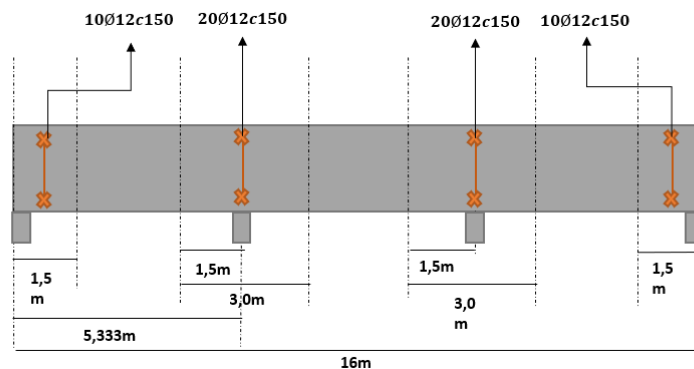
$$\frac{c}{c} = \min \left\{ \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} * b} ; 0,6 * h' \right\} = \{168,5 \text{ mm} ; 156 \text{ mm}\}$$

Bruker senteravstand: $\frac{c}{c} = 150 \text{ mm}$

Plassering:



SNITT A-A



Figur 1: Nødvendig skjærarmering i topplate. Figur er ikke i målestokk.

Bruksgrense:**Nedbøying:**

Benytter e-modul til betong på 10 000 for å danne en overslagsberegning av nedbøyningen.

$$E_{cm} = 10000 \frac{N}{mm^2}$$

Nedbøying jevnt fordelt last:

$$\delta_{tot} = \frac{q_{Ed} * l_x^4}{E_{cm} * d_x^3} = 2,99 \text{ mm}$$

Rissviddekontroll, x-retning -felt:

$$\text{Krav: } k_c = \frac{c_{nom}}{c_{min}} = 1,2$$

XC3 Tabell 7.1N

$$w_k = 0,3 \text{ mm} * k_c$$

$$w_{max} = w_k = 0,36 \text{ mm}$$

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

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

$$E_c = 10\ 000$$

$$r_1 = \frac{E_s}{E_c} * \frac{A_{sx, valgt, UK}}{b * d_x} = 0,063$$

$$\alpha = \sqrt[2]{r_1^2 + 2 * r_1} - r_1 = 0,298$$

$$M_{sls} = 190,7 \frac{kNm}{m}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{sls}}{(1 - \frac{\alpha}{3}) * d_x * A_{sx, valgt, OK}} = 306,5 \frac{N}{mm^2}$$

$$h_{c,eff} = \min\left(2,5 * (h - d_x), \frac{h - \alpha * d_x}{3}, \frac{h}{2}\right) = 93 \text{ mm}$$

$$A_{c,eff} = b * h_{c,eff} = b * h_{c,eff} = 93 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 3,8 \frac{N}{mm^2} \quad k_t = 0,4$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{sx, valgt, OK} * 1 \text{ m}}{A_{c,eff}} = 0,0225$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = 5,56$$

$$\Delta \varepsilon = \frac{\sigma_s - k_t * \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})}{E_s} = 1,083 * 10^{-3}$$

$$\frac{c}{c} < 5 * \left(c_{nom} * \frac{\emptyset_{20}}{2}\right) = 350 \text{ mm}$$

$$k_1 = 0,8 \quad k_2 = 0,5 \quad k_3 = 3,4 \quad k_4 = 0,425$$

$$S_{r_{max}} = k_3 * c_{nom} + k_1 * k_2 * k_4 * \frac{\emptyset_{20}}{\rho_{p_{eff}}} = 355,1 \text{ mm}$$

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

$$W_k = S_{r_{max}} * \Delta\varepsilon = 0,385$$

Rissvidde felt, underkant

Forenklet metode:

Forhåndskontroll rissvidde- armeringspenning:

Bruddgrense	moment:	$M_{Ed.x.felt} = 78,2 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
	Armering:	$A_{sx.min} = 619,5 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

Brukgrense	moment:	$M_{sls} = 65,1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
	Armering:	$A_{sx.valgt.UK} = 2094,4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{sls.x}}{M_{Ed.x.felt}} * \frac{A_{sx.min}}{A_{sx.valgt.UK}} = 105,5 \text{ Mpa}$$

Tabell 7.3N med

$$\frac{c}{c} = 150 \rightarrow \sigma_s = 200 \text{ MPa} \rightarrow w_k = 0,2 < 0,36 \text{ OK!}$$

Forhåndskontroll rissvidde- armeringspenning:

Bruddgrense	moment:	$M_{Ed.x.felt} = 78,2 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
	Armering:	$A_{sx.min} = 610,4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

Brukgrense	moment:	$M_{sls} = 65,1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
	Armering:	$A_{sx.valgt.UK} = 2094,4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{sls.x}}{M_{Ed.x.felt}} * \frac{A_{sx.min}}{A_{sx.valgt.UK}} = 105,5 \text{ Mpa}$$

Tabell 7.3N med

$$\frac{c}{c} = 150 \rightarrow \sigma_s = 160 \text{ MPa} \rightarrow w_k = 0,2 < 0,36 \text{ OK!}$$

Rissvidde støtte, overkant

Forhåndskontroll rissvidde- armeringspenning

Bruddgrense moment: $M_{Ed.x.støtte} = 228,8 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sx.min} = 1679,4 \frac{mm^2}{m}$

Brukgrense moment: $M_{sls} = 190,7 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sx.valgt.OK} = 2094,4 \frac{mm^2}{m}$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{sls.x}}{M_{Ed.x.støtte}} * \frac{A_{sx.min}}{A_{sx.valgt.OK}} = 290,7$$

Tabell 7.3N med

$$\frac{c}{c} = 150 \rightarrow \sigma_s = 320 MPa \rightarrow w_k = 0,33 < 0,36 \text{ OK!}$$

Forhåndskontroll rissvidde- armeringspenning:

Bruddgrense moment: $M_{Ed.x.støtte} = 228,8 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sx.min} = 1786,0 \frac{mm^2}{m}$

Brukgrense moment: $M_{sls} = 190,7 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sx.valgt.OK} = 2094,4 \frac{mm^2}{m}$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{sls.x}}{M_{Ed.x.støtte}} * \frac{A_{sx.min}}{A_{sx.valgt.OK}} = 309,2$$

Tabell 7.3N med

$$\frac{c}{c} = 150 \rightarrow \sigma_s = 320 MPa \rightarrow w_k = 0,4 > 0,36 \text{ Ikke OK!}$$

D Bunnplate pontong

Laster bunnplate pontong

Jevnt fordelt laster:

Tykkelse dekke:

$$t = 1,0 \text{ m}$$

Dypgang til bunnplate

$$z_{dypgang} = 20 \text{ m}$$

Egenlast: $g_{Ed} = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * t * 0,9 = 22,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Vanntrykk: $v_{Ed} = \rho_{sjø} * T_{Dypgang} * g * 1,5 = 301,65 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Bølgetrykk: $b_{Ed} = \rho g \xi_a e^{kz} \cos(kx - \omega t) * 1,05 = 59,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Total, jevnt fordelt laster – 1m dekkestripe:

$$q_{Ed} = (g_{Ed} + v_{Ed} + b_{Ed}) = 338,2 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = \left(\frac{g_{Ed}}{1,2} + \frac{v_{Ed}}{1,5} + \frac{b_{Ed}}{1,05} \right) = 282,3 \text{ kN/m}^2$$

Jevnt fordelt last:

$$l_y = 5,0 \text{ m} \quad l_x = 5,0 \text{ m} \quad \frac{l_y}{l_x} = 1,0$$

Tabellverdier fra tabell 2.2.6 i Beton-Kalender.

Feltmoment:

$$M_{\text{Ed.x.felt}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{56,8} = 169,3 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Ed.y.felt}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{56,8} = 169,3 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Støttemoment:

$$m_{\text{Ed.x.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{19,4} = 495,8 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{Ed.y.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{19,4} = 495,8 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Skjærkrefter:

$$v_{\text{Ed.x.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x}{2,24} = 805,2 \text{ kN}$$

$$v_{\text{Ed.y.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x}{2,24} = 805,2 \text{ kN}$$

Armering – overkant, felt:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx5m $l_y = 5,0 \text{ m}$ $l_x = 5,0 \text{ m}$

Betong: B45 $f_{cd} = 25,5 \frac{N}{mm^2}$ $f_{ctm} = 3,8 \frac{N}{mm^2}$

Armering: B500NC $f_{yd} = 435 \frac{N}{mm^2}$ $f_{yk} = 500 \frac{N}{mm^2}$

Eksponeeringsklasse: XC3 $c_{min} = 50 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

Platetykkelse: $h = 1000 \text{ mm}$

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:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{20}}{2} = 930 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y retning:

$$d_y = d_x - \varnothing_{20} = 910 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 6065,1 \frac{kNm}{m}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 5807,1 \frac{kNm}{m}$$

$M_{Rd} > M_{Ed}$ i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet. Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}}\right) = 0,99 * d_x \quad z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed.y}}{M_{Rd.y}}\right) = 0,98 * d_y$$

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

$$z_x = 0,95 * d_x = 883,5 \text{ mm} \quad z_y = 0,95 * d_y = 864,5 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

$$\text{x-retning:} \quad A_{sx} = \frac{M_{Ed.x.felt}}{z_x * f_{yd}} = 440,5 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\text{y-retning:} \quad A_{sy} = \frac{M_{Ed.y.felt}}{z_y * f_{yd}} = 450,2 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

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

$$A_{sx.min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 1837,7 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_x = 1209,0 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 1798,2 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_y = 1183,0 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{X-retning:} \quad \emptyset 20 \text{ cc} = 150 \text{ mm} \quad A_{sx.valgt.OK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2094,4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{Y-retning:} \quad \emptyset 20 \text{ cc} = 150 \text{ mm} \quad A_{sy.valgt.OK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2094,4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x.felt} = A_{sx.valgt.OK} * z_x * f_{yd} = 804,9 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}} = 0,133$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y.felt} = A_{sy.valgt.OK} * z_y * f_{yd} = 787,6 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} = 0,136$$

Armering – underkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx5m $l_y = 5,0 \text{ m}$ $l_x = 5,0 \text{ m}$

Betong: B45 $f_{cd} = 25,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $f_{ctm} = 3,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Armering: B500NC $f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $f_{yk} = 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Eksporeringsklasse: XC3 $c_{min} = 50 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

Platetykkelse: $h = 1000 \text{ mm}$

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:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{20}}{2} = 930 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y retning:

$$d_y = d_x - \varnothing_{20} = 910 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 6065,1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 5807,1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$M_{Rd} > M_{Ed}$ i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet. Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,x, støtte}}{M_{Rd,x}}\right) = 0,99 * d_x \quad z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,y, støtte}}{M_{Rd,y}}\right) = 0,99 * d_y$$

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

$$z_x = 0,95 * d_x = 883,5 \text{ mm} \quad z_y = 0,95 * d_y = 864,5 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

$$\text{x-retning:} \quad A_{sx} = \frac{M_{Ed,x, støtte}}{z_x * f_{yd}} = 1290,1 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{y-retning:} \quad A_{sy} = \frac{M_{Ed,y, støtte}}{z_y * f_{yd}} = 1318,4 \text{ mm}^2/\text{m}$$

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

$$A_{sx, min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 1837,7 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_x = 1209,0 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy, min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 1798,2 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_y = 1183,0 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{X-retning:} \quad \emptyset 20 \text{ cc} = 150 \text{ mm} \quad A_{sx, valgt. UK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2094,4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{Y-retning:} \quad \emptyset 20 \text{ cc} = 150 \text{ mm} \quad A_{sy, valgt. UK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2094,4 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x.felt} = A_{sx.valgt.OK} * z_x * f_{yd} = 804,9 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}} = 0,133$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y.felt} = A_{sy.valgt.OK} * z_y * f_{yd} = 787,6 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} = 0,136$$

Skjærkontroll - har platen tilstrekkelig skjærkraftkapasitet uten skjærarmering [6.2.2(1)]:

$$\gamma_c = 1,5 \qquad f_{ck} = 45 \frac{N}{mm^2}$$

x-retning:

$$d_x = 930$$

$$k = 1 + \sqrt[2]{\frac{200}{d}} = 1,46 < 2,0$$

$$C_{Rd.c} = \frac{0,15}{\gamma_c} = 0,1$$

$$\rho_L = \frac{A_{sx.valgt.OK}}{b * d_x} = 0,002251 < 0,02$$

$$V_{min} = 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0,41$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} = C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{\frac{1}{3}} = 294,6 kN < V_{Edx} = 805,2 kN$$

$$V_{Rd.c2} = V_{min} * b * d_x = 135,3 kN$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x}}{V_{Rd.c1}} = 2,1$$

Konklusjon: Behov for skjærarmering.

Skjærarmering:

Velger fagverksvinkel:

$$\theta = 21,8$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$z_x = 0,9 * d_x = 837mm$$

$$v_1 = 0,6 * \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,492$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * b * z * v_1 * \frac{f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} = 1284,9 kN$$

Bruker bøyle Ø12

$$s = \frac{c}{c} = \frac{A_{sw} * z * f_{yd} * \cot\theta}{V_{Ed,x}} = 255 mm$$

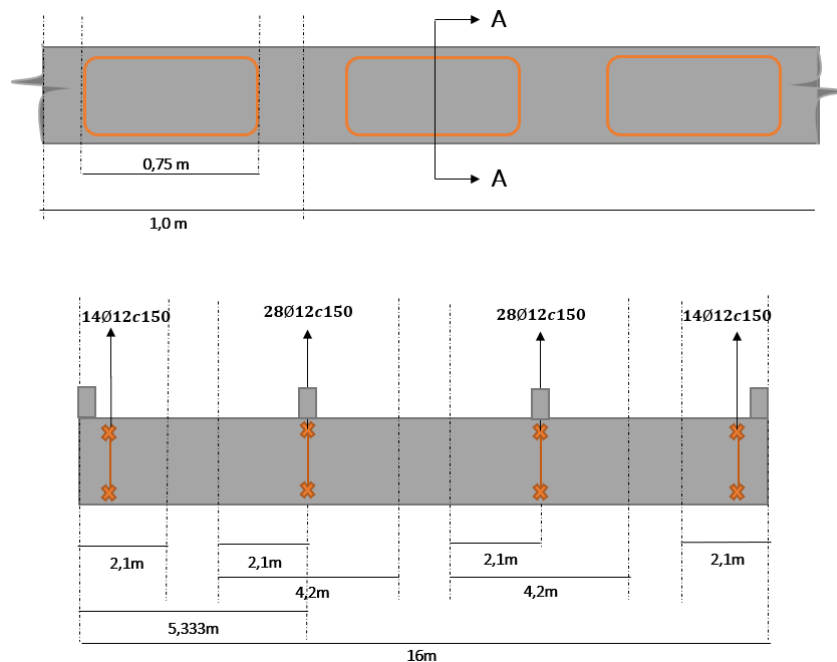
Krav:

$$\rho_{w,min} = 0,1 * \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} = 1,341 * 10^{-3}$$

$$\frac{c}{c} = \min \left\{ \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} * b} ; 0,6 * h' \right\} = \{ 168,5 mm ; 456 mm \}$$

Bruker senteravstand: $\frac{c}{c} = 150 mm$

Plassering:



Figur 2: Nødvendig skjærarmering i bunnplate. Figur er ikke i målestokk.

Nedbøying:

Benytter e-modul til betong på 10 000 for å danne en overslagsberegning av nedbøyningen.

$$E_c = 10000 \frac{N}{mm^2}$$

Nedbøying jevnt fordelt last:

$$\delta_{tot} = \frac{q_{Ed} * l_x^4}{E_c * d_x^3} = 0,42 \text{ mm}$$

Rissvidde felt, underkant

x-retning

Forenklet metode:

Forhåndskontroll rissvidde- armeringsspenning

Bruddgrense moment: $M_{Ed.x.felt} = 169,3 \frac{kNm}{m}$
Armering: $A_{sx.min} = 1837,7 \frac{mm^2}{m}$

Brukgrense moment: $M_{sls} = 114,3 \frac{kNm}{m}$
Armering: $A_{sx.valgt.UK} = 2094,4 \frac{mm^2}{m}$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{sls.x}}{M_{Ed.x.felt}} * \frac{A_{sx.min}}{A_{sx.valgt.UK}} = 257,7 \text{ kN}$$

Tabell 7.3N med

$$\frac{c}{c} = 150 \rightarrow \sigma_s = 280 \text{ MPa} \rightarrow w_k = 0,3 < 0,36 \text{ OK!}$$

y-retning

Forhåndskontroll rissvidde- armeringsspenning

Bruddgrense moment: $M_{Ed.x.felt} = 169,3 \frac{kNm}{m}$
Armering: $A_{sx.min} = 1798,2 \frac{mm^2}{m}$

Brukgrense moment: $M_{sls} = 114,3 \frac{kNm}{m}$
Armering: $A_{sx.valgt.UK} = 2094,4 \frac{mm^2}{m}$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{sls.x}}{M_{Ed.x.felt}} * \frac{A_{sx.min}}{A_{sx.valgt.UK}} = 252,1 \text{ kN}$$

Tabell 7.3N med

$$\frac{c}{c} = 150 \rightarrow \sigma_s = 280 \text{ MPa} \rightarrow w_k = 0,3 < 0,36 \text{ OK!}$$

Rissvidde støtte, underkant

Forhåndskontroll rissvidde- armeringsspenning

Bruddgrense moment: $M_{Ed.x.støtte} = 495,8 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sx.min} = 1837,7 \frac{mm^2}{m}$

Brukgrense moment: $M_{sls} = 413,9 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sx.valgt.OK} = 2094,4 \frac{mm^2}{m}$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{sls.x}}{M_{Ed.x.støtte}} * \frac{A_{sx.min}}{A_{sx.valgt.OK}} = 318,6 \text{ kN}$$

Tabell 7.3N med

$$\frac{c}{c} = 150 \rightarrow \sigma_s = 320 \text{ MPa} \rightarrow w_k = 0,4 > 0,36 \text{ Ikke OK!}$$

Forhåndskontroll rissvidde- armeringsspenning

Bruddgrense moment: $M_{Ed.x.støtte} = 495,8 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sx.min} = 1798,2 \frac{mm^2}{m}$

Brukgrense moment: $M_{sls} = 413,9 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sx.valgt.OK} = 2094,4 \frac{mm^2}{m}$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{sls.x}}{M_{Ed.x.støtte}} * \frac{A_{sx.min}}{A_{sx.valgt.OK}} = 311 \text{ kN}$$

Tabell 7.3N med

$$\frac{c}{c} = 150 \rightarrow \sigma_s = 320 \text{ MPa} \rightarrow w_k = 0,4 > 0,36 \text{ Ikke OK!}$$

E Langvegg pontong

Laster øvre dekke pontong

Jevnt fordelt laster:

Tykkelse dekke:

$$t = 0,4 \text{ m}$$

Dypgang til topplate

$$z_{dypgang} = 4 - 20 \text{ m}$$

Trekant last:

$$\text{Vanntrykk: } v_{Ed} = \rho_{sjø} * T_{Dypgang} * g * 1,5 = 40,2 \rightarrow 201,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Jevnt fordelt:

$$\text{Bølgetrykk: } b_{Ed} = \rho g \xi_a e^{kz} \cos(kx - \omega t) * 1,05 = 84,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Jevnt fordelt last:

$$l_y = 5,333 \text{ m} \quad l_x = 5,0 \text{ m} \quad \frac{l_y}{l_x} = 1,1$$

Tabellverdier fra tabell 2.2.6 i Beton-Kalender, for jevnt fordelt last:

Feltmoment:

$$m_{Ed.x.felt} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{56,8} = 71,8 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{Ed.y.felt} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{56,8} = 54,9 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Støttemoment:

$$m_{Ed.x.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{19,4} = 193,4 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{Ed.y.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{19,4} = 182,73 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Skjærkrefter:

$$v_{Ed.x.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x}{2,24} = 315 \text{ kN}$$

$$m_{Ed.y.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x}{2,24} = 306,3 \text{ kN}$$

Tabellverdier fra tabell 2.3.6 i Beton-Kalender: Trekantlast last:

$$l_y = 5,333 \text{ m} \quad l_x = 5,0 \text{ m} \quad \frac{l_y}{l_x} = 1,1$$

Tabellverdier fra tabell 2.2.6 i Beton-Kalender, for jevnt fordelt last:

Feltmoment:

$$m_{\text{Ed.x.felt}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{82,6} = 58,2 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{Ed.y.felt}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{120,4} = 40,1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Støttemoment:

$$m_{\text{Ed.x.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{26,7} = 180,9 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{Ed.y.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{36} = 134,2 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{Ed.x=5.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{47,4} = 102,5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Skjærkrefter:

$$v_{\text{Ed.x.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x}{2,93} = 329,7 \text{ kN}$$

$$m_{\text{Ed.y.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x}{4,12} = 234,5 \text{ kN}$$

$$v_{\text{Ed.x=5.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x}{7,35} = 131,4 \text{ kN}$$

Sum jevn og trekant

Feltmoment:

$$M_{\text{Ed.x.felt}} = 130 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Ed.y.felt}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{120,4} = 100 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Støttemoment:

$$M_{\text{Ed.x.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{26,7} = 374,3 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Ed.y.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{36} = 316,9 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Ed.x=5.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x^2}{47,4} = 296,0 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Skjærkrefter:

$$V_{\text{Ed.x.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x}{2,93} = 644,7 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed.y.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x}{4,12} = 446,4 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed.x=5.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} * l_x}{7,35} = 540,72 \text{ kN}$$

Armering innerkant, felt:

Armeringsdiameter:

$$\emptyset_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx5m $l_y = 5,33 \text{ m}$ $l_x = 5,0 \text{ m}$ 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: XC3 $c_{min} = 50 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ Platetykkelse: $h = 400 \text{ mm}$ 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:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\emptyset_{20}}{2} = 330 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y retning:

$$d_y = d_x - \emptyset_{20} = 310 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 763,7 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 673,9 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$M_{Rd} > M_{Ed}$ i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet. Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}}\right) = 0,97 * d_x \qquad z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right) = 0,97 * d_y$$

d_y

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

$$z_x = 0,95 * d_x = 313,5 \text{ mm} \qquad z_y = 0,95 * d_y = 294,5 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} = \frac{M_{Ed,x}}{z_x * f_{yd}} = 953,3 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} = \frac{M_{Ed,y}}{z_y * f_{yd}} = 780,6 \text{ mm}^2/\text{m}$$

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

$$A_{sx,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 652,1 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_x = 429 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 612,56 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_y = 403 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{X-retning:} \qquad \emptyset 20 \text{ cc} = 200 \text{ mm} \qquad A_{sx,valg.IK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 1570 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad \emptyset 20 \text{ cc} = 200 \text{ mm} \qquad A_{sy,valg.IK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 1570 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x.felt} = A_{sx.valgt.IK} * z_x * f_{yd} = 214,1 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}} = 0,280$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y.felt} = A_{sy.valgt.IK} * z_y * f_{yd} = 201,1 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} = 0,298$$

Armering – ytterkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx5m $l_y = 5,33 \text{ m}$ $l_x = 5,0 \text{ m}$

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: XC3 $c_{min} = 50 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

Platetykkelse: $h = 400 \text{ mm}$

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:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{20}}{2} = 330 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y retning:

$$d_y = d_x - \varnothing_{20} = 310 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 763,7 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 673,9 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$M_{Rd} > M_{Ed}$ i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet. Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}}\right) = 0,92 * d_x \qquad z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right) = 0,92 * d_y$$

Indre momentarm slik:

$$z_x = 0,92 * d_x = 303,6 \text{ mm} \qquad z_y = 0,92 * d_y = 285,2 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} = \frac{M_{Ed,x, støtte}}{z_x * f_{yd}} = 2834,2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} = \frac{M_{Ed,y, støtte}}{z_y * f_{yd}} = 2554,4 \text{ mm}^2/\text{m}$$

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

$$A_{sx, min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 652,1 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_x = 429 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy, min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 612,56 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_y = 403 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{X-retning:} \qquad \emptyset 20 \text{ cc} = 100 \text{ mm} \qquad A_{sx, valgt.YK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 3140 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad \emptyset 20 \text{ cc} = 100 \text{ mm} \qquad A_{sy, valgt.YK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 3140 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x.felt} = A_{sx.valgt.YK} * z_x * f_{yd} = 414,7 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.støtte}}{M_{Rd.x}} = 0,903$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y.felt} = A_{sy.valgt.YK} * z_y * f_{yd} = 389,6 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.støtte}}{M_{Rd.y}} = 0,813$$

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

$$\gamma_c = 1,5 \quad f_{ck} = 45 \frac{N}{mm^2}$$

x-retning:

$$d_x = 330$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,78 < 2,0$$

$$C_{Rd.c} = \frac{0,15}{\gamma_c} = 0,1$$

$$\rho_L = \frac{A_{sx.valgt.YK}}{b * d_x} = 0,01 < 0,02$$

$$V_{min} = 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0,56$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} = C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{\frac{1}{3}} = 179,3 \text{ kN} < V_{Edx} = 625,0 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.c2} = V_{min} * b * d_x = 184,8 \text{ kN}$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x}}{V_{Rd.c1}} = 3,4$$

Konklusjon: Behov for skjærarmering.

Velger fagverksvinkel:

$$\theta = 21,8$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$z_x = 0,9 * d_x = 297 \text{ mm}$$

$$v_1 = 0,6 * \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,492$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * b * z * v_1 * \frac{f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} = 1284,9 \text{ kN}$$

Bruker bøyle Ø12

$$s = \frac{c}{c} = \frac{A_{sw} * z * f_{yd} * \cot\theta}{V_{Ed.x}} = 116,8 \text{ mm}$$

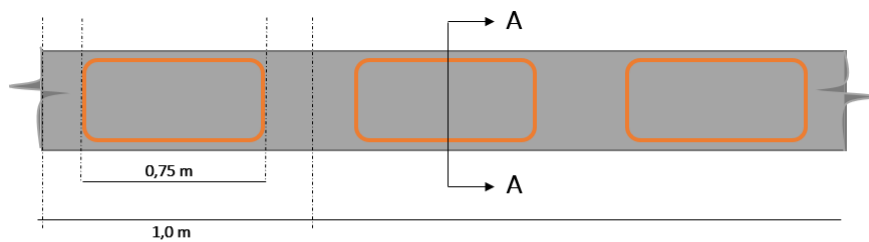
Krav:

$$\rho_{w,min} = 0,1 * \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} = 1,341 * 10^{-3}$$

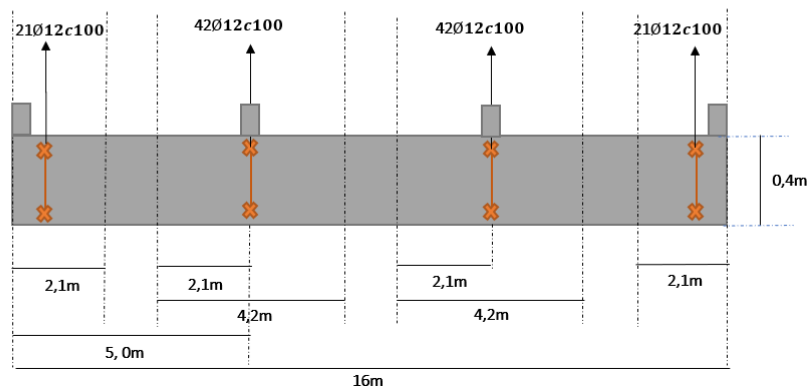
$$\frac{c}{c} = \min \left\{ \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} * b} ; 0,6 * h' \right\} = \{168,5 \text{ mm} ; 156 \text{ mm}\}$$

Bruker senteravstand: $\frac{c}{c} = 100 \text{ mm}$

Plassering:



SNITT A-A



Figur 3: Nødvendig skjærarmering i langvegg. Figur er ikke i målestokk.

Nedbøying:

Benytter e-modul til betong på 10000 for å danne en overslagsberegning av nedbøyningen.

$$E_{cm} = 10000 \frac{N}{mm^2}$$

Nedbøying jevnt fordelt last:

$$\delta_{felt} = \frac{q_{Ed} * l_x^4}{E_{cm} * d_x^3} * 0,0181 = 5,56 \text{ mm}$$

Nedbøying trekant last:

$$\delta_{trekant} = \frac{q_{Ed} * l_x^4}{E_{cm} * d_x^3} * 0,0091 = 4,07 \text{ mm}$$

Total nedbøying:

$$\delta_{tot} = \delta_{felt} + \delta_{trekant} = 9,61 \text{ mm}$$

Krav:

$$\frac{l_x}{250} = 21,3 \text{ mm}$$

Forenklet metode:

Forhåndskontroll rissvidde- armeringsspenning

Rissvidde, x-retning -felt:

$$\begin{array}{ll} \text{Bruddgrense moment:} & M_{\text{Ed.x.felt}} = 130 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \\ \text{Armering:} & A_{\text{sx.min}} = 953,3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Bruksgrense moment:} & M_{\text{sls}} = 120 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \\ \text{Armering:} & A_{\text{sx.valgt.IK}} = 1570 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \end{array}$$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{\text{sls.x}}}{M_{\text{Ed.x.felt}}} * \frac{A_{\text{sx.min}}}{A_{\text{sx.valgt.UK}}} = 243,8 \text{ kN}$$

Tabell 7.3N med
Interpolering

$$\frac{c}{c} = 200 \rightarrow \sigma_s = 243,8 \text{ MPa} \rightarrow w_k = 0,3095 > 0,36 \text{ ikke OK!}$$

Rissvidde, y-retning -felt:

Forhåndskontroll rissvidde- armeringsspenning

$$\begin{array}{ll} \text{Bruddgrense moment:} & M_{\text{Ed.y.felt}} = 100 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \\ \text{Armering:} & A_{\text{sy.min}} = 780,6 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Bruksgrense moment:} & M_{\text{sls}} = 90 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \\ \text{Armering:} & A_{\text{sy.valgt.IK}} = 1570 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \end{array}$$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{\text{sls.y}}}{M_{\text{Ed.y.støtte}}} * \frac{A_{\text{sy.min}}}{A_{\text{sy.valgt.OK}}} = 194,7 \text{ kN}$$

Tabell 7.3N med

$$\frac{c}{c} = 200 \rightarrow \sigma_s = 240 \text{ MPa} \rightarrow w_k = 0,243 < 0,36 \text{ OK!}$$

Rissvidde, x-retning -støtte:

Forhåndskontroll rissvidde- armeringsspenning

Bruddgrense moment: $M_{Ed.x.støtte} = 374,3 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sx.min} = 2834,2 \frac{mm^2}{m}$

Brukgrense moment: $M_{sls} = 326,6 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sx.valgt.YK} = 3140 \frac{mm^2}{m}$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{sls.x}}{M_{Ed.x.støtte}} * \frac{A_{sx.min}}{A_{sx.valgt.OK}} = 342,6 \text{ kN}$$

Tabell 7.3N med

$$\frac{c}{c} = 100 \rightarrow \sigma_s = 320 \text{ MPa} \rightarrow w_k = 0,3565 < 0,36 \text{ OK!}$$

Rissvidde, y-retning -støtte:

Forhåndskontroll rissvidde- armeringsspenning

Bruddgrense moment: $M_{Ed.y.støtte} = 316,9 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sy.min} = 2554,4 \frac{mm^2}{m}$

Brukgrense moment: $M_{sls} = 278,0 \frac{kNm}{m}$

Armering: $A_{sx.valgt.YK} = 3140 \frac{mm^2}{m}$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{M_{sls.y}}{M_{Ed.y.støtte}} * \frac{A_{sy.min}}{A_{sx.valgt.YK}} = 310,4 \text{ kN}$$

Tabell 7.3N med

$$\frac{c}{c} = 100 \rightarrow \sigma_s = 320 \text{ MPa} \rightarrow w_k = 0,3 < 0,36 \text{ OK!}$$

Knekking -langs x-aksen

Ser på veggen som en søyle – 1m bred veggstripe

$$M_{Ed,x} = 130 \frac{kNm}{m}$$

$N_{Ed} = 805,2 \text{ kN}$ skjærkraft Ved,x nedre dekke

$$b = 1000 \text{ mm } h = 400 \text{ mm}$$

Sjekker om veggstripen er slank

$$M_{0Ep} = \frac{M_{Ed,x}}{1,2} = 108,3 \quad \phi_{eff} = \phi_1 * \frac{M_{0Ep}}{M_{Ed,x}} = 0,833$$

$$A_\phi = \frac{1,25}{1 + 0,2 * \phi_{eff}} = 1,07 \rightarrow 1,0$$

Ser på svak akse

$$l_{0x} = 0,6 * l_x = 3,0 \quad i_x = 0,29 * h = 116 \text{ mm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_{0x}}{i_x} = 25,86 \quad k_a = 1,0$$

$$\omega = \frac{f_{yd} * (A_{sx, valgt, YK} + A_{sx, valgt, IK})}{f_{cd} * b * h} = 0,2 \quad n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} * b * h} = 0,013$$

$$\lambda_{nx} = \lambda_x * \sqrt{\frac{n}{1 + 2 * k_a * \omega}} = 2,49 \quad < \lambda_{n,lim} = 13 * A_\phi$$

Ikke slank!

Knekking -langs y-aksen

Ser på veggen som en søyle – 1m bred veggstripe

$$M_{Ed,y} = 100 \frac{kNm}{m}$$

$N_{Ed} = 805,2 \text{ kN}$ skjærkraft Ved,x nedre dekke

$$b = 1000 \text{ mm } h = 400 \text{ mm}$$

Sjekker om veggstripen er slank

$$M_{0Ep} = \frac{M_{Ed,y}}{1,2} = 83,33 \quad \phi_{eff} = \phi_1 * \frac{M_{0Ep}}{M_{Ed,x}} = 0,833$$

$$A_\phi = \frac{1,25}{1 + 0,2 * \phi_{eff}} = 1,07 \rightarrow 1,0$$

Ser på svak akse:

$$l_{0x} = 0,6 * l_y = 3,2 \quad i_x = 0,29 * h = 116 \text{ mm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_{0x}}{i_x} = 27,6 \quad k_a = 1,0$$

$$\omega = \frac{f_{yd} * (A_{sx, valgt, YK} + A_{sx, valgt, IK})}{f_{cd} * b * h} = 0,2 \quad n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} * b * h} = 0,013$$

$$\lambda_{nx} = \lambda_x * \sqrt{\frac{n}{1 + 2 * k_a * \omega}} = 2,49 \quad < \lambda_{n, lim} = 13 * A_\phi$$

Ikke slank!

Konklusjon:

Trenger ikke å ta hensyn til andreordens effekter i de to retningene.

F Innervegg

Laster:

Laster indre langvegg

Jevnt fordelt laster:

Tykkelse dekke:

$$t = 0,3 \text{ m}$$

Dypgang til topplate

$$z_{dypgang} = 4 - 20 \text{ m}$$

Trekant last:

$$\text{Vanndrykk: } v_{Ed} = \rho_{sjø} * Z_{Dypgang} * g * 1,5 = 40,2 \rightarrow 100,6 \frac{kN}{m^2}$$

Jevnt fordelt last

$$v_{Ed} = \rho_{sjø} * Z_{Dypgang} * g * 1,5 = 40,2 \rightarrow 100,5 \frac{kN}{m^2}$$

Armering innerkant, felt:

Arme

Tabellverdier fra tabell 2.2.6 i Beton-Kalender, for jevnt fordelt last:

Feltmoment:

$$m_{Ed.x.felt} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{56,8} = 54,5 \frac{kNm}{m}$$

$$m_{Ed.y.felt} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{56,8} = 41,7 \frac{kNm}{m}$$

Støttemoment:

$$m_{Ed.x.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{19,4} = 146,9 \frac{kNm}{m}$$

$$m_{Ed.y.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{19,4} = 136,6 \frac{kNm}{m}$$

Skjærkrefter:

$$v_{Ed.x.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x}{2,24} = 239,3 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.y.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x}{2,24} = 232,64 \text{ kN}$$

Tabellverdier fra tabell 2.3.6 i Beton-Kalender: Trekantlast last:

$$l_y = 5,333 \text{ m} \quad l_x = 5,0 \text{ m} \quad \frac{l_y}{l_x} = 1,1$$

Tabellverdier fra tabell 2.2.6 i Beton-Kalender, for jevnt fordelt last:

Feltmoment:

$$m_{\text{Ed.x.felt}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x^2}{82,6} = 30,5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{Ed.y.felt}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x^2}{120,4} = 20,89 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Støttemoment:

$$m_{\text{Ed.x.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x^2}{26,7} = 94,2 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{Ed.y.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x^2}{36} = 69,9 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{Ed.x=5.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x^2}{47,4} = 53,4 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Skjærkrefter:

$$v_{\text{Ed.x.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x}{2,93} = 171,7 \text{ kN}$$

$$v_{\text{Ed.y.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x}{4,12} = 122,1 \text{ kN}$$

$$v_{\text{Ed.x=5.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x}{7,35} = 68,4 \text{ kN}$$

Sum jevn- og trekantlast:

Feltmoment:

$$M_{\text{Ed.x.felt}} = 90 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Ed.y.felt}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x^2}{120,4} = 70 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Støttemoment:

$$M_{\text{Ed.x.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x^2}{26,7} = 241,1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Ed.y.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x^2}{36} = 206,4 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Ed.x=5.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x^2}{47,4} = 200,3 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Skjærkrefter:

$$V_{\text{Ed.x.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x}{2,93} = 411,0 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed.y.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x}{4,12} = 354,7 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed.x=5.støtte}} = \frac{q_{\text{Ed}} \cdot l_x}{7,35} = 307,7 \text{ kN}$$

Armering ytterkant støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx5m $l_y = 5,33 \text{ m}$ $l_x = 5,0 \text{ m}$ Betong: B45 $f_{cd} = 31,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $f_{ctm} = 3,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ Armering: B500NC $f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $f_{yk} = 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ Eksponeringsklasse: XC3 $c_{min} = 50 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ veggtykkelse: $h = 200 \text{ mm}$ Bredde veggstripe: $b = 1000 \text{ mm}$ **Overdekningskrav EC2, 4.4.1.1(1)P:**

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

Effektiv høyde i x-retning:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{20}}{2} = 230 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y-retning:

$$d_y = d_x - \varnothing_{20} = 210 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 464,1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 386,9 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$M_{Rd} > M_{Ed}$ i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet. Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}}\right) = 0,91 * d_x \qquad z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right) = 0,91 * d_y$$

Indre momentarm slik:

$$z_x = 0,91 * d_x = 209,3 \text{ mm} \qquad z_y = 0,91 * d_y = 191,1 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} = \frac{M_{Ed,x, støtte}}{z_x * f_{yd}} = 2648,1 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} = \frac{M_{Ed,y, støtte}}{z_y * f_{yd}} = 2482,9 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

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

$$A_{sx, min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 454,5 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_x = 299 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy, min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 415,0 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_y = 273 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{X-retning:} \qquad \text{Ø20 cc} = 100 \text{ mm} \qquad A_{sx, valgt.YK} = \frac{\text{Ø}20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 3140 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad \text{Ø20 cc} = 100 \text{ mm} \qquad A_{sy, valgt.YK} = \frac{\text{Ø}20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 3140 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x.felt} = A_{sx.valgt.YK} * z_x * f_{yd} = 285,9 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.støtte}}{M_{Rd.x}} = 0,843$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y.felt} = A_{sy.valgt.YK} * z_y * f_{yd} = 261,0 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.støtte}}{M_{Rd.y}} = 0,791$$

Armering – innerkant, felt:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx5m $l_y = 5,33 \text{ m}$ $l_x = 5,0 \text{ m}$

Betong: B45 $f_{cd} = 31,9 \frac{N}{\text{mm}^2}$ $f_{ctm} = 3,8 \frac{N}{\text{mm}^2}$

Armering: B500NC $f_{yd} = 435 \frac{N}{\text{mm}^2}$ $f_{yk} = 500 \frac{N}{\text{mm}^2}$

Eksponeringsklasse: XC3 $c_{min} = 50 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

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:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{20}}{2} = 230 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y retning:

$$d_y = d_x - \varnothing_{20} = 210 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 464,1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 386,9 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$M_{Rd} > M_{Ed}$ i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet. Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}}\right) = 0,97 * d_x \qquad z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right) = 0,97 * d_y$$

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

$$z_x = 0,95 * d_x = 218,5 \text{ mm} \qquad z_y = 0,95 * d_y = 199,5 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} = \frac{M_{Ed,x}}{z_x * f_{yd}} = 946,9 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} = \frac{M_{Ed,y}}{z_y * f_{yd}} = 806,6 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimumsarmering etter EC2, NA.9.2.1.1(1) (per meter dekkestripe): Multipliserer med en faktor 2,0 ettersom konstruksjonens tetthet vektlegges.

$$A_{sx.min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 454,5 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_x = 299 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 415 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_y = 273 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{X-retning:} \qquad \emptyset 20 \text{ cc} = 200 \text{ mm} \qquad A_{sx.valgt.IK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 1570 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning:} \qquad \emptyset 20 \text{ cc} = 200 \text{ mm} \qquad A_{sy.valgt.IK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 1570 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksoneens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x.felt} = A_{sx.valgt.IK} * z_x * f_{yd} = 149,2 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}} = 0,603$$

Strekksoneens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y.felt} = A_{sy.valgt.IK} * z_y * f_{yd} = 136,2 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} = 0,514$$

Skjærkontroll - har platen tilstrekkelig skjærkraftkapasitet uten skjærarmering [6.2.2(1)]:

$$\gamma_c = 1,2 \quad f_{ck} = 45 \frac{N}{mm^2}$$

x-retning:

$$d_x = 230$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,93 < 2,0$$

$$C_{Rd.c} = \frac{0,15}{\gamma_c} = 0,125$$

$$\rho_L = \frac{A_{sx.valgt.YK}}{b * d_x} = 0,0136 < 0,02$$

$$V_{min} = 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0,63$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} = C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{\frac{1}{3}} * b * d_x = 218,7 \text{ kN} < V_{Edx} = 411,0 \text{ kN}$$

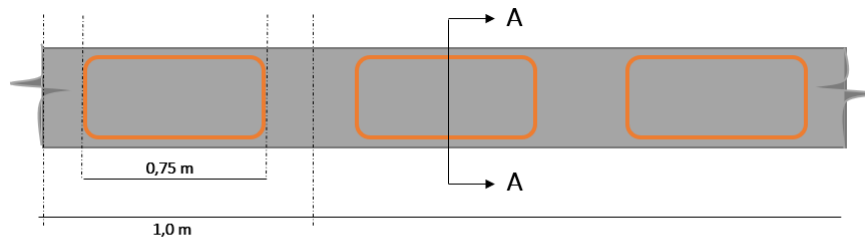
$$V_{Rd.c2} = V_{min} * b * d_x = 144,9 \text{ KN}$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

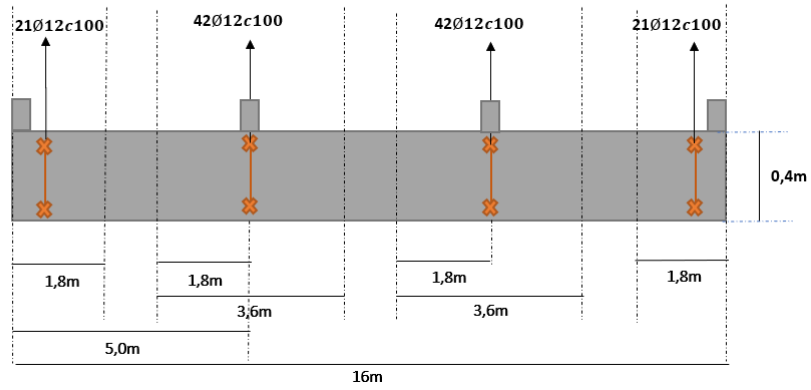
$$\frac{V_{Ed.x}}{V_{Rd.c1}} = 1,9$$

Konklusjon: Behov for skjærarmoring.

Plassering:



SNITT A-A



Figur 4: Nødvendig skjærarmoring i innervegg. Figur er ikke i målestokk.

G Innvendig dekke

Laster øvre dekke pontong

Jevnt fordelt laster:

Tykkelse dekke:

$$t = 0,3 \text{ m}$$

Dyppgang til topplate

$$z_{dyppgang} = 4 \text{ m}$$

Egenvekt: $q_k = g_k * t * 1,2 = 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Vanntrykk: $v_{Ed} = \rho_{sjø} * T_{Dyppgang} * g * 1,5 = 201,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Total, jevnt fordelt laster – 1m dekkestripe:

$$q_{Ed} = (v_{Ed} + q_k) = 201,1 \text{ kN/m}^2$$

Jevnt fordelt last:

$$l_y = 5,333 \text{ m} \quad l_x = 5,333 \text{ m} \quad \frac{l_y}{l_x} = 1,0$$

Tabellverdier fra tabell 2.2.6 i Beton-Kalender.

Feltmoment:

$$m_{Ed.x.felt} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{56,8} = 103,7 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{Ed.y.felt} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{56,8} = 103,7 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Støttemoment:

$$m_{Ed.x.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{19,4} = 303,6 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$$m_{Ed.y.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x^2}{19,4} = 303,6 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Skjærkrefter:

$$v_{Ed.x.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x}{2,24} = 493,1 \text{ kN}$$

$$m_{Ed.y.støtte} = \frac{q_{Ed} * l_x}{2,24} = 493,1 \text{ kN}$$

Armering – underkant, felt:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5m x 5m $l_y = 5,33 \text{ m}$ $l_x = 5,333 \text{ m}$

Betong: B45 $f_{cd} = 31,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $f_{ctm} = 3,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Armering: B500NC $f_{yd} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $f_{yk} = 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Eksponeringsklasse: XC3 $c_{min} = 50 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

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:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\emptyset_{20}}{2} = 230 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y retning:

$$d_y = d_x - \emptyset_{20} = 210 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 463,1 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 386,9 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

$M_{Rd} > M_{Ed}$ i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet. Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}}\right) = 0,96 * d_x$$

$$z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right) = 0,96 * d_y$$

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

$$z_x = 0,95 * d_x = 218,5 \text{ mm}$$

$$z_y = 0,95 * d_y = 199,5 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

$$\text{x-retning: } A_{sx} = \frac{M_{Ed,x}}{z_x * f_{yd}} = 1086,8 \text{ mm}^2/m$$

$$\text{y-retning: } A_{sy} = \frac{M_{Ed,y}}{z_y * f_{yd}} = 1190,3 \text{ mm}^2/m$$

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

$$A_{sx,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 454,5 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_x = 299 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 415 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_y = 273 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{X-retning: } \varnothing 20 \text{ cc} = 160 \text{ mm} \quad A_{sx,valg.UK} = \frac{\varnothing 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 1962,5 \frac{\text{mm}^2}{m}$$

$$\text{Y-retning: } \varnothing 20 \text{ cc} = 160 \text{ mm} \quad A_{sy,valg.UK} = \frac{\varnothing 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 1962,5 \frac{\text{mm}^2}{m}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd,x,felt} = A_{sx,valg.UK} * z_x * f_{yd} = 186,5 \frac{\text{kNm}}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed,x,felt}}{M_{Rd,x}} = 0,403$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd,y,felt} = A_{sy,valg.UK} * z_y * f_{yd} = 170,3 \frac{\text{kNm}}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed,y,felt}}{M_{Rd,y}} = 0,368$$

Armering – overkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Spennvidder: 5mx5m $l_y = 5,333 \text{ m}$ $l_x = 5,333 \text{ m}$

Betong: B45 $f_{cd} = 31,9 \frac{N}{mm^2}$ $f_{ctm} = 3,8 \frac{N}{mm^2}$

Armering: B500NC $f_{yd} = 435 \frac{N}{mm^2}$ $f_{yk} = 500 \frac{N}{mm^2}$

Eksponeringsklasse: XC3 $c_{min} = 50 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

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:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_{20}}{2} = 230 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y retning:

$$d_y = d_x - \varnothing_{20} = 210 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 464,1 \frac{kNm}{m}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 386,9 \frac{kNm}{m}$$

$M_{Rd} > M_{Ed}$ i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet. Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}}\right) = 0,89 * d_x \qquad z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right) = 0,87 * d_y$$

Indre momentarm slik:

$$z_x = 0,89 * d_x = 204,7 \text{ mm} \qquad z_y = 0,87 * d_y = 186,9 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} = \frac{M_{Ed,x}}{z_x * f_{yd}} = 3310,7 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} = \frac{M_{Ed,y}}{z_y * f_{yd}} = 3626,0 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

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

$$A_{sx.min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 454,5 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_x = 299 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 415 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_y = 273 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{X-retning:} \qquad \emptyset 20 \text{ cc} = 80 \text{ mm} \qquad A_{sx.valgt.OK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 3925 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{Y-retning:} \qquad \emptyset 20 \text{ cc} = 80 \text{ mm} \qquad A_{sy.valgt.OK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 3925 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x.felt} = A_{sx.valgt.IK} * z_x * f_{yd} = 349,5 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}} = 0,753$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y.felt} = A_{sy.valgt.IK} * z_y * f_{yd} = 319,1 \frac{kNm}{m}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} = 0,825$$

Skjærkontroll av innvendig dekke

Har platen tilstrekkelig skjærkraftkapasitet uten skjærarmering [6.2.2(1)]:

$$\gamma_c = 1,2 \quad f_{ck} = 45 \frac{N}{mm^2}$$

x-retning:

$$d_x = 230$$

$$k = 1 + \sqrt[2]{\frac{200}{d}} = 1,93 < 2,0$$

$$C_{Rd.c} = \frac{0,15}{\gamma_c} = 0,125$$

$$\rho_L = \frac{A_{sx.valgt.YK}}{b * d_x} = 0,0165 < 0,02$$

$$V_{min} = 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0,63$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} = C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{\frac{1}{3}} * b * d_x = 233,2 kN < V_{Edx} = 493,3 kN$$

$$V_{Rd.c2} = V_{min} * b * d_x = 144,9 kN$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x}}{V_{Rd.c1}} = 2,1$$

Konklusjon: Behov for skjærarmering.

Skjærkontroll av innvendig dekke- har platen tilstrekkelig skjærkraftkapasitet uten skjærarmoring [6.2.2(1)]:

$$\gamma_c = 1,2 \qquad f_{ck} = 45 \frac{N}{mm^2}$$

x-retning:

$$d_x = 230$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,93 < 2,0$$

$$C_{Rd.c} = \frac{0,15}{\gamma_c} = 0,125$$

$$\rho_L = \frac{A_{sx.valgt.OK}}{b * d_x} = 0,0171 < 0,02$$

$$V_{min} = 0,035 * k^2 * f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0,63$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} = C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{\frac{1}{3}} * b * d_x = 236,0 kN < V_{Edx} = 478,8 kN$$

$$V_{Rd.c2} = V_{min} * b * d_x = 144,9 KN$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x}}{V_{Rd.c1}} = 2,0$$

Konklusjon: Behov for skjærarmoring.

Skjærarmering for dekke

Velger fagverksvinkel:

$$\theta = 21,8$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$z_x = 0,9 * d_x = 207 \text{ mm}$$

$$v_1 = 0,6 * \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,492$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * b * z * v_1 * \frac{f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} = 1120,3 \text{ kN}$$

Bruker bøyle Ø12

$$s = \frac{c}{c} = \frac{A_{sw} * z * f_{yd} * \cot\theta}{V_{Ed,x}} = 16,3 \text{ mm}$$

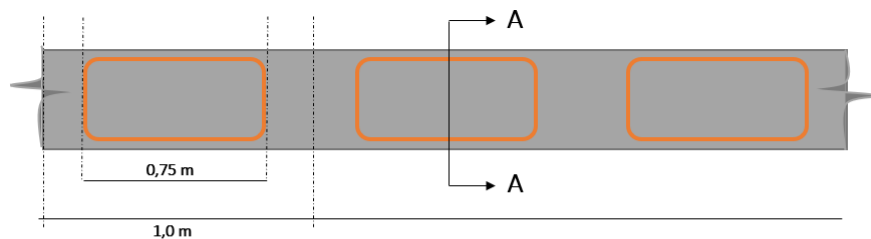
Krav:

$$\rho_{w,min} = 0,1 * \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} = 1,341 * 10^{-3}$$

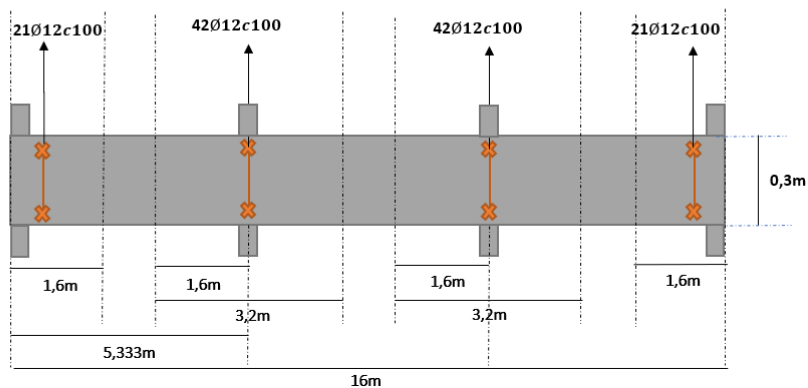
$$\frac{c}{c} = \min \left\{ \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} * b} ; 0,6 * h' \right\} = \{ 168,5 \text{ mm} ; 156 \text{ mm} \}$$

Bruker senteravstand: $\frac{c}{c} = 100 \text{ mm}$

Plassering:



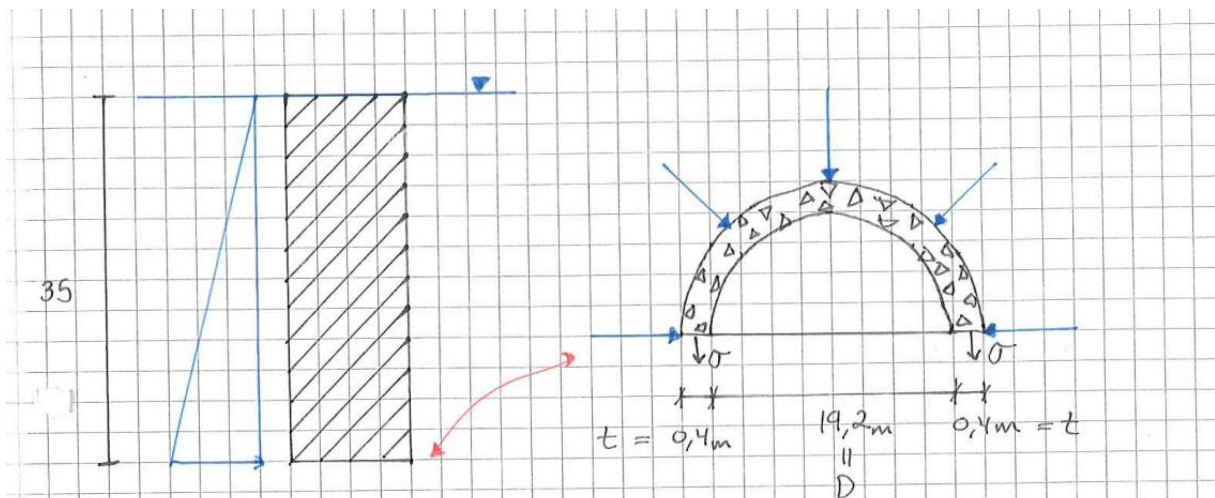
SNITT A-A



Figur 5: Nødvendig skjærarmering i innerdekke. Figur er ikke i målestokk.

H Yttersøyle D=20 m

Trykkapasitet:



Trykk på bunn: $T = 35$

$$\begin{aligned} P_{\text{bunn}} &= \rho g h = 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 35 \text{ m} \\ &= \underline{351,9 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

Dynamisk trykk 15 m over vannlinjen

$$\begin{aligned} P_{\text{bølge}} &= \rho g p e^{kz} \cdot \cos(kx) \\ &= 1025 \cdot 9,81 \cdot 8,7 \cdot e^{0,0221 \cdot 0} \cdot \cos(0,0221 \cdot 0) \\ &= \underline{87,5 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

$$\underline{P_{\text{tot}}} = (351,9 + 87,5) \text{ kPa} = \underline{439,4 \text{ kPa}}$$

finner spenning i tversnittet:

$$\underline{\sigma} = \frac{P_{\text{tot}} \cdot D}{2 \cdot t} = \frac{439,4 \times 10^3 \cdot 19,2}{2 \cdot 0,4} = \underline{10,55 \text{ MPa}}$$

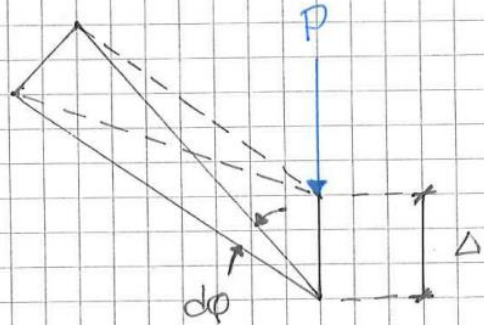
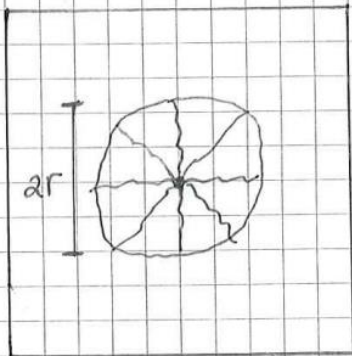
$$\sigma < \sigma_{\text{betong, tillat}} = 20 \text{ MPa} \quad \text{OK!}$$

finner nødvendig tykkelse ved max s spenning 20MPa

$$t_{\text{nødvendig}} = \frac{P_{\text{tot}} \cdot D}{2 \cdot \sigma_{\text{betong}}} = \frac{439,4 \times 10^3 \cdot 19,2}{2 \cdot 20 \times 10^6}$$

$$= 0,211 \text{ m} < 0,400 \rightarrow \text{OK!}$$

Sirkulært brudd:



$$W_i = \int dW_i = m_p \int_0^{2\pi} \frac{\Delta}{r} \cdot d\phi = 4\pi \cdot m_p \cdot \Delta$$

Det ytre arbeid

$$W_y = P \cdot \Delta$$

Bruddlast

$$P_p = 4\pi M_{Rd}$$

finner M_{Rd}

Bruker samme armering som Bunnplate

$\phi 20 \times 150$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot Z, \quad Z = 0,9 \cdot d$$

$$= \frac{1000}{150} \cdot 314 \cdot 435 \cdot 0,9 \cdot 330$$

$$= 270,45 \text{ kNm/m}$$

finner bruddlast

$$\underline{P_p} = 4 \uparrow \cdot 270,45 = \underline{3398,6 \text{ kN}}$$

Kommentar:

For å trenge igjennom dekket på 400mm trens det en raft på 3398,6 kN. Lastsituasjonen kan betraktes som en nål med en vekt på 3500 kg, som er vekten som trens for å bryte igjennom veggen.

Siden konstruksjonen skal utsettes for en punktlast på 5000 kN vil det være usannsynlig at et møtende fartøy som kolliderer, har like overfalte som en nål. Med grunnlag i dette kan det konkluderes med at betongen har nok kapasitet til å motstå en kollisjon på 5000 kN.

I Innersøyle D=12 m

De samme beregningene som er utført på yttersøylen er gjort for innersøylen, med unntak trykkapasiteten turbinen påfører tverrsnittet.

Data:

$$d_0 = 12,0 \text{ m}$$

$$d_i = 11,2 \text{ m}$$

Trykkapasitet ved turbin plassert langs senterlinjen av søylen:

$$F_{turbin} = 23544 \text{ kN}$$

Arealet av tverrsnittet til søyle 12 m:

$$A_{søyle} = \frac{\pi(d_0^2 - d_i^2)}{4} = 14,6 \text{ m}^2$$

Trykkspenning:

$$\sigma_{turbin} = \frac{F_{turbin}}{A_{søyle}} = 1612,6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 1,6 \text{ MPa} < 20 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK!}$$

Konklusjon:

Tverrsnittet har nok kapasitet til å bære turbinen på søylen.

J Sirkulært dekke for yttersøyle D=15m

Laster indre langvegg

Jevnt fordelt laster:

Tykkelse dekke:

$$t = 0,4 \text{ m}$$

Vann trykk, regner med en bølge på 1,5 m som slår over kanten, til sikker side.

Jevnt fordelt last:

$$g_{Ed} = g_k * t * 1.35 = 13,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_v = \rho * g * h * 1,5 = 22,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{Ed} = g_{Ed} + g_v = 34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Felt:

$$M_{Ed_{felt}} = 118,7 \text{ kNm}$$

Støtte:

$$M_{Ed_{støtte}} = 237,3 \text{ kNm}$$

Skjærkraft:

$$V_{Ed} = 126,6 \text{ kN}$$

Armering – overkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\emptyset_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Betong: B45 $f_{cd} = 25,5 \frac{N}{mm^2}$ $f_{ctm} = 3,8 \frac{N}{mm^2}$

Armering: B500NC $f_{yd} = 435 \frac{N}{mm^2}$ $f_{yk} = 500 \frac{N}{mm^2}$

Eksponeringsklasse: XC3 $c_{min} = 50 \text{ mm}$ $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

Platetykkelse: $h = 400 \text{ mm}$

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:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\emptyset_{20}}{2} = 330 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y retning:

$$d_y = d_x - \emptyset_{20} = 310 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 763,7 \frac{kNm}{m}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 673,9 \frac{kNm}{m}$$

$M_{Rd} > M_{Ed}$ i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet. Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}}\right) = 0,95 * d_x$$

$$z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right) = 0,95 * d_y$$

Indre momentarm slik:

$$z_x = 0,95 * d_x = 313,5 \text{ mm}$$

$$z_y = 0,95 * d_y = 294,5 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

$$\text{x-retning: } A_{sx} = \frac{M_{Ed,x}}{z_x * f_{yd}} = 1745,3 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{y-retning: } A_{sy} = \frac{M_{Ed,y}}{z_y * f_{yd}} = 1630,7 \text{ mm}^2/\text{m}$$

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

$$A_{sx.min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 652,1 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_x = 429 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy.min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 612,6 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_y = 403 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{X-retning: } \emptyset 20 \text{ cc} = 150 \text{ mm} \quad A_{sx.valgt.OK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2093,3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{Y-retning: } \emptyset 20 \text{ cc} = 150 \text{ mm} \quad A_{sy.valgt.OK} = \frac{\emptyset 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2093,3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd,x.felt} = A_{sx.valgt.IK} * z_x * f_{yd} = 285,5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed,x.felt}}{M_{Rd,x}} = 0,374$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd,y.felt} = A_{sy.valgt.IK} * z_y * f_{yd} = 268,2 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} = 0,398$$

Skjærkontroll av sirkulær dekke- har platen tilstrekkelig skjærkraftkapasitet uten skjærarmering [6.2.2(1)]:

$$\gamma_C = 1,2 \qquad f_{ck} = 45 \frac{N}{mm^2}$$

x-retning:

$$d_x = 330$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,78 < 2,0$$

$$C_{Rd.c} = \frac{0,15}{\gamma_C} = 0,1$$

$$\rho_L = \frac{A_{sx.valgt.YK}}{b * d_x} = 0,0063 < 0,02$$

$$V_{min} = 0,035 * k^2 * f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0,557$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} = C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{\frac{1}{3}} * b * d_x = 179,1 kN < V_{Edx} = 126,6 kN$$

$$V_{Rd.c2} = V_{min} * b * d_x = 183,8 kN$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x}}{V_{Rd.c1}} = 0,689$$

Konklusjon: Ikke behov for skjærarmering.

K Hiv-plate

Data

Laster:

Laster indre langvegg

Jevnt fordelt laster:

Tykkelse dekke:

$$t = 1,0 \text{ m}$$

Vann trykk, regnes som 10 m, til sikker side.

Jevnt fordelt last:

$$g_{Ed} = g_k * t * 1.35 = 33,8 \frac{kN}{m^2}$$

$$g_v = \rho * g * h * 10 = 121,7 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{Ed} = g_{Ed} + g_v = 155,5 \frac{kN}{m^2}$$

Støtte:

$$M_{Ed\text{støtte}} = 1200 \text{ kNm}$$

Skjærkraft:

$$V_{Ed} = 600 \text{ kN}$$

Armering – overkant, støtte:

Armeringsdiameter:

$$\varnothing_{20} = 20 \text{ mm}$$

Data:

Betong: B45

$$f_{cd} = 25,5 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{ctm} = 3,8 \frac{N}{mm^2}$$

Armering: B500NC

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

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

Eksponeeringsklasse: XC3

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

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

Platetykkelse:

$$h = 1000 \text{ mm}$$

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:

$$d_x = h - c_{nom} - \frac{\emptyset_{20}}{2} = 930 \text{ mm}$$

Effektiv høyde i y retning:

$$d_y = d_x - \emptyset_{20} = 910 \text{ mm}$$

Trykksonens momentkapasitet i x-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,x} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_x^2)}{b} = 6065,1 \frac{kNm}{m}$$

Trykksonens momentkapasitet i y-retning (normalarmert tverrsnitt):

$$M_{Rd,y} = \frac{(0,275 * f_{cd} * b * d_y^2)}{b} = 5279,1 \frac{kNm}{m}$$

$M_{Rd} > M_{Ed}$ i begge retninger, og trykksonen er delvis utnyttet. Indre momentarmer kan da tilnærmes som:

$$z_x = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}}\right) = 0,95 * d_x \qquad z_y = \left(1 - 0,17 * \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right) = 0,95 * d_y$$

Indre momentarm slik:

$$z_x = 0,95 * d_x = 883,5 \text{ mm}$$

$$z_y = 0,95 * d_y = 864,5 \text{ mm}$$

Nødvendig armering:

$$\text{x-retning:} \qquad A_{sx} = \frac{M_{Ed,x}}{z_x * f_{yd}} = 3122,4 \frac{mm^2}{m}$$

$$\text{y-retning:} \qquad A_{sy} = \frac{M_{Ed,y}}{z_y * f_{yd}} = 3191,0 \frac{mm^2}{m}$$

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

$$A_{sx,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_x = 652,1 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_x = 429 \text{ mm}^2$$

$$A_{sy,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_y = 612,6 \text{ mm}^2 > 0,0013 * b * d_y = 403 \text{ mm}^2$$

Velger armering:

$$\text{X-retning: } \quad \varnothing 20 \text{ cc} = 150 \text{ mm} \quad A_{sx.valgt.OK} = \frac{\varnothing 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2093,3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\text{y-retning: } \quad \varnothing 20 \text{ cc} = 150 \text{ mm} \quad A_{sy.valgt.OK} = \frac{\varnothing 20^2}{4} * \pi * \frac{b}{cc} = 2093,3 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Maksimal senteravstand mellom armering etter EC2, NA.9.3.1.1(3): Siden armering i begge retninger anses som hovedarmering, har de likt krav.

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

Senteravstand i begge retninger er innenfor krav.

Strekksjonens momentkapasitet i x-retning:

$$M_{Rd.x.felt} = A_{sx.valgt.IK} * z_x * f_{yd} = 285,5 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i x-retning:

$$\frac{M_{Ed.x.felt}}{M_{Rd.x}} = 0,374$$

Strekksjonens momentkapasitet i y-retning:

$$M_{Rd.y.felt} = A_{sy.valgt.IK} * z_y * f_{yd} = 268,2 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Utnyttelse ved maksimalt moment i y-retning:

$$\frac{M_{Ed.y.felt}}{M_{Rd.y}} = 0,398$$

Skjærkontroll av hiv-plate - har platen tilstrekkelig skjærkraftkapasitet uten skjærarmoring [6.2.2(1)]:

$$\gamma_C = 1,5 \quad f_{ck} = 45 \frac{N}{mm^2}$$

x-retning:

$$d_x = 930$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,46 < 2,0$$

$$C_{Rd.c} = \frac{0,15}{\gamma_C} = 0,1$$

$$\rho_L = \frac{A_{sx.valgt.YK}}{b \cdot d_x} = 0,00375 < 0,02$$

$$V_{min} = 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} \frac{N}{mm^2} = 0,414$$

Største av disse to blir dimensjonerende:

$$V_{Rd.c1} = C_{Rd.c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{\frac{1}{3}} * b * d_x = 348,3 \text{ kN} < V_{Edx} = 600 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.c2} = V_{min} * b * d_x = 385,2 \text{ kN}$$

Utnyttelse ved maksimal skjærkraft:

$$\frac{V_{Ed.x}}{V_{Rd.c1}} = 1,557$$

Konklusjon: behov for skjærarmoring.

Skjærarmoring for dekke

Velger fagverksvinkel:

$$\theta = 21,8$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$z_x = 0,9 * d_x = 837 \text{ mm}$$

$$v_1 = 0,6 * \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,492$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * b * z * v_1 * \frac{f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} = 6390,1 \text{ kN}$$

Bruker bøyler Ø12

$$s = \frac{c}{c} = \frac{A_{sw} * z * f_{yd} * \cot\theta}{V_{Ed.x}} = 342,86 \text{ mm}$$

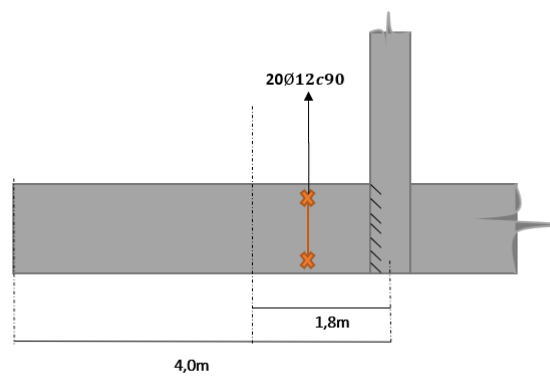
Krav:

$$\rho_{w,min} = 0,1 * \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} = 1,341 \times 10^{-3}$$

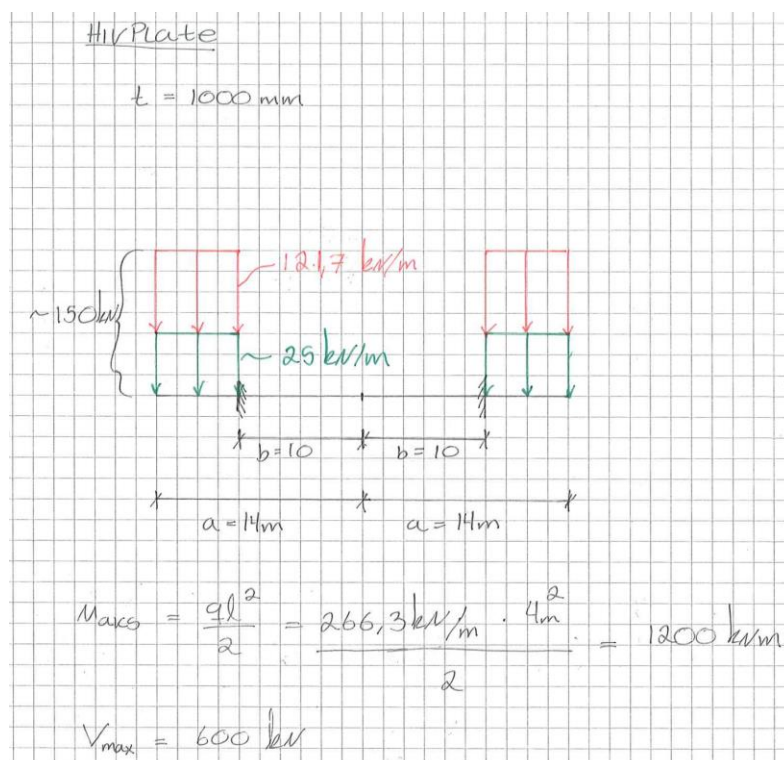
$$\frac{c}{c} = \min \left\{ \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} * b} ; 0,6 * h' \right\} = \{168,5 \text{ mm} ; 456 \text{ mm}\}$$

Bruker senteravstand: $\frac{c}{c} = 90 \text{ mm}$ som passer med lengdearmeringen.

Plassering:



Figur 6: Nødvendig skjærarmering i hiv-plate. Figur er ikke i målestokk.



L Forankring

Linekrefter fra forankringsanalysen:

$$F_{Line} = 5303 \text{ kN}$$

$$F_{Max} = 7596 \text{ kN}$$

Dimensjonerende stålspenning:

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

Bruksgrense:

Velger 50 mm overdekning

$$k_c = \frac{60 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 1,2$$

Grenseverdi riss:

$$w_{max} = 0,3 * k_c = 0,36$$

Tab NA.7.1N

Armeringsspenning:

$$\sigma_t * 210 \frac{N}{mm^2}$$

Interpolering av tabell 7.2N

Armeringsareal:

$$A_{s1} = \left(\frac{F_{line}}{\sigma_t} \right) = 25252,4 \text{ mm}^2$$

Antall ø20:

$$n = \frac{A_{s1}}{314} = 80,1$$

Bruddgrense

Armeringsareal:

$$A_{s2} = \left(\frac{F_{line} * 1.5}{f_{yd}} \right) = 18286,2 \text{ mm}^2$$

$A_{s1} > A_{s2}$ dermed benyttes bruksgrensen som dimensjonerende.

Det er valg å være konservativ, ved å benytte lines bruddkapasitet, slik at forankringslinen ryker før innfestningen.

M Globalt brudd

Momentkapasitet:

Finner effektiv flensbredde:

$$b_{wi} = 0,300 \text{ m} \quad l = 34 \quad h = 16 \text{ m}$$

$$l_0 = 0,2113 * l = 7,184 \text{ m}$$

$$b_i = 2,67 \text{ m}$$

$$b_{eff,i} = 0,2 * b_i + 0,1 * l_0 = 1,2524 \text{ m} < 0,2 * l_0 = 1,44 \text{ m}$$

$$b_{eff,i} < b_i \quad 1,2524 \text{ m} < 2,67 \text{ m} \rightarrow \text{OK!}$$

$$b_{eff} = 2 * b_{eff,i} + b_{wi} = 2,805 \text{ m}$$

Henter armering fra utregning av dekk.

Armering nedre dekke:

Armering dekke bunn:

$$\phi_{20} = 20 \text{ mm}$$

$$d_y = 884 \text{ mm}$$

Felt armering -OK:

$$\phi_{20} \text{ cc} = 150 \text{ mm}$$

$$A_{s1} = \frac{b_{eff}}{cc} * \frac{\phi_{20}^2}{4} * \pi = 5871,8 \text{ mm}^2$$

$$d_1 = h - d_y = 15,116 \text{ m}$$

Støtte armering – UK:

$$d_y = 884$$

$$A_{s2} = \frac{b_{eff}}{cc} * \frac{\phi_{20}^2}{4} * \pi = 5871,8 \text{ mm}^2$$

$$d_2 = 14,820 \text{ m}$$

Regner ut ny d:

$$d_{12} = \frac{A_{s1} * d_1 + A_{s2} * d_2}{A_{s1} + A_{s2}} = 14,968 \text{ m}$$

Trykkspenning flens:

$$f_{yd} = 435 \quad t_{dekke} = 1,0 \text{ m}$$

Momentkapasitet til en av de teoretiske bjelkene:

$$M_{Rd,sf} = f_{yd} * \left(\frac{A_{s1} + A_{s2}}{[m]} * b_{eff} \right) * \left(d_{12} - \frac{t_{dekke}}{2} \right) = 207315,5 \text{ kNm}$$

Momentkapasiteten til steget alene:

Dimensjonerende trykkfasthet er hentet fra beregninger fra vegg.

$$f_{cd} = 25,5 \frac{N}{mm^2}$$

$$M_{Rd,c} = 0,275 * f_{cd} * b_{wi} * d_{12}^2 = 471326,3 \text{ kNm}$$

Med utgangspunkt i hva strekkarmeringen kan tilby og hva som er til bytt av steget, er det kapasiteten til armeringen som blir dimensjonerende siden den gir lavest kapasitet.

Opptredende moment fra HydroD:

$$M_{Ed} = 350000 \text{ kN}$$

Utnyttelse av flens:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd,sf}} = 0,563$$

Utnyttelse av steg:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd,c}} = 0,248$$

Skjærkapasitet av tverrsnittet:

$$d_{flens} = d_{12} = 14,820 \text{ m}$$

$$d_{vegg} = 16 \text{ m}$$

$$k_{vegg} = 1 + \sqrt{\frac{200}{16000}} = 1,11$$

$$k_{flens} = 1 + \sqrt{\frac{200}{14820}} = 1,12$$

Det benyttes her kun armeringen fra dekket på strekksiden:

$$\emptyset 20 \text{ cc150} \rightarrow A_{sflens} = 2 * \frac{b}{cc} * \emptyset_{20} = 22327,5 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{Lflens} = \frac{A_{sflens}}{b_{eff} * t} = 0,0045 < 0,02$$

$$V_{Rdvegg} = C_{Rd} * k_{vegg} * (100 * \rho_{flens} * 45)^{\frac{1}{3}} * b_{wi} * h = 1758,4 \text{ kN}$$

Utnyttelsen av skjærkapasiteten:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,vegg}} = 1,90$$

Utnyttelsen av skjærkapasiteten til betongen i globalt brudd har en overskridelse på 90 prosent, men må ses sammen med utnyttelsen av skjærkapasiteten til armeringen i steget. Ved å betrakte kapasiteten til tilgjengelig armeringen på trykksiden for seg selv, vil kapasiteten til armeringen være med på å ta imot overskridelsen og øke kapasiteten til tverrsnittet. Ved å utføre overslagsberegning av armeringen i veggen og betrakte ett tverrsnitt av en $\varnothing 12$ bøyler får vi følgende skjærkapasitet:

$$V_{Rd,b\ddot{o}yle} = \frac{A_{sw,\varnothing 12}}{c/c} * z * f_{yd} * \cot(\theta) = 7078,3 \text{ kN}$$

Det observeres at ett tverrsnitt av en $\varnothing 12$ bøyler har godkapasitet.

Risssvidde beregning:

Fjerner lastfaktorer fra spenningen i armeringen med å trekke fra 1,2 fra uttrykket.

$$k_c = \frac{60}{50} = 1,2 < 1,36 \rightarrow OK!$$

$$w_{kmax} = 0,3 * k_c = 0,36$$

$$f_{y_{max}} = 280$$

$$A_{s_{n\ddot{o}dvendig}} = 1318,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{innlagt}} = 2094,4 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{1}{1,2} * \left(\frac{A_{s_{n\ddot{o}dvendig}}}{A_{s_{innlagt}}} \right) = 228,2 \text{ MPa}$$

Liste over figurer

Figur 1: Nødvendig skjærarmering i topplate. Figur er ikke i målestokk.	15
Figur 2:Nødvendig skjærarmering i bunnplate. Figur er ikke i målestokk.	26
Figur 3: Nødvendig skjærarmering i langvegg. Figur er ikke i målestokk.....	37
Figur 4:Nødvendig skjærarmering i innervegg. Figur er ikke i målestokk.	51
Figur 5:Nødvendig skjærarmering i innerdekke. Figur er ikke i målestokk.	59

Liste over tabeller

Tabell 1: Punktkoordinater på pontong.	5
---	---