

① Bøgemoment OK søjle.

Vi kigger søjles styrke som fast punkt, et belastningsareal på 5,5 i bunde og 3m lang udhænging da det er tidligere analyse (Bachelor 2014) er påvist at armeringen i UK er så godt som borte.

Eller Sam Løngens oprindelige beregninger er trykdekke = 200 MPa og ellers tryk = 160 MPa.

Lasten skal holdes oppe af et areal på 3m bunde.

Platens oprindelige $M = 30 \text{ kNm/m}^2$.
V. s. et et minimums krav på $5,0 \text{ kNm/m}^2$ for M .

Platen er 35 cm tykk. Dette giver:

$$EL = 2400 \cdot 9,81 \cdot 0,35 = 8,3 \text{ kNm/m}^2$$

$$B1 = 5,0 \cdot 1,05 + 8,3 \cdot 1,35 = 16,5 \text{ kNm/m}^2$$

$$B2 = 5,0 \cdot 1,5 + 8,3 \cdot 1,2 = 17,4 \text{ kNm/m}^2$$

$$q = 17,4 \cdot 5,5 = 95,7 \text{ kNm/m}^2$$

$$M_{ed} = \frac{95,7 \cdot 3^2}{2} = 430,6 \text{ kNm}$$

$$d = 350 - 30 - 12,5 = 307,5 \text{ mm}$$

$$z = 0,835 \cdot 307,5 = 256,7 \text{ mm}$$

$$A_{su} = \frac{430,6 \cdot 10^6}{200 \cdot 256,7} = 838,5 \text{ mm}^2/3\text{m}$$

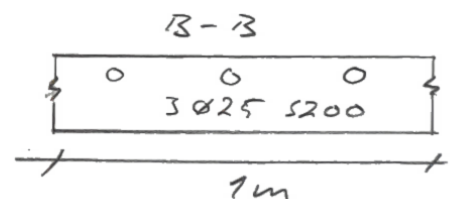
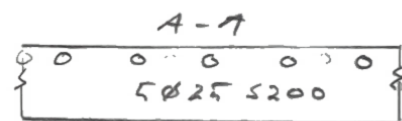
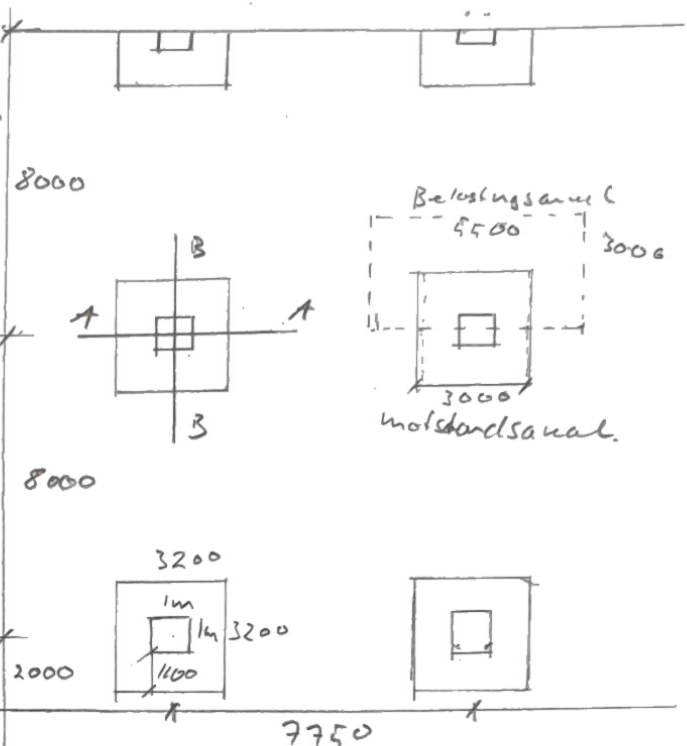
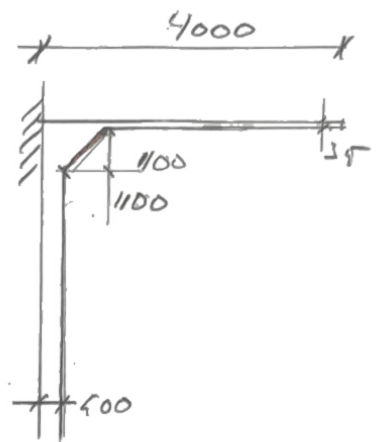
$$\Rightarrow A_{su} = 2795 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{sA-A} = 5 \cdot 12,5^2 \cdot \pi = 2454 \text{ mm}^2 < A_{su}$$

$$A_{sB-B} = 3 \cdot 12,5^2 \cdot \pi = 1472 \text{ mm}^2 < A_{su}$$

NB! A-A = 26 $\emptyset 25 / 3,9\text{m}$ og B-B 17 $\emptyset 25 / 3,9\text{m}$

diss er relevant med 30% slik at en får A-A = 5 $\emptyset 25 / \text{m}$ og B-B 3 $\emptyset 25 / \text{m}$

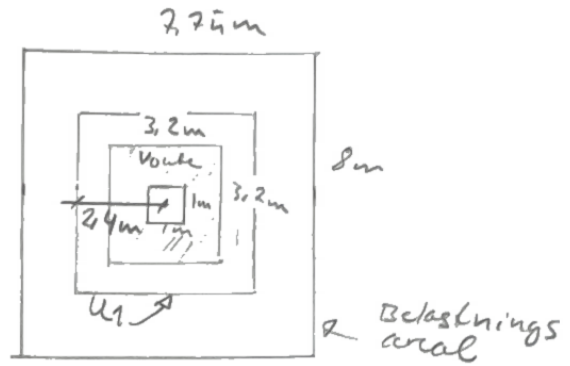


(2) Gjennomtakning

U_1 er det kritiske kontrollskjettets omkrets og beregnes etter minste verdi av R_{cont}

$$R_{cont} = 2d + 0,56 \sqrt{L_1 L_2} \quad \vee \quad R_{cont} = 2d + 0,69 L_1$$

der $L_1 = C_1 + 2L_{H1}$ og $L_2 = C_2 + 2L_{H2}$



$$L_1 = L_2 = 1000 + 2 \cdot 1100 = 3200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_{cont} &= 2d + 0,56 \sqrt{L_1 L_2} \\ &= 2 \cdot 307,5 + 0,56 \cdot 3200 \\ &= \underline{2407 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Eller NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014/NA:2018 vil bruddet skje i avstand R_{cont} fra søylecenter og derav i omkrets U_1

$$U_1 \text{ blir derfor } 2,4 \cdot 2,4 = \underline{19,2 \text{ m}}$$

$$\tau_{ed} = \beta \cdot V_{ed} / (U_1 \cdot d)$$

der U_1 er kontrollskjettets omkrets og

$$\beta = 1 + k \cdot \frac{M_{ed}}{V_{ed}} \cdot \frac{U_1}{W_1}$$

$$\text{der } W_1 = \frac{C_1^2}{2} + C_1 \cdot C_2 + 4 \cdot C_2 \cdot d + 16d^2 + 2\pi \cdot d \cdot C_1$$

$$= \frac{1000^2}{2} + 1000^2 + 4 \cdot 1000 \cdot 307,5 + 16 \cdot 307,5^2 + 2\pi \cdot 307,5 \cdot 100$$

$$= \underline{6,17 \text{ E6 mm}} \quad M_{ed1} = N_{ed1} \cdot W/30 = \frac{745 \text{ E3} \cdot 1000}{30} = 25 \text{ kNm}$$

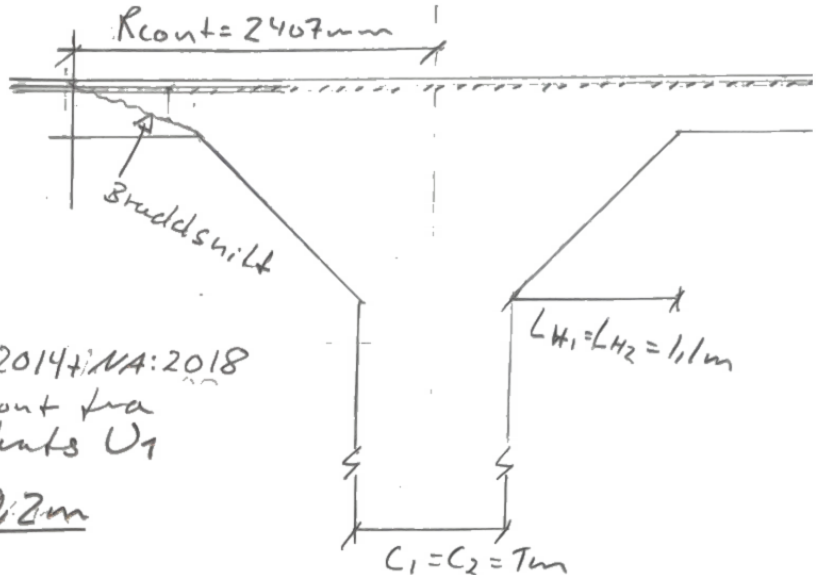
opprikket belastningsareal = $7,75 \text{ m} \cdot 8 \text{ m}$

Da bruddet vil skje i U_1 må vi velles arealet.

$$\text{til } A_B = 7,75 \text{ m} \cdot 8 \text{ m} - 2,4 \text{ m} \cdot 2,4 = 42,8 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow V_{ed0} = 42,8 \text{ m}^2 \cdot 17,4 \text{ kN/m}^2 = \underline{744,7 \text{ kN}}$$

$$k(\text{tabell 6.1, } C_1/C_2 = 1,0) = \underline{0,60}$$



$$\beta = 1 + k \cdot \frac{M_{ed}}{V_{ed0}} \cdot \frac{U_1}{w_1}$$

$$= 1 + 0,6 \cdot \frac{-25 \text{ E6}}{744 \text{ E3}} \cdot \frac{19200}{6,17 \text{ E6}} = \underline{7,09}$$

Da stabiliteten sidevis ikke er afhængig af rammevirkning mellem dekke og søgte kan vi benytte os af den befæltte bevægelse i figur 6.21b som giver

$$\beta = \underline{1,15}$$

$$\begin{aligned} \tau_{ed} &= \beta \cdot V_{ed0} / (U_1 \cdot d) \\ &= 1,15 \cdot 744 \text{ E3} \cdot / (19200 \cdot 307,5) = \underline{0,144 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

Da $\tau_{ed,c} > \tau_{ed}$ er det ikke behov for styrkermærkning.

$$\tau_{ed,c} = \tau_{ed,c} \cdot k (100 \rho_l \cdot f_{ctk})^{1/3} + k_1 \cdot \tau_{cp}$$

$$\text{Der } k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad \tau_{ed,c} = \frac{k_2}{\gamma_c}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \quad \rho_{ly} = \frac{A_{sl,y}}{b_{wy} \cdot d_y} \quad \text{og} \quad \rho_{lz} = \frac{A_{sl,z}}{b_{wz} \cdot d_z}$$

$$\begin{aligned} A_{sl,y} &= 26 \text{ Ø25} / 3,92 \text{ m} \quad U_1 = 4,8 \cdot 4 \quad \Delta b = 4,8 - 3,9 = 0,9 \text{ m} \\ &\Rightarrow 0,45 \text{ m per side af Ø25 cc 17,5} \Rightarrow \end{aligned}$$

Lægges til 4 jern Ø25 således at vi får

30 Ø25 / 4,8 m altså bunden U_1 eller b_{wy}

$$\rho_{ly} = \frac{30 \cdot 12,5^2 \cdot \pi}{4800 \cdot 307,5} = 0,0099 = \underline{0,01}$$

$A_{sl,z} = 17 \text{ Ø25} / 3,9 \text{ m}$ her for vi også 0,45 m
 altså til hver side der det ligger Ø25 cc 17,5
 som giver 4 stk Ø25 altså

$$A_{sl,z} = 21 \text{ Ø25} / 4,8 \text{ m} \Rightarrow \rho_{ly} = \frac{21 \cdot 12,5^2 \cdot \pi}{4800 \cdot 307,5} = \underline{0,007}$$

$$f_L = \sqrt{f_{Lz} \cdot f_{Ly}} = \sqrt{0,01 \cdot 0,007} = \underline{0,0084}$$

$$C_{vcl,c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{307,5}} = 1,81$$

$$k_1 = 0,1 \text{ (side 103)}$$

$$\sigma_{cy} = N_{edy} / A_{cy}$$

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cy} + \sigma_{cz}) / 2$$

$$\sigma_{cz} = N_{edz} / A_{cz}$$

σ_{cy}, σ_{cz} = Horisontale spanningen.

$$M_{ed,1} = \frac{97,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \text{ m}^2}{2} = 109,7 \text{ kNm}$$

$$\text{Tijlslans hoogte} = x \lambda$$

$$x = 307,5 \cdot 0,412 = 126,7 \text{ mm}$$

$$\lambda x = 0,8 \cdot 126,7 = 101,3 \text{ mm}$$

$$F_{Tc} = \frac{M_{ed}}{z} = \frac{109,7 \text{ kNm}}{0,835 \cdot 0,3075} = 427,2 \text{ kN} / 3,9 \text{ m}$$

$$F_{Tc} = N_{edy} = N_{edz}$$

$$\sigma_{cz} = 427,2 \text{ kN} / (4200 \cdot 1063) = \underline{1,0 \text{ MPa}} = \sigma_{cp}$$

$$\sigma_{vcl,c} = 0,12 \cdot 1,81 (100 \cdot 0,0084 \cdot 30)^{1/3} + 0,1 \cdot 1,0 = 0,13$$

$$= 0,74 \text{ MPa} > 0,144 \text{ MPa} \quad \underline{\text{OK!}}$$

③ Knektning/bøying

Vi må behandle for Litteratur. Søyle i sentrum på hjert av ett l. moment og en søyle på hjerten på hjert av ett større moment.

③ Søyle i sentrum.

$$q = 17,4 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{ed} = 17,4 \text{ kN/m}^2 \cdot 7,7 \text{ m} \cdot 8 \text{ m} = 1078,8 \text{ kN}$$

$$e_o = h/30 = 1000/30 = 33,3 \text{ mm}$$

$$M_{ed} = 1078,8 \cdot 0,0333 = 35,92 \text{ kNm}$$

$$I_c = \frac{bh^3}{12} = \frac{1000^4}{12} = 8,33 \text{ E10}$$

$$i_g = i_z = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{8,33 \text{ E10}}{1000^2}} = 288 \text{ mm}$$

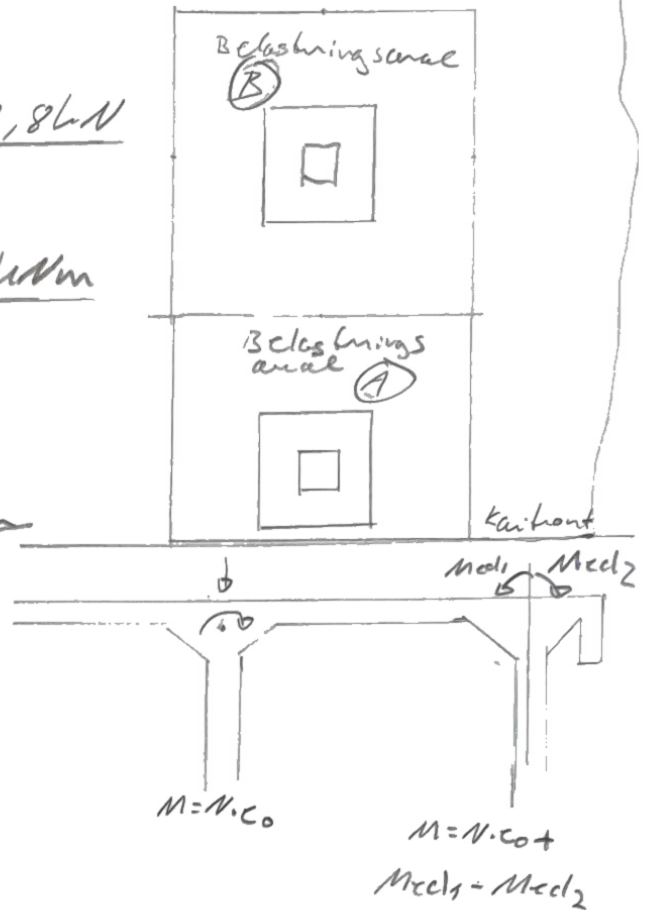
$$\bar{f} = 32 \text{ MPa}, \quad \bar{E} = 35000 \text{ MPa}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_k}{i \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{f}{E}} \quad \bar{L} = 16 \text{ m}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{16 \cdot 0,85}{288 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{32}{35000}} = 0,454$$

$$\chi(\bar{\lambda}, c) \text{ s. 187 Loven} = 0,85$$

$$\begin{aligned} N_{bnd} &= \chi(f_{cd} \cdot A_c + f_{sd} \cdot A_s) \\ &= 0,85 \left(\frac{30 \cdot 0,85}{115} \cdot 1000^2 + 10 \cdot 12,5^2 \cdot \pi \cdot 160 \right) \\ &= 15119 \text{ kN} \end{aligned}$$



Regn ut oppføringsområde for søyle i sentrum av hjert av ett l. moment og en søyle på hjerten på hjert av ett større moment.
 $L_k = 0,7 \cdot 10$
 $= \frac{7}{2} = 3,5$
 $= 0,85$

Vi kontrollerer her for B25 gunstig plassert.

$$M_{rd} = A_s \cdot f_{yEd} \cdot Z$$

$$= 12,5^2 \cdot \pi \cdot 160 \cdot (1000 - 70 - 20) \cdot 0,835 = \underline{\underline{477,4 \text{ kNm}}}$$

Fra brekking av stål (Larsen) har vi

$$M_{brd} = X_{Lt} \cdot M_{rd}$$

X_{Lt} blir umulig å finne men velger konservativ

$$X_{Lt} = 0,70.$$

$$\Rightarrow M_{brd} = 477,4 \cdot 0,70 = 334,18.$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{brd}} + \frac{M_{sd}}{M_{brd}} < 1,0 \Rightarrow \text{OK}$$

$$\frac{1079 \text{ E3}}{15117 \text{ E3}} + \frac{36 \text{ E6}}{334 \text{ E6}} = \underline{\underline{0,179}} < 1,0 \quad \underline{\underline{\text{OK!}}}$$

Kapasitet u/arm.

$$f_{ctm} = 0,3 (f_{ck})^{2/3} = 2,9 \text{ MPa.}$$

$$f_{ctk,0,05} = 0,7 f_{ctm} = 2,03 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{X_{Lt} \cdot f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \underline{\underline{1,15 \text{ MPa}}}$$

$$I_c = \frac{1000^4}{12} = 8,33 \text{ E10 mm}^4$$

$$W_c = \frac{8,33 \text{ E10}}{500} = \underline{\underline{1,66 \text{ E8 mm}^3}}$$

$$M_{cd} = 1,15 \cdot 1,66 \text{ E8} = 1,916 \text{ Nmm} = \underline{\underline{191,676 \text{ Nm}}}$$

$$\frac{1079 \text{ E3}}{15117 \text{ E3}} + \frac{36 \text{ E6}}{191,7 \text{ E6}} = \underline{\underline{0,26}} < 1,0 \Rightarrow \text{OK!}$$

Sjekk med kristian ↗

A) Sogbe ved efterkant

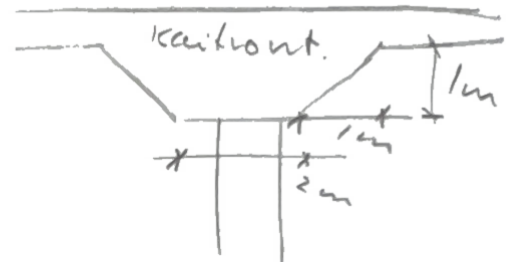
$$N_{ed} = 17,4 \text{ kN/m} \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} = 809,1 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = 809,1 \text{ kN} \cdot 0,033 \text{ m} = 26,7 \text{ kNm}$$

$$M_{ed1} = \frac{17,4 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} \cdot (3 \text{ m})^2}{2} = \underline{313,2 \text{ kNm}}$$

Filnærma ved efterkant:

$$N = \left(\frac{41+2}{2} \right) \cdot 1 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg} \cdot 9,81$$
$$= \underline{21,2 \text{ kN}}$$



Stabilitetsende moment

$$M_{ed2} = 21,2 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} + \frac{9 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} \cdot 2^2}{2} = \underline{114,4 \text{ kNm}}$$

$$\Sigma M_{ed} = (26,7 + 313,2 - 114,4) \text{ kNm} = \underline{225 \text{ kNm}}$$

Med armering

$$\frac{809,1}{15117} + \frac{225}{339} = 0,727 < 1,0 = \text{OK!}$$

Uden armering

$$\frac{809,1}{15117} + \frac{225}{191,7} = 1,22 > 1,0 \text{ ikke OK!}$$

Kontroller også ved hjelp av
M-N diagram

Beholdt største p.e.l.

Ned:

$$Dekke = 17,4 \text{ kN/m} \cdot 7,75 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} = 809 \text{ kN}$$

$$Volute = 1 \text{ m}^3 \cdot 2400 \text{ kg} \cdot 9,81 = 23,5 \text{ kN}$$

$$\text{Søyle} = 1 \text{ m}^2 \cdot 8 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg} \cdot 9,81 = 188,3 \text{ kN}$$

Beholdt største
halvdel

$$\text{Kantfont} = 3 \text{ m}^2 \cdot 0,35 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg} \cdot 9,81 = 25 \text{ kN}$$

$$\text{Tot: Ned} = \underline{\underline{1045 \text{ kN}}}$$

$$\text{Med} = \underline{\underline{225 \text{ kNm}}}$$

$$w_1 = 225 \text{ E6} / (1000^3 \cdot 25) = 0,009$$

$$u_1 = 1045 \text{ E3} / (1000^2 \cdot 25) = 0,0418$$

Fra figuren 9 B. Sørensen finner vi $w = 0$

som gir $A_{sn} = 0$

Søyle står på trykk alene

① Moment keep. kontroll.

$$f_y = 200 \text{ MPa}$$

$$h = 350 \quad c_{fb} = 307.5 \quad z = 256.7$$

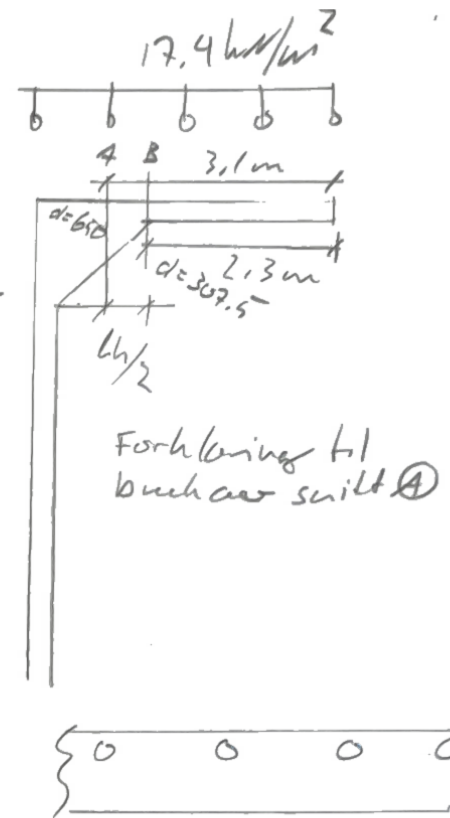
Behälter fast 5m belastnings-
brücke.

$$M_{edA} = \frac{17.4 \text{ kN/m}^2 \cdot 5 \text{ m} \cdot 3.1^2}{2} = 418 \text{ kNm}$$

$$A_{sA} = \frac{418 \text{ E } 6}{200 \cdot 0.835 \cdot 650} = 3850 \text{ mm}^2 / 3.9 \text{ m}$$

$$M_{edB} = \frac{17.4 \text{ kN/m}^2 \cdot 5 \text{ m} \cdot 2.3^2}{2} = 230 \text{ kNm}$$

$$A_{sB} = \frac{230 \text{ E } 6}{200 \cdot 256.7} = 4479 \text{ mm}^2 / 3.9 \text{ m}$$



y-uten maks = 26 Ø25 / 3.9 m
y-uten min = 13 Ø25 / 3.9 m
x-uten = 17 Ø25 / 3.9 m

Faktisk A_s :

$$A_{sf-y-maks} = 26 \cdot 12.5^2 \cdot \pi \cdot 0.7 = 8933 \text{ mm}^2 / 3.9 \text{ m}$$

$$A_{sf-y-min} = 13 \cdot 12.5^2 \cdot \pi \cdot 0.7 = 4466 \text{ mm}^2 / 3.9 \text{ m}$$

$$A_{sf-x} = 17 \cdot 12.5^2 \cdot \pi \cdot 0.7 = 5841 \text{ mm}^2 / 3.9 \text{ m}$$

$A_{sf} > A_{sn}$ for alle snitt i alle retninger.
regnet som enveisplate uttrykt og
jevn fordelt last.

Forts: Punkt last

16 tons laste til \Rightarrow 8 tons aksellast
 $\Rightarrow 78 \text{ kN}$.

$$M_{\text{edA}} = \frac{1,2 \cdot 9 \text{ kN/m}^2 \cdot 5 \text{ m} \cdot 3,1 \text{ m}^2}{2} + 78 \text{ kN} \cdot 3,1 \text{ m} \cdot 1,5 = 622 \text{ kNm}$$

$$A_{sA} = \frac{622 \text{ E } 6}{200 \cdot 650 \cdot 0,835} = 5730 \text{ mm}^2 / 3,9 \text{ m}$$

$$M_{\text{edB}} = \frac{1,2 \cdot 9 \text{ kN/m}^2 \cdot 5 \cdot 2,3 \text{ m}^2}{2} + 78 \text{ kN} \cdot 2,3 \text{ m} \cdot 1,5 = 299 \text{ kNm}$$

$$A_{sB} = \frac{299 \text{ E } 6}{200 \cdot 256,7} = 5823 \text{ mm}^2 / 3,9 \text{ m}$$

$A_{st} > A_{su}$ for alle snitt men ikke for

$A_{st \text{ min}} = 4466 \text{ mm}^2/\text{m}$ ved punktlast.

Det kan allikevel være ok om man regner
som for en plate Under et lag nærmere.

Kontroll felt stripe

7.

Vi behøver omvædt den for feltstriper bygges herunder. I et slikt område vil det kunne være positivt moment eller opprinnelige buegning og da kan armering i underkant.

Det ble ved syntese under kaien tydelig at det i enkelte områder er fullstendig rustet bont.

Vi får derfor som et konservativt estimat å anta at 50% av armeringen i slik står forsvunnet utring er bont. Slik står vi igjen med 50% av armeringen i den ene av x utring og kontrollerer om det er nok for den vedtatte lasten $M = 5 \text{ kNm/m}^2$

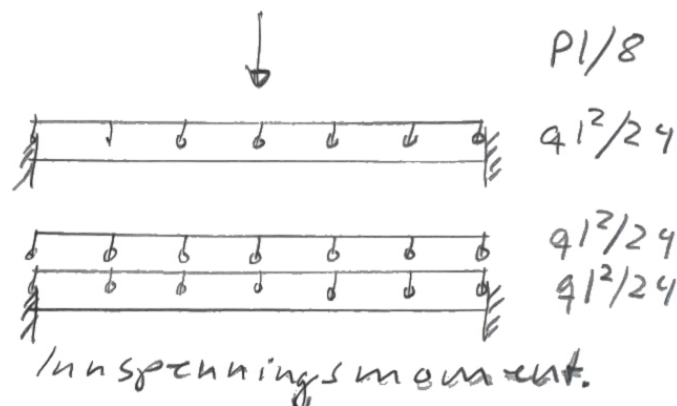
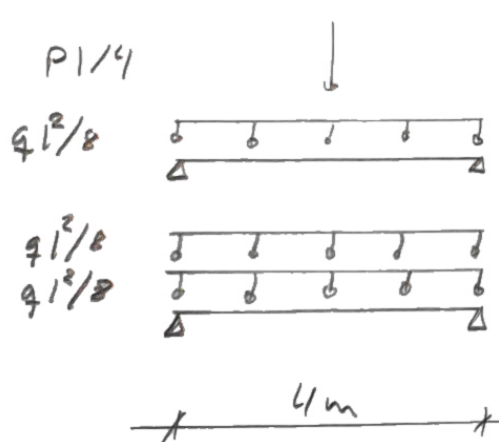
Det ligger $\varnothing 25 \text{ cc } 200$ i hver utring og vi får da $A_{st} \text{ faktisk}$:

$$A_{st} = \frac{12,5^2 \cdot \pi \cdot 5}{2} = 1227 \text{ mm}^2/\text{m}.$$

Vi behøver så to tilfeller:

1. Fast innspant. Vi tegner da 1m ette i hver ende for tilstrekkelig innspenning.
2. Fullt opplagt. Vi tegner da med opprinnelig lengde på 3,9m.

I begge tilfeller kontrollerer vi for både jevnt for delt last og aksellast = 80 kN/(2m)



Innspenningsmoment.

$$M_{ed inn} = \frac{P l}{8} \text{ og } M_{ed inn} = q l^2/12$$

Fast Innspent

B1: $Q = 17.4 \text{ kN/m}^2$ 2.

$$\textcircled{1} M_{ed} = \frac{17.4 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} \cdot 6 \text{ m}^2}{24} = 26.1 \text{ kNm}$$

$$A_{su} = \frac{26.1 \text{ E} 6}{200 \cdot 0.835 \cdot 307.5} = 508 \text{ mm}^2/\text{m} < A_{st} \Rightarrow \text{Ok!}$$

$$\textcircled{2} M_{ed} = \frac{12 \cdot 9 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} \cdot 6 \text{ m}^2}{24} + \frac{1.5 \cdot 80 \text{ kN} \cdot 6 \text{ m}}{8} = 122.4 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = \frac{135 \cdot 9 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} \cdot 6 \text{ m}^2}{24} + \frac{105 \cdot 80 \text{ kN} \cdot 6 \text{ m}}{8} = 99.4 \text{ kNm}$$

$$A_{su} = \frac{122.4 \text{ E} 6}{200 \cdot 0.835 \cdot 307.5} = 2383 \text{ mm}^2/2 \text{ m} < A_{st} \Rightarrow \text{Ok!}$$

Kontroller også med innspenningmoment
med $\phi 25 \text{ cc } 300$ (OK.)

$$A_{st_{in}} = 12.5^2 \cdot \pi \cdot 3.333 = 1636 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\textcircled{3} M_{ed_{in}} = \frac{17.4 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \text{ m} \cdot 6 \text{ m}^2}{12} = 52.2 \text{ kNm}$$

$$A_{su} = \frac{52.2 \text{ E} 6}{200 \cdot 0.835 \cdot 307.5} = 1016 \text{ mm}^2/\text{m} < A_{st_{in}} \Rightarrow \text{Ok!}$$

$$\textcircled{4} M_{ed_{in}} = \frac{12 \cdot 9 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} \cdot 6 \text{ m}^2}{12} + \frac{1.5 \cdot 80 \text{ kN} \cdot 6 \text{ m}}{8} = 154.8 \text{ kNm}$$

$$A_{su} = \frac{154.8 \text{ E} 6}{200 \cdot 0.835 \cdot 307.5} = 3072.9 \text{ mm}^2/2 \text{ m} < A_{st_{in}} \Rightarrow \text{Ok!}$$

Filt off kg+

$$\textcircled{1} \quad M_{ed} = \frac{17,4 \text{ kN/m}^2 \cdot 4 \text{ m}^2}{8} = 34,8 \text{ kNm}$$

$$A_{sn} = \frac{34,8 \text{ E } 6}{200 \cdot 0,835 \cdot 307,5} = 677,7 \text{ mm}^2/\text{m} < A_{st} = 0 \quad \underline{\text{OK!}}$$

$$\textcircled{2} \quad M_{ed} = \frac{1,2 \cdot 9 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} \cdot 4 \text{ m}^2}{8} + \frac{1,5 \cdot 80 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m}}{9} = 16,3 \text{ kNm}$$

$$A_{sn} = \frac{16,3 \text{ E } 6}{200 \cdot 0,835 \cdot 307,5} = 3178 \text{ mm}^2/2 \text{ m} > A_{st} \Rightarrow \underline{\text{NEI!}}$$