D Betongsøyle

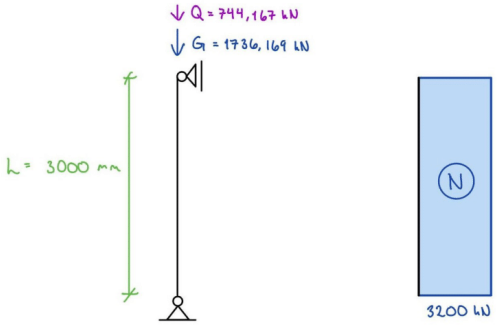
D.1 Betongsøyle C.8 - Utregning av kapasitet

Laster: Se Vedlegg C for laster

Egenlast: $G := 1736.169\ kN - 2.7\ kN + 66.637\ kN$

Nyttelast: $Q := 533.790\ kN + 146.44\ kN = 680.23\ kN$

Dimensjonerende aksialkraft i brudd: $N_{Ed} := G \cdot 1.2 + Q \cdot 1.5 = 3180\ kN$ (EC0, Tabell NA.A1.2(A))



Dimensjoner på søyle:

$h := 500\ mm$

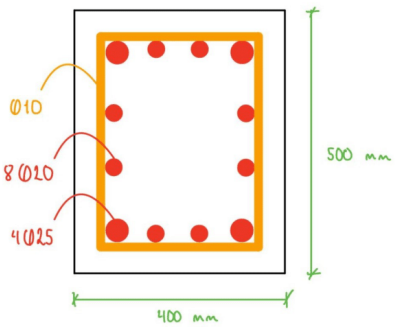
$b := 400\ mm$

$L_s := 3\ m$

Armering:

$\varnothing_1 := 25\ mm$ $\varnothing_2 := 20\ mm$

$n_1 := 4$ $n_2 := 8$



1

$A_c := b \cdot h = \left(200 \cdot 10^3\right)\ mm^2$

Betong-egenskaper, dimensjoner og tøyning:

$f_{yk} := 500\ \frac{N}{mm^2}$ $f_{cd} := 19.8\ \frac{N}{mm^2}$ $f_{yd} := 434\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{ck} := 35\ \frac{N}{mm^2}$ $f_{cm} := 43\ \frac{N}{mm^2}$ $\varepsilon_{cu} := 0.0035$

EC2 tabell 3.1

$\sigma_N := \frac{N_{Ed}}{A_c} = 15.902\ \frac{N}{mm^2}$ sigma er mindre enn f.cd, OK

Armeringsmengde i konstruksjonen:

$A_s := n_1 \cdot \left(\frac{Ø_1}{2}\right)^2 \cdot \pi + n_2 \cdot \left(\frac{Ø_2}{2}\right)^2 = 2763.495\ mm^2$

Aksialkraftkapasitet:

$N_{Rd} := f_{cd} \cdot \left(A_c - A_s\right) + f_{yd} \cdot A_s = 5104.64\ kN$ Sørensen del 1 lign.(4.5)

$N_{Rd} > N_{Ed}$ OK

2

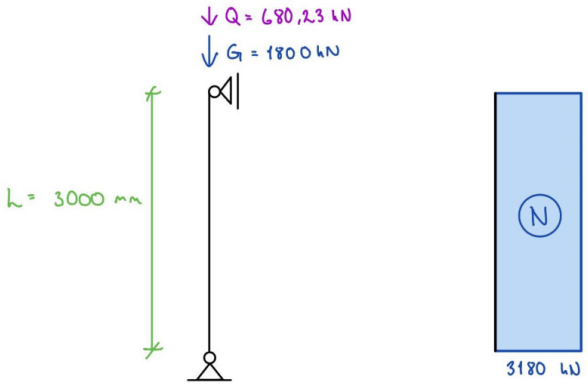
D.2 Dimensjonering av ny betongsøyle

Laster: Se Vedlegg C for laster

Egenlast: $G := 1736.169\ kN - 2.7\ kN + 66.637\ kN = \left(1.8 \cdot 10^3\right)\ kN$

Nyttelast: $Q := 533.790\ kN + 146.44\ kN = 680.23\ kN$

Dimensjonerende aksialkraft i brudd: $N_{Ed} := G \cdot 1.2 + Q \cdot 1.5 = 3180\ kN$ (EC0, Tabell NA.A1.2(A))



Nye dimensjoner på søyle:

$h := 350\ mm$ $L_s := 3\ m$

$b := 350\ mm$

$A_c := b \cdot h = \left(122.5 \cdot 10^3\right)\ mm^2$

Betong-egenskaper, dimensjoner og tøyning:

$f_{yk} := 500\ \frac{N}{mm^2}$ $f_{cd} := 19.8\ \frac{N}{mm^2}$ $f_{yd} := 434\ \frac{N}{mm^2}$

$f_{ck} := 35\ \frac{N}{mm^2}$ $f_{cm} := 43\ \frac{N}{mm^2}$ $\varepsilon_{cu} := 0.0035$

(EC2 - Del 1-1, tabell 3.1)

$\sigma_N := \frac{N_{Ed}}{A_c} = 25.963\ \frac{N}{mm^2}$ sigma er mindre enn f.cd, OK

$E := 34000\ \frac{N}{mm^2}$ $I := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \left(1.251 \cdot 10^9\right)\ mm^4$

1

Finner armeringsmengden:

Knekklengde:

L_0 = L $L_0 := 3\ m$

Beregning av nødvendig armering:

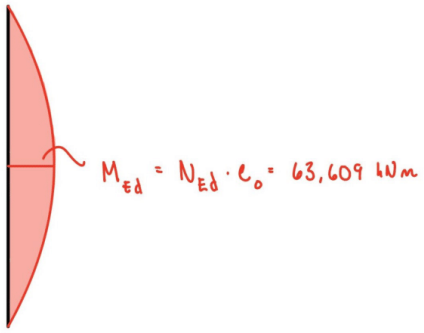
Minimumseksentrisitet:

e_0 = max (20 mm, h/30) (EC2 - Del 1-1, 6.1(4))

$$\frac{h}{30} = 11.667\ mm$$

$e_0 := 20\ mm$

$M_{Ed} := N_{Ed} \cdot e_0 = 63.609\ kN \cdot m$



$$n_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{f_{ck} \cdot b \cdot h} = 0.742$$ (Sørensen, s. 98)

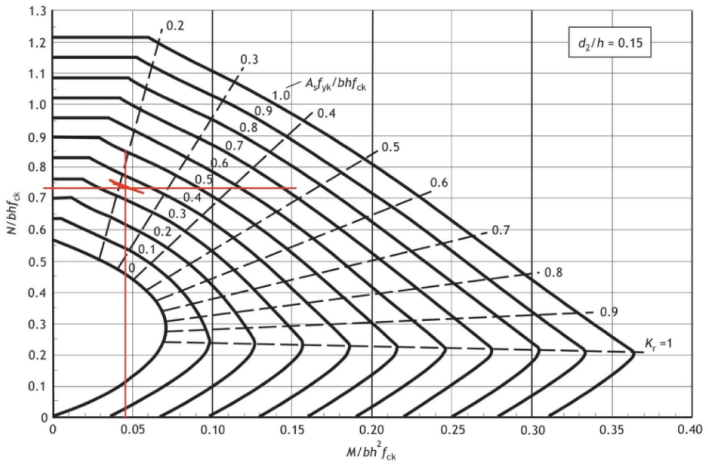
$$m_{Ed} := \frac{M_{Ed}}{f_{ck} \cdot b \cdot h^2} = 0.042$$

$d_2 := 50\ mm$

$$\frac{d_2}{h} = 0.14$$

2

m-n diagram:



$\omega_0 := 0.35$

$A_s := \frac{\omega_0 \cdot b \cdot h \cdot f_{ck}}{f_{yk}} = \left(3.001 \cdot 10^3\right)\ mm^2$ (Sørensen, s. 98)

Velger antall armeringstenger med armeringsdiameter:

$n := 10 \qquad \text{Ø} := 20\ mm$

$A_{s.faktisk} := n \cdot \pi \cdot \left(\frac{\text{Ø}}{2}\right)^2 = \left(3.142 \cdot 10^3\right)\ mm^2$

3

Sjekker at dette er innenfor kravet for minimumsarmering:

Største verdien av: (EC2 - Del 1-1, 9.5.2(2))

$A_{s.min.1} := \frac{(0.10 \cdot N_{Ed})}{f_{yd}} = 732.828\ mm^2$ og $A_{s.min.2} := 0.002 \cdot A_c = 245\ mm^2$

$A_{s.faktisk} > A_{s.min.1}$ Armeringsmengde er ok.

Velger overdekning:

Minste overdekning

$c_{min} = \max\{c_{min,b};\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add};\ 10\ mm\}$ (EC2 - Del 1-1, 4.4.1.2(2))

$C_{min.b} := 20\ mm$ (EC2 - Del 1-1, 4.4.1.2(2))

$C_{min.dur} := 45\ mm$ I detaljtegningene står det at eksponeringsklassen til denne søylen er XD3

(EC2 - Del 1-1, 4.4.1.2(5))

$\Delta C_{dur.\gamma} := 0\ mm$ (EC2 - Del 1-1, 4.4.1.2(6))

$\Delta C_{dur.st} := 0\ mm$ (EC2 - Del 1-1, 4.4.1.2(7))

$\Delta C_{dur.add} := 0\ mm$ (EC2 - Del 1-1, 4.4.1.2(8))

$C_{min} := C_{min.dur} = 45\ mm$

Avvik

$\Delta C_{dev} := 10\ mm$ (EC2 - Del 1-1, 4.4.1.3(1))

Nominell overdekning

$C_{nom} := C_{min} + \Delta C_{dev} = 55\ mm$

Avstand mellom lengdearmeringen: (EC2 - Del 1-1, 8.2(2))

a_h = max ($k_1 \cdot Ø$, $d_g + k_2$ mm, 20 mm), men mindre enn 32 mm

$Ø = 20\ mm$

$k_1 := 1.5$ (EC2 -Del 1-1, NA 8.(2))

$k_2 := 5$

d_g er største tilslagsstørrelsen, velger 20 mm

$a_{h.krav}$ = max ($30\ mm$, $25\ mm$, $20\ mm$)

$a_{h.krav} := 30\ mm$

Tverrarmering:

Diameter på tverrarmering:

$Ø_{tverr}$ = max ($6\ mm$, Ø/4) EC2 - Del 1-1, 9.5.3(1)

$Ø_{tverr}$ = max ($6\ mm$, $5\ mm$)

$Ø_{tverr} := 6\ mm$

5

Senteravstanden på tverrarmering:

$S_{cl.max}$ = min (20*Ø, min.tverrsnittsdim., 400 mm)

EC2 - Del 1-1, 9.5.3(3)

$S_{cl.max}$ = min (400 mm, 350 mm, 400 mm)

$S_{cl.max} := 350\ mm$

I begge søyleender i en avstand lik største tverrsnittsdimensjon skal senteravstanden reduseres med faktoren 0,6. (EC2 - Del 1-1, 9.5.3(4))

Antall: $n_{stenger.tverr} := \frac{L_s}{S_{cl.max}} = 9$

Sjekker om det er plass til armeringen:

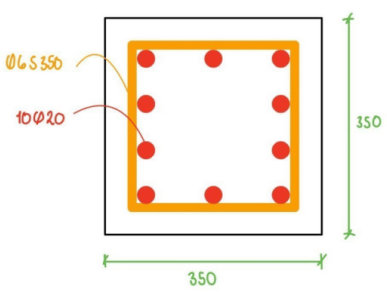
$h_{nød.} := 2 \cdot C_{nom} + 2 \cdot Ø_{tverr} + 4 \cdot Ø + 3 \cdot a_{h.krav} = 292\ mm \quad OK$

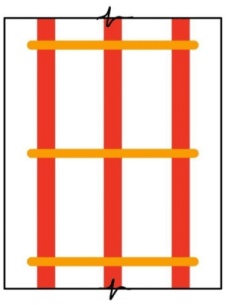
$b_{nød.} := 2 \cdot C_{nom} + 2 \cdot Ø_{tverr} + 3 \cdot Ø + 2 \cdot a_{h.krav} = 242\ mm \quad OK$

Faktisk avstand mellom lengdearmering:

$$a_{v.faktisk} := \frac{h - 2 \cdot C_{nom} - 2 \cdot Ø_{tverr} - 4 \cdot Ø}{3} = 49\ mm$$

$$a_{h.faktisk} := \frac{b - 2 \cdot C_{nom} - 2 \cdot Ø_{tverr} - 3 \cdot Ø}{2} = 84\ mm$$





Slankhetskontroll

Normalisert slankhet - beregning

$L := L_0 = 3\ m$ (EC2- Del 1-1, NA.5.8.3.1(1))

$i := \frac{h}{\sqrt[2]{12}} = 0.101\ m$

$\lambda := \frac{L_0}{i} = 29.692$

$n_{Ed} = 0.742$

$k_a := 1.0$

$\omega := \frac{f_{yd} \cdot A_{s.faktisk}}{f_{cd} \cdot A_c} = 0.562$

$\lambda_n := \lambda \cdot \sqrt[2]{\frac{n_{Ed}}{1 + 2\ k_a \cdot \omega}} = 17.546$

Slankhetsgrenser

$A_\varphi := 1.0$ (Sørensen, s.162)

$M_{01} := 0 \cdot kN \cdot m$ $M_{02} := N_{Ed} \cdot \frac{L_0}{400} = 23.854\ kN \cdot m$

$r_m := \left| \frac{M_{01}}{M_{02}} \right| = 0$

$\lambda_{n.lim} := 13 \cdot (2 - r_m) \cdot A_\varphi = 26$

$\lambda_n \leq \lambda_{n.lim}$ Søylen er ikke slank

Beregning av aksialkapasitet:

$N_{Rd} := f_{cd} \cdot (A_c - A_{s.faktisk}) + f_{yd} \cdot A_{s.faktisk} = 3726.748\ kN$

Beregning av knekklast:

$N_E := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{{L_0}^2} = (4.663 \cdot 10^4)\ kN$ $N_E > N_{Ed}$ ok.

7

Dimensjonerende forankringslengde:

Armering i trykk: (EC2 - Del 1-1, 8.4.4(1))

$\alpha_i := 1$

$\alpha_4 := 0.7$

Dimensjonerende faktorer:

$f_{ctk.0.05} := 2.2\ MPa$ $\gamma_c := 1.5$ $f_{cd} = 19.8\ MPa$

$\alpha_{ct} := 0.85$ $f_{ctd} := \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk.0.05}}{\gamma_c} = 1.247\ MPa$ $\varepsilon_{c3} := 1.75 \cdot 10^{-3}$

Dimensjonerende heftfasthet: (EC2 - Del 1-1, 8.4.2(2))

$f_{bd} := 2.25 \cdot f_{ctd} = 2.805\ MPa$

Antar at σ = f_yd -> Konservativt, dette gir lang forankringslengde

N_{Ed} < $N_{Rd} = \left(3.727 \cdot 10^3\right)\ kN$

-> σ_s < f_{yd}

Må beregne σ_s

ε_s = ε_c pga full heft

N_{Ed} = $\sigma_c \cdot A_c + \sigma_s \cdot A_s$

$A_c = \left(1.225 \cdot 10^5\right)\ mm^2$ $A_{s.faktisk} = \left(3.142 \cdot 10^3\right)\ mm^2$

σ_c = $E_c \cdot \varepsilon_c$ og σ_s = $E_s \cdot \varepsilon_s$

$E_c := \frac{f_{cd}}{\varepsilon_{c3}} = 11314.286\ MPa$ $E_s := 2 \cdot 10^5\ MPa$

$N_{Ed} = \left(3.18 \cdot 10^3\right)\ kN$

$\varepsilon_c := \frac{N_{Ed}}{E_c \cdot A_c + E_s \cdot A_s} = 0.0016$ $\varepsilon_s := \varepsilon_c = 0.002$

$\sigma_s := E_s \cdot \varepsilon_s = 320.249\ MPa$

Basis kraftinnføringslengde:

$$L_{bd.rqd} := 0.25 \cdot \varnothing \cdot \frac{\sigma_s}{f_{bd}} = 571 \ mm$$ Sørensen del 1 lign. (4.99)

Dimensjonernede forankringslengde:

$$L_{bd} := \alpha_i \cdot \alpha_4 \cdot L_{bd.rqd} = 400 \ mm$$ Sørensen del 1 lign.(4.101)

Minste forankringslengde i trykk er max verdi av: Sørensen del 1 lign.(4.103)

$0.3 \cdot L_{bd.rqd} = 171.256 \ mm$

$10 \cdot \varnothing = 200 \ mm$

$L_b := 100 \ mm$

$L_{b.min} := 10 \cdot \varnothing = 200 \ mm$