$ORIGIN := 1$

C - Kontrollregning Armering

Tverrsnittsdimensjoner:

$b_t := 1000\ mm$

$h := 250\ mm$

$A_c := h \cdot b_t = 250000\ mm^2$

Nødvendig materialdata, B35:

$f_{ctm} := 3.2\ \frac{N}{mm^2}$

$\alpha_{cc} := 0.85$

$f_{ck} := 35\ \frac{N}{mm^2}$

$\gamma_c := 1.5$

$f_{cd} := f_{ck} \cdot \frac{\alpha_{cc}}{\gamma_c} = 19.83\ \frac{N}{mm^2}$

Nødvendig materialdata, B500NC:

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

$\gamma_s := 1.15$

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

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armering **UK dekke i lengderetning.**

Minimums- og maksimumsarmering

$ø := 16\ mm$

$d := 250\ mm - 25\ mm - 8\ mm - 6\ mm = 211\ mm$

$$A_{s.min} := \begin{bmatrix} 0.26 \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) b_t \cdot d \\ 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 351.1 \\ 274.3 \end{bmatrix} mm^2$$

$A_{s.min} := 351.1\ mm^2$ Minimumsarmering per meter

$A_{s.max} := 0.04\ A_c = 10000\ mm^2$ Maksimumsarmering per meter

$A_{s.min}Tverr := 20\% \cdot A_{s.min} = 70.22\ mm^2$ Minimumsarmering i tverretning per meter

Dimensjonerende Moment og kapasitet

$K := 0.275$

$M_{Rd} := K \cdot f_{cd} \cdot b_t \cdot d^2$

$M_{Rd} = 243\ kN \cdot m$ Dimensjonerende momentkapasitet

$M_{Ed} := 218\ kN \cdot m$ Dimensjonerende moment

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armeringsareal med ø16

$ø := 16\ mm$

$c := 0.17$

$z := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right) \cdot d = 178.8\ mm$ Indre momentarm

$A_s := \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot z} = 2804.3\ mm^2$ Nødvendig armering

$A_{s.innlagt} := 1130\ mm^2$ Innlagt armering

$A_{s.ekstra} := A_s - A_{s.innlagt} = 1674.3\ mm^2$ Ekstra armering

$A_{s.ø} := \pi \cdot \left(\frac{ø}{2}\right)^2 = 201.06\ mm^2$ Tverrsnittsareal ø16

$n := \frac{A_{s.ekstra}}{A_{s.ø}} = 8.33$ Antall armeringsjern nødvendig per meter

$s := \frac{1000\ mm}{n} = 120.09\ mm$ Senteravstand

Ender opp med ø 16 s 120 i UK lengderetning

Total armeringsmengde per meter

$A_{s.tot} := A_{s.ø} \cdot \frac{1000\ mm}{120\ mm} + A_{s.innlagt} = 2805.52\ mm^2$ OK i henhold til nødvendig armering, minimums- og maksimumsarmering!

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armering **UK dekke i tverretning.**

Minimums- og maksimumsarmering

$ø := 20\ mm$

$d := 250\ mm - 25\ mm - 10\ mm - 6\ mm = 209\ mm$

$$A_{s.min} := \begin{bmatrix} 0.26 \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) b_t \cdot d \\ 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 347.78 \\ 271.7 \end{bmatrix} mm^2$$

$A_{s.min} := 347.78\ mm^2$ Minimumsarmering per meter

$A_{s.max} := 0.04\ A_c = 10000\ mm^2$ Maksimumsarmering per meter

$A_{s.min}Tverr := 20\% \cdot A_{s.min} = 69.56\ mm^2$ Minimumsarmering i tverretning per meter

Dimensjonerende Moment og kapasitet

$K := 0.275$

$M_{Rd} := K \cdot f_{cd} \cdot b_t \cdot d^2$

$M_{Rd} = 238\ kN \cdot m$ Dimensjonerende momentkapasitet

$M_{Ed} := 224\ kN \cdot m$ Dimensjonerende moment

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armeringsareal med ø20

$ø := 20\ mm$

$c := 0.17$

$z := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right) \cdot d = 175.59\ mm$ Indre momentarm

$A_s := \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot z} = 2934.04\ mm^2$ Nødvendig armering

$A_{s.innlagt} := 785\ mm^2$ Innlagt armering

$A_{s.ekstra} := A_s - A_{s.innlagt} = 2149.04\ mm^2$ Ekstra armering

$A_{s.ø} := \pi \cdot \left(\frac{ø}{2}\right)^2 = 314.16\ mm^2$ Tverrsnittsareal ø16

$n := \frac{A_{s.ekstra}}{A_{s.ø}} = 6.84$ Antall armeringsjern nødvendig per meter

$s := \frac{1000\ mm}{n} = 146.19\ mm$ Senteravstand

Ender opp med ø 20 s 145 i UK tverretning

Total armeringsmengde per meter

$A_{s.tot} := A_{s.ø} \cdot \frac{1000\ mm}{145\ mm} + A_{s.innlagt} = 2951.62\ mm^2$ OK i henhold til nødvendig armering, minimums- og maksimumsarmering!

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armering **OK dekke i lengderetning.**

Minimums- og maksimumsarmering

$ø := 20\ mm$

$d := 250\ mm - 25\ mm - 10\ mm - 5\ mm = 210\ mm$

$$A_{s.min} := \begin{bmatrix} 0.26 \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) b_t \cdot d \\ 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 349.44 \\ 273 \end{bmatrix} mm^2$$

$A_{s.min} := 349.44\ mm^2$ Minimumsarmering per meter

$A_{s.max} := 0.04\ A_c = 10000\ mm^2$ Maksimumsarmering per meter

$A_{s.min}Tverr := 20\% \cdot A_{s.min} = 69.89\ mm^2$ Minimumsarmering i tverretning per meter

Dimensjonerende Moment og kapasitet

$K := 0.275$

$M_{Rd} := K \cdot f_{cd} \cdot b_t \cdot d^2$

$M_{Rd} = 241\ kN \cdot m$ Dimensjonerende momentkapasitet

$M_{Ed} := 200\ kN \cdot m$ Dimensjonerende moment

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armeringsareal med ø20

$ø := 20\ mm$

$c := 0.17$

$z := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right) \cdot d = 180.32\ mm$ Indre momentarm

$A_s := \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot z} = 2551.09\ mm^2$ Nødvendig armering

$A_{s.innlagt} := 335\ mm^2$ Innlagt armering

$A_{s.ekstra} := A_s - A_{s.innlagt} = 2216.09\ mm^2$ Ekstra armering

$A_{s.ø} := \pi \cdot \left(\frac{ø}{2}\right)^2 = 314.16\ mm^2$ Tverrsnittsareal ø16

$n := \frac{A_{s.ekstra}}{A_{s.ø}} = 7.05$ Antall armeringsjern nødvendig per meter

$s := \frac{1000\ mm}{n} = 141.76\ mm$ Senteravstand

Ender opp med ø 20 s 140 i UK tverretning

Total armeringsmengde per meter

$A_{s.tot} := A_{s.ø} \cdot \frac{1000\ mm}{140\ mm} + A_{s.innlagt} = 2579\ mm^2$ OK i henhold til nødvendig armering, minimums- og maksimumsarmering!

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armering **OK dekke i tverretning.**

Minimums- og maksimumsarmering

$ø := 20\ mm$

$d := 250\ mm - 25\ mm - 10\ mm - 5\ mm = 210\ mm$

$$A_{s.min} := \begin{bmatrix} 0.26 \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) b_t \cdot d \\ 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 349.44 \\ 273 \end{bmatrix} mm^2$$

$A_{s.min} := 349.44\ mm^2$ Minimumsarmering per meter

$A_{s.max} := 0.04\ A_c = 10000\ mm^2$ Maksimumsarmering per meter

$A_{s.min}Tverr := 20\% \cdot A_{s.min} = 69.89\ mm^2$ Minimumsarmering i tverretning per meter

Dimensjonerende Moment og kapasitet

$K := 0.275$

$M_{Rd} := K \cdot f_{cd} \cdot b_t \cdot d^2$

$M_{Rd} = 241\ kN \cdot m$ Dimensjonerende momentkapasitet

$M_{Ed} := 171\ kN \cdot m$ Dimensjonerende moment

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armeringsareal med ø20

$ø := 20\ mm$

$c := 0.17$

$z := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right) \cdot d = 184.62\ mm$ Indre momentarm

$A_s := \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot z} = 2130.33\ mm^2$ Nødvendig armering

$A_{s.innlagt} := 335\ mm^2$ Innlagt armering

$A_{s.ekstra} := A_s - A_{s.innlagt} = 1795.33\ mm^2$ Ekstra armering

$A_{s.ø} := \pi \cdot \left(\frac{ø}{2}\right)^2 = 314.16\ mm^2$ Tverrsnittsareal ø16

$n := \frac{A_{s.ekstra}}{A_{s.ø}} = 5.71$ Antall armeringsjern nødvendig per meter

$s := \frac{1000\ mm}{n} = 174.99\ mm$ Senteravstand

Ender opp med ø 20 s 170 i UK tverretning

Total armeringsmengde per meter

$A_{s.tot} := A_{s.ø} \cdot \frac{1000\ mm}{170\ mm} + A_{s.innlagt} = 2183\ mm^2$ OK i henhold til nødvendig armering, minimums- og maksimumsarmering!

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

D - Dimensjonering snitt

Tverrsnittsdimensjoner:

$b := 5130\ mm$

$b_t := 1000\ mm$

$h := 250\ mm$

$A_c := h \cdot b_t = 250000\ mm^2$

Nødvendig materialdata normalarmert tverrsnitt, B35:

$f_{ctm} := 3.2\ \frac{N}{mm^2}$

$\alpha_{cc} := 0.85$

$f_{ck} := 35\ \frac{N}{mm^2}$

$\gamma_c := 1.5$

$f_{cd} := f_{ck} \cdot \frac{\alpha_{cc}}{\gamma_c} = 19.83\ \frac{N}{mm^2}$

$\alpha := 0.412$

$\varepsilon_{cu2} := 0.0035$

$c_{nom} := 25\ mm$

Nødvendig materialdata, B500NC:

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

$\gamma_s := 1.15$

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

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

$E_s := 2 \cdot 10^5 \ \frac{N}{mm^2}$

$\varepsilon_{yd} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00217$

D1 - Armering for moment

Nødvendig armering **UK dekke**

Minimums- og maksimumsarmering

$ø := 20 \ mm$ Bøylearmering = 8mm

$d := 250 \ mm - 25 \ mm - 10 \ mm - 8 \ mm = 207 \ mm$

$$A_{s.min} := \begin{bmatrix} 0.26 \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) b_t \cdot d \\ 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 344.45 \\ 269.1 \end{bmatrix} mm^2$$

$A_{s.min} := 344.45 \ mm^2$ Minimumsarmering per meter

$A_{s.max} := 0.04 \ A_c = 10000 \ mm^2$ Maksimumsarmering per meter

$A_{s.min}Tverr := 20\% \cdot A_{s.min} = 68.89 \ mm^2$ Minimumsarmering i tverretning per meter

Dimensjonerende Moment og kapasitet

$K := 0.275$

$M_{Rd} := K \cdot f_{cd} \cdot b_t \cdot d^2$

$M_{Rd} = 234 \ kN \cdot m$ Dimensjonerende momentkapasitet

$M_{Ed} := 228 \ kN \cdot m$ Dimensjonerende moment

$M_{Ed} < M_{Rd}$ Delvis utnyttet

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armeringsareal med ø20

$ø := 20\ mm$

$c := 0.17$

$z := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right) \cdot d = 172.67\ mm$ Indre momentarm

$A_s := \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot z} = 3037.02\ mm^2$ Nødvendig armering

$A_{s.innlagt} := 785\ mm^2$ Innlagt armering

$A_{s.ekstra} := A_s - A_{s.innlagt} = 2252.02\ mm^2$ Ekstra armering

$A_{s.ø} := \pi \cdot \left(\frac{ø}{2}\right)^2 = 314.16\ mm^2$ Tverrsnittsareal ø20

$n := \frac{A_{s.ekstra}}{A_{s.ø}} = 7.17$ Antall armeringsjern nødvendig per meter

$s := \frac{1000\ mm}{n} = 139.5\ mm$ Senteravstand

Ender opp med ø 20 s 135 i UK tverretning

Total armeringsmengde

$A_{s.tot} := A_{s.ø} \cdot \frac{1000\ mm}{135\ mm} + A_{s.innlagt} = 3112.11\ mm^2$ OK i henhold til nødvendig armering, minimums- og maksimumsarmering!

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armering **OK dekke**

Minimums- og maksimumsarmering

$ø := 25\ mm$ Bøylearmering = 8mm

$d := 250\ mm - 25\ mm - 12.5\ mm - 8\ mm = 204.5\ mm$

$$A_{s.min} := \begin{bmatrix} 0.26 \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) b_t \cdot d \\ 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 340.29 \\ 265.85 \end{bmatrix} mm^2$$

$A_{s.min} := 340.29\ mm^2$ Minimumsarmering per meter

$A_{s.max} := 0.04\ A_c = 10000\ mm^2$ Maksimumsarmering per meter

$A_{s.min}Tverr := 20\% \cdot A_{s.min} = 68.06\ mm^2$ Minimumsarmering i tverretning per meter

Dimensjonerende Moment og kapasitet

$K := 0.275$

$M_{Rd} := K \cdot f_{cd} \cdot b_t \cdot d^2$

$M_{Rd} = 228\ kN \cdot m$ Dimensjonerende momentkapasitet

$M_{Ed} := 360\ kN \cdot m$ Dimensjonerende moment

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \cdot 100 = 157.83$$

$M_{Ed} > M_{Rd}$ Tverrsnittet er 157.83% utnyttet, må legge inn trykkarmering

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armeringsareal med ø25

$ø := 25\ mm$

$c := 0.17$

$z := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right) \cdot d = 149.63\ mm$ Indre momentarm

$A_{s1} := \frac{M_{Rd}}{f_{yd} \cdot z} = 3506.08\ mm^2$ Strekkarmering

$\Delta M_{Ed} := M_{Ed} - M_{Rd} = 131.91\ kN \cdot m$

$h' := d - 25\ mm - 12.5\ mm - 8\ mm = 159\ mm$

$A_{s2} := \frac{\Delta M_{Ed}}{f_{yd} \cdot h'} = 1908.07\ mm^2$ Tilleggsarmering

Nødvendig armeringsareal strekksiden, OK dekke

$A_s := A_{s1} + A_{s2} = 5414.15\ mm^2$

$A_{s.innlagt} := 335\ mm^2$ Innlagt armering

$A_{s.ekstra} := A_s - A_{s.innlagt} = 5079.15\ mm^2$ Ekstra armering

$A_{s.ø} := \pi \cdot \left(\frac{ø}{2}\right)^2 = 490.87\ mm^2$ Tverrsnittsareal ø25

$n := \frac{A_{s.ekstra}}{A_{s.ø}} = 10.35$ Antall armeringsjern nødvendig per meter

$s := \frac{1000\ mm}{n} = 96.64\ mm$ Senteravstand

$A_{s.tot} := A_{s.ø} \cdot \frac{1000\ mm}{95\ mm} + A_{s.innlagt} = 5502.09\ mm^2$

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Nødvendig armeringsareal trykksiden, UK dekke

$ø := 16\ mm$

$A_s' := A_{s2} = 1908.07\ mm^2$

$A_{s.innlagt}' := 785\ mm^2$

$A_{s.ekstra}' := A_{s2} - A_{s.innlagt}' = 1123.07\ mm^2$

$A_{s.ø}' := \pi \cdot \left(\frac{ø}{2}\right)^2 = 201.06\ mm^2$ Tverrsnittsareal ø25

$n := \frac{A_{s.ekstra}'}{A_{s.ø}'} = 5.59$ Antall armeringsjern nødvendig per meter

$s := \frac{1000\ mm}{n} = 179.03\ mm$ Senteravstand

Ender opp med ø 20 s 170 i OK tverretning

$A_{s.tot}' := A_{s.ø}' \cdot \frac{1000\ mm}{175\ mm} + A_{s.innlagt} = 1483.93\ mm^2$

Total armeringsmengde for strekk og trykksone

$A_{s.tot} := A_{s.tot} + A_{s.tot}' = 6986.02\ mm^2$ OK i henhold til nødvendig armering, minimums- og maksimumsarmering!

Sjekker at trykkarmeringen flyter:

$\varepsilon_{yd} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00217$

$\varepsilon_s' := \frac{d \cdot \alpha - c_{nom}}{d \cdot \alpha} \cdot \varepsilon_{cu2} = 0.00246$ OK, trykkarmeringen flyter

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

D2 - Armering for skjær

Skjærstrekkapasitet

$V_{Ed} := 336\ kN$

$V_{Ed.red} := V_{Ed} - \boxed{\Delta V_{Ed}}$

$V_{Ed.red} := V_{Ed} - 0.9 \cdot d \cdot 94.5\ \frac{kN}{m^2} \cdot b = 246.78\ kN$

$V_{Rd.c} := \left[\boxed{C_{Rd.c}} \cdot K \left(100\ \rho_1 \cdot f_{ck}\right)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot b \cdot d$

$V_{Rd.c.min} := \boxed{V_{min}} \cdot b \cdot d$

$C_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$

$K := 1 + \sqrt{\frac{200}{210}} = 1.98$ men ikke større enn 2

$\rho_1 := \frac{A_{s.tot}}{b_t \cdot d} = 0.03$ men ikke større enn 0.02

$V_{Rd.c} := \left[0.12 \cdot 1.98 \cdot \left(100 \cdot 0.02 \cdot 35\right)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 5130 \cdot 204.5 = \left[1027282.27\right]$

$V_{Rd.c} := 1027.28\ kN$

$V_{Rd.c.min} := 0.035\ K^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \cdot b \cdot d$ minimum skjærstrekkapasitet

$V_{Rd.c.min} := 0.035\ K^{\frac{3}{2}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} \cdot 5130 \cdot 204.5 = 603337.35$

$V_{Rd.c.min} := 603.34\ kN$

$V_{Rd.c} = 1027.28\ kN$

$V_{Ed.red} = 246.78\ kN$

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

$V_{Ed.red} \leq V_{Rd.c}$ Tilstrekkelig skjærstrekkapasitet!

Skjærtrykkapasitet

$V_{Rd.max} := 0.5 \cdot b \cdot d \cdot \nu \cdot f_{cd}$

$\nu := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$

$\nu := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{35}{250}\right) = 0.52$

$V_{Rd.max} := 0.5 \cdot b \cdot d \cdot \nu \cdot f_{cd} = 5368.17\ kN$

$V_{Ed} = 336\ kN$

$V_{Ed} \leq V_{Rd.max}$ Tilstrekkelig skjærtrykkapasitet!

Skjærarmering, minimum

$\rho_w := \frac{A_{sw}}{s \cdot b \cdot sin\alpha}$

$\frac{A_{sw}}{s} = \rho_w \cdot b \cdot sin\alpha$

$\alpha := 90°$

$\sin(\alpha) = 1$

$\rho_{w.min} := \frac{\left(0.1\ \sqrt{f_{ck}}\right)}{f_{yk}}$

$\rho_{w.min} := \frac{\left(0.1\ \sqrt{35}\right)}{500} = 0.0012$

$A_{sw} := 0.001 \cdot 5130\ mm = 5.13\ mm$ Asw/s = 5.13 mm^2/mm

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

$$s := \frac{2 \cdot \pi \left(4 \cdot mm\right)^2}{5.13 \frac{mm^2}{mm}} = 19.6\ mm$$

$$s_{l.min} := max \begin{bmatrix} k_1 \cdot ø \\ d_g + k_2 \\ 20\ mm \end{bmatrix}$$

Minste senteravstand

$$s_{l.min} := \begin{bmatrix} 1 \cdot 25 \\ 32 + 5 \\ 20 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 25 \\ 37 \\ 20 \end{bmatrix}$$

$$s_{l.min} := 37\ mm$$

$$s_{l.max} := 0.6 \cdot h' = 95.4\ mm$$

Største senteravstand

Velger ø 8 s 40 for skjærarmering

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

D3 - Armering for Gjennomlokking

D3.1 - Søyle i akse E-2

Gjennomlokkingskapasitet ved kritisk snitt

$d_y := d = 204.5\ mm$ — Effektiv tykkelse av armeringsjern i retning y

$d_z := d_y$ — Antatt lik i retning z

$$d_{eff} := \frac{d_y + d_z}{2} = 204.5\ mm$$

$d := 204.5\ mm$

$c_1 := 1820\ mm$ — Bredden momentet virker om

$c_2 := 200\ mm$ — Bredde

$$\frac{c_1}{c_2} = 9.1$$

$k := 0.80$

$u_1 := 4\ \pi \cdot d + 2 \cdot c_1 + 2 \cdot c_2 = 6609.82\ mm$ — Omkrets kritisk snitt

$M_{Ed} := 162\ kN \cdot m$ — Dimensjonerende søylemoment

$V_{Ed} := 336\ kN$ — Dimensjonerende skjærkraft

$$W_1 := \left[\frac{c_1^{\ 2}}{2} + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1\right] = \left[5.191 \cdot 10^6\right]\ mm^2$$

$$\beta := 1 + k \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = [1.491]$$

$$V_{Ed} := \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_1 \cdot d_{eff}} = [0.371]\ MPa$$

$$V_{Rd.c} := \left[C_{Rd.c} \cdot K \left(100 \cdot \rho_{1.søyle} \cdot f_{ck}\right)^{\frac{1}{3}}\right]$$

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

$V_{Rd.c.min} := V_{min} \cdot b_t \cdot d$ minimum skjærstrekkapasitet

$C_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$

$K := 1 + \sqrt{\frac{200}{204.5}} = 1.99$ men ikke større enn 2

$\rho_{ly} := 5502\ mm^2$

$\rho_{lz} := \rho_{ly}$ Antatt lik i lengde og tverretning

$\rho_{1.søyle} := \frac{\sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}}}{1000 \cdot d} = 0.027\ mm$ men ikke større enn 0.02

$\rho_{1.søyle} := 0.02\ mm$

$V_{Rd.c} := \left(0.12 \cdot 1.99 \cdot (100 \cdot 0.02 \cdot 35)^{\frac{1}{3}}\right) = 0.984$

$V_{Rd.c.min} := 0.035\ K^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$

$V_{Rd.c.min} := 0.035\ K^{\frac{3}{2}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0.58$ Minimum skjærkraftkapasitet

$V_{Rd.c} := 0.984\ MPa$

$V_{Ed} = [0.371]\ MPa$

$V_{Ed} \le V_{Rd.c}$ Tilstrekkelig kapasitet ved kritisk snitt

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Gjennomlokkingskapasitet ved søylekant

$M_{Ed} := 162\ kN \cdot m$ Dimensjonerende søylemoment

$V_{Ed} := 336\ kN$ Dimensjonerende skjærkraft

$u_0 := 2 \cdot (c_1 + c_2) = 4040\ mm$ Omkrets søyle

$$V_{Ed} := \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = [0.606]\ MPa$$

$$V_{Rd.max} := 0.4 \cdot v \cdot f_{cd} \le \frac{1.6 \cdot V_{Rd.c} \cdot u_1}{\beta \cdot u_0} = ?$$

$$v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$

$$v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{35}{250}\right) = 0.516$$

$$V_{Rd.max} := 0.4 \cdot 0.516 \cdot f_{cd} = 4.094\ MPa$$

$$V_{Rd.max} := \frac{1.6 \cdot V_{Rd.c} \cdot u_1}{\beta \cdot u_0} = [1.728]\ MPa$$ <-- ikke større kapasitet enn

$$V_{Ed} = [0.606]\ MPa$$

$V_{Ed} \le V_{Rd.max}$ Tilstrekkelig kapasitet ved søylekant

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

D3.2 - Søyle i akse E-4

Gjennomlokkingskapasitet ved kritisk snitt

$d_y := d = 204.5\ mm$ — Effektiv tykkelse av armeringsjern i retning y

$d_z := d_y$ — Antatt lik i retning z

$$d_{eff} := \frac{d_y + d_z}{2} = 204.5\ mm$$

$d := 204.5\ mm$

$c_1 := 1000\ mm$

$c_2 := 200\ mm$

$$\frac{c_1}{c_2} = 5$$

$k := 0.80$

$u_1 := 4\ \pi \cdot d + 2 \cdot c_1 + 2 \cdot c_2 = 4969.82\ mm$ — Omkrets av kritisk snitt

$M_{Ed} := 162\ kN \cdot m$ — Dimensjonerende søylemoment

$V_{Ed} := 335\ kN$

$$W_1 := \left[\frac{c_1^{\ 2}}{2} + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1\right] = \left[2.818 \cdot 10^6\right]\ mm^2$$

$$\beta := 1 + k \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = [1.682]$$

$$V_{Ed} := \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_1 \cdot d_{eff}} = [0.555]\ MPa$$

$$V_{Rd.c} := \left[C_{Rd.c} \cdot K \left(100 \cdot \rho_{1.søyle} \cdot f_{ck}\right)^{\frac{1}{3}}\right]$$ — Betongkonstruksjoner 2.4.31

$V_{Rd.c.min} := V_{min} \cdot b_t \cdot d$ — minimum skjærstrekkapasitet

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

$$C_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$$

$$K := 1 + \sqrt{\frac{200}{204.5}} = 1.99$$

men ikke større enn 2

$$\rho_{ly} := 5502\ mm^2$$

$$\rho_{lz} := \rho_{ly}$$

Antatt lik i lengde og tverretning

$$\rho_{1.søyle} := \frac{\sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}}}{1000 \cdot d} = 0.027\ mm$$

men ikke større enn 0.02

$$\rho_{1.søyle} := 0.02\ mm$$

$$V_{Rd.c} := \left(0.12 \cdot 1.99 \cdot (100 \cdot 0.02 \cdot 35)^{\frac{1}{3}}\right) = 0.984$$

$$V_{Rd.c.min} := 0.035\ K^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{Rd.c.min} := 0.035\ K^{\frac{3}{2}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0.58$$

Minimum skjærkraftkapasitet

$$V_{Rd.c} := 0.984\ MPa$$

$$V_{Ed} = [0.555]\ MPa$$

$$V_{Ed} \le V_{Rd.c}$$

Tilstrekkelig kapasitet ved kritisk snitt

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Gjennomlokkingskapasitet ved søylekant

$M_{Ed} := 162\ kN \cdot m$ Dimensjonerende søylemoment

$V_{Ed} := 336\ kN$ Dimensjonerende skjærkraft

$u_0 := 2 \cdot (c_1 + c_2) = 2400\ mm$ Omkrets søyle

$$V_{Ed} := \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = [1.152]\ MPa$$

$$V_{Rd.max} := 0.4 \cdot v \cdot f_{cd} \le \frac{1.6 \cdot V_{Rd.c} \cdot u_1}{\beta \cdot u_0} = [0]$$

$$v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$

$$v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{35}{250}\right) = 0.516$$

$$V_{Rd.max} := 0.4 \cdot 0.516 \cdot f_{cd} = 4.094\ MPa$$

$$V_{Rd.max} := \frac{1.6 \cdot V_{Rd.c} \cdot u_1}{\beta \cdot u_0} = [1.938]\ MPa$$ <-- ikke større kapasitet enn

$$V_{Ed} = [1.152]\ MPa$$

$V_{Ed} \le V_{Rd.max}$ Tilstrekkelig kapasitet ved søylekant

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

E - Dimensjonering snitt, Bubbledeck

Nødvendig materialdata, B35:

$f_{ctm} := 3.2 \ \frac{N}{mm^2}$

$\alpha_{cc} := 0.85$

$f_{ck} := 35 \ \frac{N}{mm^2}$

$\gamma_c := 1.5$

$f_{cd} := f_{ck} \cdot \frac{\alpha_{cc}}{\gamma_c} = 19.83 \ \frac{N}{mm^2}$

Nødvendig materialdata, B500NC:

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

$\gamma_s := 1.25$

Bubbledeck bruker 1.25 som materialfaktor for stål i dimensjonering av BubbleDeck

$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400 \ \frac{N}{mm^2}$

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

E1.1 - Tykkelse lik 230 mm

Tverrsnittsdimensjoner:

$b_t := 1000\ mm$

$h := 230\ mm$

$A_c := h \cdot b_t = 230000\ mm^2$

Nødvendig materialdata, Bubbledeck 230:

$A := 80$ — Trykkblokkens høyde i % av trykksonenhøyde x

$B := 100$ — trykkspenning i % av betongens konstruksjonsfasthet fcn

$D := 180\ mm$ — Kulediameter, produktblad bubbledeck

$a := 100\ mm$ — halvparten av avstand kuler, produktblad bubbledeck

Nødvendig armering **UK dekke**

Minimums- og maksimumsarmering

$ø := 20\ mm$

$d := 230\ mm - 25\ mm - 10\ mm - 6\ mm = 189\ mm$

$$A_{s.min} := \begin{bmatrix} 0.26 \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) b_t \cdot d \\ 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 314.5 \\ 245.7 \end{bmatrix} mm^2$$

$A_{s.min} := 314.5\ mm^2$ — Minimumsarmering per meter

$A_{s.max} := 0.04\ A_c = 9200\ mm^2$ — Maksimumsarmering per meter

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Dimensjonerende Moment og kapasitet

$K := 0.275$

$M_{Rd} := K \cdot f_{cd} \cdot b_t \cdot d^2$

$M_{Rd} = 195\ kN \cdot m$ Dimensjonerende momentkapasitet ved fulltverrsnitt

$M_{Ed} := 194\ kN \cdot m$ Dimensjonerende moment

Kapasitet av trykksone over kuler

$c_o := h - d = 41\ mm$ avstand overkant dekke til topp kule. antatt at kulen ligger i sentrum

$T := \frac{A \cdot B}{10^4} \cdot f_{cd} \cdot 2\ a \cdot c_o = 130.107\ kN$

$M_{Rd} := T \cdot \frac{\left(d - \frac{c_o}{20}\right)}{2\ a} = 121.617\ \frac{kN \cdot m}{m}$ Ikke OK, gir trykkbrudd

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

E1.2 - Tykkelse lik 280 mm

Tverrsnittsdimensjoner:

$b_t := 1000\ mm$

$h := 280\ mm$

$A_c := h \cdot b_t = 280000\ mm^2$

Nødvendig materialdata, Bubbledeck 280:

$A := 80$ — Trykkblokkens høyde i % av trykksonenhøyde x

$B := 100$ — trykkspenning i % av betongens konstruksjonsfasthet fcn

$D := 225\ mm$ — Kulediameter, produktblad bubbledeck

$a := 125\ mm$ — halvparten av avstand kuler, produktblad bubbledeck

Nødvendig armering **UK dekke**

Minimums- og maksimumsarmering

$ø := 20\ mm$

$d := 280\ mm - 25\ mm - 10\ mm - 6\ mm = 239\ mm$

$$A_{s.min} := \begin{bmatrix} 0.26 \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) b_t \cdot d \\ 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 397.7 \\ 310.7 \end{bmatrix} mm^2$$

$A_{s.min} := 397.7\ mm^2$ — Minimumsarmering per meter

$A_{s.max} := 0.04\ A_c = 11200\ mm^2$ — Maksimumsarmering per meter

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

Dimensjonerende Moment og kapasitet

$K := 0.275$

$M_{Rd} := K \cdot f_{cd} \cdot b_t \cdot d^2$

$M_{Rd} = 312\ kN \cdot m$ Dimensjonerende momentkapasitet ved fulltverrsnitt

$M_{Ed} := 205\ kN \cdot m$ Dimensjonerende moment

Kapasitet av trykksone over kuler

$c_o := h - d = 41\ mm$ avstand overkant dekke til topp kule. antatt at kulen ligger i sentrum

$T := \frac{A \cdot B}{10^4} \cdot f_{cd} \cdot 2\ a \cdot c_o = 162.633\ kN$

$M_{Rd} := T \cdot \frac{\left(d - \frac{c_o}{20}\right)}{2\ a} = 154.144\ \frac{kN \cdot m}{m}$ Ikke OK, gir trykkbrudd

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

F - Søylekapasitet, HUP 150x100x10.0

Dimensjonerende aksialkraft

$N_{Ed} := 841\ kN$

Total aksialkraft som kommer med etasjene over

Tverrsnittsdimensjoner HUP150x100x10.0:

$h := 150\ mm$

$b := 100\ mm$

$t := 10\ mm$

$A := 4.493 \cdot 10^3\ mm^2$

$L := 2.480\ m$

Nødvendig materialdata, B500NC:

$f_y := 355\ \frac{N}{mm^2}$

$\gamma_{M0} := 1.05$

$f_d := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 338.1\ \frac{N}{mm^2}$

$\varepsilon_y := 0.81$

$E := 210 \cdot 10^3\ \frac{N}{mm^2}$

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

F1 - Tverrsnittsklassifisering

Tverrsnittsklassifisering HUP:

$C_f := b - 3 \cdot t = 70\ mm$

$\lambda_f := \frac{C_f}{t \cdot \varepsilon_y} = 8.64$

<u>Flens, rent trykk.</u>
mindre eller lik 33,
tverrsnittsklasse 1

$C_w := h - 3 \cdot t = 120\ mm$

$\lambda_w := \frac{C_w}{t \cdot \varepsilon_y} = 14.81$

<u>Steg, sentrisk trykk.</u>
mindre eller lik 33,
tverrsnittsklasse 1

<u>Steg, ren bøyning.</u>
Mindre eller lik 72,
tverrsnittsklasse 1

Dimensjonerer plastisk!

Treghetsmoment, plastisk. HUP:

$W_{y.pl} := 216.04 \cdot 10^3\ mm^3$

$W_{z.pl} := 161.23 \cdot 10^3\ mm^3$

$I_y := 12.8231 \cdot 10^6\ mm^4$

$I_z := 6.6539 \cdot 10^6\ mm^4$

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

F2 - Moment- og aksialkraftkapasiteter

Dimensjonerende aksialkraft

$N_{Ed} := 500\ kN$ Total aksialkraft som kommer med etasjene over

Aksialkraftkapasitet

$N_{c.Rd} := f_d \cdot A = 1519.06\ kN$ Mindre enn NEd, OK

Dimensjonerende moment

$M_{y.Ed.topp} := 4\ kN \cdot m$ Moment i toppen av søylen, sterk akse

$M_{y.Ed.bunn} := 4\ kN \cdot m$ Moment i bunn av søylen, sterk akse

$M_{y.Ed} := 4\ kN \cdot m$ Dimensjonerende moment, sterk akse

$M_{z.Ed.topp} := 4\ kN \cdot m$ Moment i toppen av søylen, svak akse

$M_{z.Ed.bunn} := 4\ kN \cdot m$ Moment i bunn av søylen, svak akse

$M_{z.Ed} := 4\ kN \cdot m$ Dimensjonerende moment, svak akse

Momentkapasitet

$M_{y.pl.Rd} := f_d \cdot W_{y.pl} = 73\ kN \cdot m$

$M_{z.pl.Rd} := f_d \cdot W_{z.pl} = 55\ kN \cdot m$

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

F3 - Knekkapasitet

$L_k := 0.5 \cdot L = 1.24\ m$ knekklengde

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{pL.Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y.Ed}}{M_{y.pL.Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z.Ed}}{M_{z.pL.Rd}} \le 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{pL.Rd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y.Ed}}{M_{y.pL.Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z.Ed}}{M_{z.pL.Rd}} \le 1$$

$\lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76.41$ Flyteslankhet

$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 53.423\ mm$ Treghetsradius

$\lambda_y := \frac{L_k}{i_y} = 23.211$ Slankhet

$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 38.483\ mm$ Treghetsradius

$\lambda_z := \frac{L_k}{i_z} = 32.222$ Slankhet

$\lambda_{y.rel} := \frac{L_k}{i_y \cdot \lambda_1} = 0.304$ Relativ slankhet

$\lambda_{z.rel} := \frac{L_k}{i_z \cdot \lambda_1} = 0.422$ Relativ slankhet

$\chi_y := 0.98$

$\chi_z := 0.95$

$\Psi := -0.5$

$C_{my} := 0.6 + 0.4 \cdot (\Psi) = 0.4$

$C_{mz} := 0.6 + 0.4 \cdot (\Psi) = 0.4$

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

$$k_{yy} := C_{my} \cdot \left(1 + \left(\lambda_{y.rel} - 0.2\right) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c.Rd}}\right) = 0.414$$

$$C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c.Rd}}\right) = 0.507$$ <-- men ikke mindre enn

$$k_{yy} := 0.507$$

$$k_{zy} := 0.6 \cdot k_{yy} = 0.304$$

$$k_{zz} := C_{mz} \cdot \left(1 + \left(\lambda_{z.rel} - 0.2\right) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{c.Rd}}\right) = 0.431$$

$$C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{c.Rd}}\right) = 0.511$$ <-- men ikke mindre enn

$$k_{zz} := 0.511$$

$$k_{yz} := 0.6 \cdot k_{zz} = 0.307$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c.Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y.Ed}}{M_{y.pl.Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z.Ed}}{M_{z.pl.Rd}} = 0.386$$ mindre eller lik 1, OK

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{c.Rd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y.Ed}}{M_{y.pl.Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z.Ed}}{M_{z.pl.Rd}} = 0.401$$ mindre eller lik 1, OK

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

F4 - Kapasitet i endepunkter

$$n := \frac{N_{Ed}}{N_{c.Rd}} = 0.329$$

$$a_w := \frac{(A - 2 \cdot b \cdot t)}{A} = 0.555$$ men ikke større enn 0.5

$$a_w := 0.50$$

$$a_f := \frac{(A - 2 \cdot h \cdot t)}{A} = 0.332$$ men ikke større enn 0.5

$$M_{N.y.Rd} := M_{y.pl.Rd} \cdot \frac{1 - n}{1 - 0.5\ a_w} = 65.334\ kN \cdot m$$

$$M_{N.z.Rd} := M_{z.pl.Rd} \cdot \frac{1 - n}{1 - 0.5\ a_f} = 43.855\ kN \cdot m$$

$$\alpha := \frac{1.66}{1 - 1.13\ n^2} = 1.892$$

$$\beta := \alpha$$

$$\left[\frac{M_{y.Ed.topp}}{M_{N.y.Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z.Ed.topp}}{M_{N.z.Rd}}\right]^{\beta} = [0.016]$$ mindre eller lik 1, OK.

$$\left[\frac{M_{y.Ed.bunn}}{M_{N.y.Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z.Ed.bunn}}{M_{N.z.Rd}}\right]^{\beta} = [0.016]$$ mindre eller lik 1, OK.

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.