Beräkning av centriskt belastad samverkanspelare av betongfyllt stålrör utan transversella laster enligt EN 1994–1–1

Exempel

Laster

Axialkraft $N_d := 1.56 \cdot MN$ Längd $L_c := 2.2 \cdot m$

Permanent lastandel $N_{dG} := 0.77 \cdot MN$

Geometri och material

Stålrör $d := 219.1 \cdot mm$ $t := 8 \cdot mm$ $f_y := 355 \cdot MPa$ $E_s := 210 \cdot GPa$

Betong C50 $f_{ck} := 50 \cdot MPa$ $f_{cd} := \dfrac{f_{ck}}{1.5} = 33.3\ MPa$ $E_{cm} := 35 \cdot GPa$

Kryptal $\varphi := 2$

Kontroll av lokal buckling

Gränsvärde för godstjocklek $\varepsilon := \dfrac{235 \cdot MPa}{f_y} = 0.7$ $t_{min} := \dfrac{d}{90 \cdot \varepsilon^2} = 5.6\ mm$

Vald profil kan användas

Tvärsnittsdata

$A_a := \dfrac{\pi}{4} \cdot \left(d^2 - (d - 2 \cdot t)^2\right) = 5306\ mm^2$ $I_a := \dfrac{\pi}{64} \cdot \left(d^4 - (d - 2 \cdot t)^4\right) = 0.00003\ m^4$

$A_c := \dfrac{\pi}{4} \cdot (d - 2 \cdot t)^2 = 32397\ mm^2$ $I_c := \dfrac{\pi}{64} \cdot (d - 2 \cdot t)^4 = 0.000084\ m^4$

Effektiv E–modul $E_{ceff} := E_{cm} \cdot \dfrac{1}{1 + \dfrac{N_{dG}}{N_d} \cdot \varphi} = 17.6\ GPa$

Effektiv böjstyvhet $EI_{eff} := E_s \cdot I_a + 0.6 \cdot E_{ceff} \cdot I_c = 7.1\ MN \cdot m^2$

Kritisk knäcklast $N_{cr} := \dfrac{\pi^2 \cdot EI_{eff}}{L_c^2} = 14.5\ MN$

$N_{plRk} := A_a \cdot f_y + 1.0 \cdot A_c \cdot f_{ck} = 3.5\ MN$

Slankhet $\lambda := \sqrt{\dfrac{N_{plRk}}{N_{cr}}} = 0.492$

För att få tillgodoräkna sig effekten av betongens inneslutning krävs att slankheten är mindre än 0.5 och att e/d<0.1.

$\eta_a := 0.25 \cdot (3 + 2 \cdot \lambda) = 0.996$

$\eta_c := 4.9 - 18.5 \cdot \lambda + 17 \cdot \lambda^2 = -8.7 \cdot 10^{-2}$ $\qquad \eta_c := 0$

$$N_{plRd} := \eta_a \cdot A_a \cdot f_y + A_c \cdot f_{cd} \cdot \left(1 + \eta_c \cdot \frac{t}{d} \cdot \frac{f_y}{f_{ck}}\right) = 2.96 \text{ MN}$$

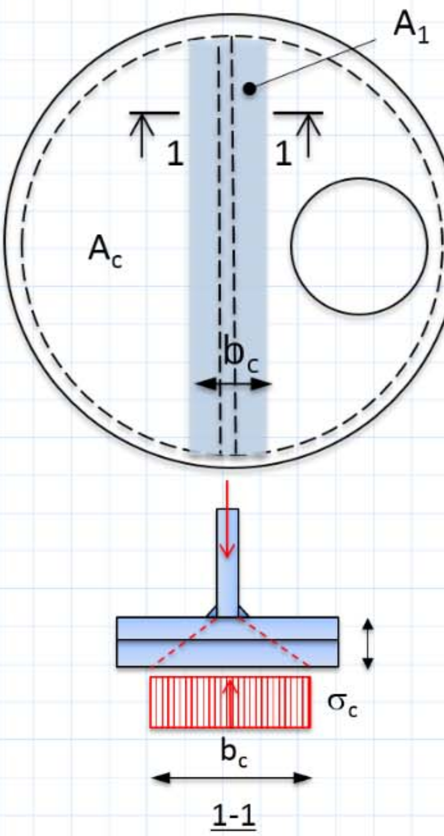
Knäckning enligt kurva a $\quad \phi := 0.5 \cdot (1 + 0.21 \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2) = 0.7$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0.93$$

$N_{bRd} := \chi \cdot N_{plRd} = 2.74 \text{ MN}$

Som jämförelse tål samma rör utan betongfyllning 1.7 MN så samverkan ökar bärförmågan med drygt 60%.

Lastinföring



Lasten förs in genom en topplåt som är 20 mm tjock och på topplåten ligger en balk med 10 mm tjock underfläns och liv som är 10 mm tjockt.

Topplåten förses med ett gjuthål som är ca 60 mm i diameter.

$t_e := 30 \text{ mm} \qquad t_s := 10 \text{ mm}$

$b_c := t_s + 5 \cdot t_e = 160 \text{ mm}$

Gjuthål $\qquad d_0 := 60 \text{ mm}$

Belastad area (ungefär) $A_1 := 0.8 \cdot b_c \cdot (d - 2 \cdot t) = 25996.8\ mm^2$

Om hela kraften förs in i betongen erhålls $\sigma_c := \frac{N_{bRd}}{A_1} = 105.4\ MPa$

$$A_c := \frac{\pi}{4} \cdot (d - 2 \cdot t)^2 = 32397\ mm^2 \qquad \eta_{cL} := 4.9$$

$$\sigma_{cRd} := f_{cd} \cdot \left(1 + \eta_{cL} \cdot \frac{t}{d} \cdot \frac{f_y}{f_{ck}}\right) \cdot \sqrt{\frac{A_c}{A_1}} = 84.5\ MPa$$

Vi räknar bort den kraft som förs in i röret direkt

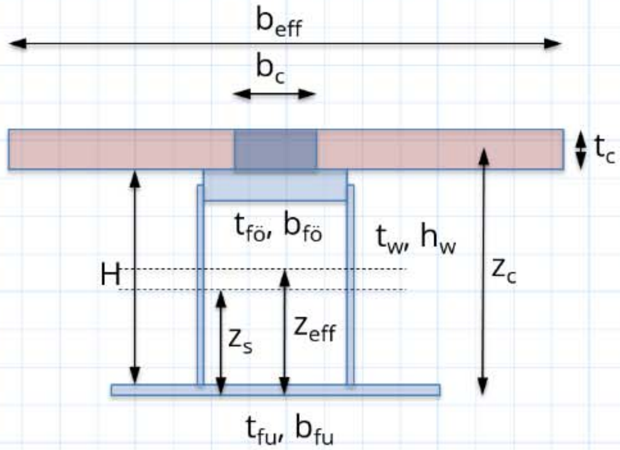
$$F_s := 2 \cdot b_c \cdot t \cdot f_y = 908.8\ kN$$

Nu blir spänningen $\sigma_c := \frac{N_{bRd} - F_s}{A_1} = 70.4\ MPa$

prefabsystem

Tvärsnittsdata för hattbalk

Indata



Systemets tvärsnittsdata

Balkhöjd $H := 250 \cdot mm$

Stålsort S355 $f_y := 355 \cdot MPa$

Överfläns $b_{fö} := 200 \cdot mm$ $t_{fö} := 20 \cdot mm$

Liv $t_w := 6 \cdot mm$ $h_w := H - 7\ mm$

Underfläns $b_{fu} := 440 \cdot mm$ $t_{fu} := 12 \cdot mm$

Elastisk spänningsfördelning

$$A_s := b_{fö} \cdot t_{fö} + 2 \cdot t_w \cdot h_w + b_{fu} \cdot t_{fu} = 12196\ mm^2$$

$$g := A_s \cdot 7850 \cdot \frac{kg}{m^3} = 95.7\ \frac{kg}{m}$$

$$z_s := \frac{b_{fö} \cdot t_{fö} \cdot \left(H + t_{fu} + \frac{t_{fö}}{2}\right) + 2 \cdot t_w \cdot h_w \cdot \left(\frac{h_w}{2} + t_{fu}\right) + b_{fu} \cdot \frac{t_{fu}^2}{2}}{A_s} = 123.7\ mm$$

$$I_s := b_{fö} \cdot t_{fö} \cdot \left(H + t_{fu} - \frac{t_{fö}}{2} - z_s\right)^2 + b_{fu} \cdot t_{fu} \cdot \left(z_s - \frac{t_{fu}}{2}\right)^2 + 2 \cdot t_w \cdot h_w \cdot \left(\frac{h_w}{2} + t_{fu} - z_s\right)^2$$

$$I_s = \left(1.39 \cdot 10^8\right)\ mm^4$$

Böjmotståndet räknas till den mest töjda fibern och den likställs med mittenplanen av respektive fläns, se 6.2.1 (9)

$$e_ö := H + t_{fu} - \frac{t_{fö}}{2} - z_s = 128.3\ mm$$

$$e_u := z_s - \frac{t_{fu}}{2} = 117.7\ mm$$

$$e_{min} := \max\left(e_ö, e_u\right) = 128.3\ mm$$

$$W_{el} := \frac{I_s}{e_{min}} = 1085750\ mm^3$$

Momentkapacitet $M_{el} := f_y \cdot W_{el} = 385.4\ kN \cdot m$

Plastisk spänningsfördelning

$$z_{pl} := \frac{b_{fö} \cdot t_{fö} - b_{fu} \cdot t_{fu}}{4 \cdot t_w} + t_{fu} + \frac{h_w}{2} = 80.2\ mm$$

$$W_{pl1} := b_{fö} \cdot t_{fö} \cdot \left(H + t_{fu} - \frac{t_{fö}}{2} - z_{pl}\right) + b_{fu} \cdot t_{fu} \cdot \left(z_{pl} - \frac{t_{fu}}{2}\right)$$

$$W_{pl2} := 2 \cdot t_w \cdot \frac{\left(h_w - z_{pl} + t_{fu}\right)^2}{2} + 2 \cdot t_w \cdot \frac{\left(z_{pl} - t_{fu}\right)^2}{2}$$

$$W_{pl} := W_{pl1} + W_{pl2} = 1290214\ mm^3$$

$$\eta := \frac{W_{pl}}{W_{el}} = 1.19$$

Momentkapacitet $M_{pl} := W_{pl} \cdot f_y = 458\ kN \cdot m$

Exempel med fritt upplagd balk

$E_s := 210\ GPa$ $E_{cm} := 30\ GPa$ Modulkvot $n := 2 \cdot \frac{E_s}{E_{cm}} = 14$ Se 5.4.2.2 (11)

$L_e := 7.2\ m$ $q_k := 3\ \frac{kN}{m^2}$ $\psi_1 := 0.7$ $g := 0.5\ \frac{kN}{m^2}$ $c := 6\ m$

$q_d := \left(\psi_1 \cdot q_k + g\right) \cdot c = 15.6\ \frac{kN}{m}$

$b_c := 2 \cdot \frac{L_e}{8} + b_{fö} = 2000\ mm$ $b_{eff} := \frac{b_c}{n} = 142.9\ mm$

$t_c := 40\ mm$

$z_c := H + t_{fu} + \frac{t_c}{2} = 282\ mm$

$z_{eff} := \frac{b_{eff} \cdot t_c \cdot z_c + A_s \cdot z_s}{b_{eff} \cdot t_c + A_s} = 174.2\ mm$

$I_{eff} := I_s + b_{eff} \cdot t_c \cdot \left(z_c - z_{eff}\right)^2 + A_s \cdot \left(z_{eff} - z_s\right)^2 = \left(2.4 \cdot 10^8\right)\ mm^4$

Styvheten ökar med $\frac{I_{eff}}{I_s} = 1.7$

Statiskt moment $S_c := b_{eff} \cdot t_c \cdot \left(z_c - z_{eff}\right) = 615865.1\ mm^3$

Tvärkraften är bara påförd egentyngd och nyttig last efter avjämning har gjorts

$V_{Ed} := q_d \cdot \frac{L_e}{2} = 56.2\ kN$

$\tau_{max} := \frac{S_c \cdot V_{Ed}}{I_{eff} \cdot b_{fö}} = 0.73\ MPa$