

Návrh a posúdenie prierezu namáhaného tlakom a ohybom:

Namáhanie tlakom a ohybom - prevládajúci tlak, II. Oblasť, časť 0, 1 k

Prierezové sily:

časť 0, 1 lomeného iteračného diagramu

$$M_{sd} = 100,00 \text{ kNm} \quad l_{eff} = 6,00 \text{ m}$$

$$N_{sd} = -5074,90 \text{ kN} \quad (\text{tlak}) \quad l_0 = l_{eff} = 6,00 \text{ m}$$

$$N_{sqp} = -2896,19 \text{ kN} \quad - \text{kvázi stála hodnota}$$

Materiálové charakteristiky:

Betón: C 40/50 $f_{ck} = 40,0 \text{ MPa}$ $\alpha_{cc} = 1,00$
 $\gamma_c = 1,50$

$$\eta = 1,0 \quad \lambda = 0,8 \quad f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 26,667 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 35000,0 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu,3} = 3,50 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,00 \text{ ‰}$$

Oceľ: 10505 (R) $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ $\gamma_s = 1,15$
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 434,783 \text{ MPa}$
 $E_s = 200000,0 \text{ MPa}$
 $\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17 \text{ ‰}$

Šírka dosky: $b = 1,000 \text{ m}$
 Hrúbka dosky: $h_d = 0,370 \text{ m}$

Polomer zotrvačnosti: $i = 0,2887 \cdot h_d = 0,1068 \text{ m}$
 Štíhlosť prvku: $\lambda = \frac{l_0}{i} = 56,17 > 25$
 - treba uvažovať teóriu II. rádu

Základná excentricita: $e_1 = \frac{M_{sd}}{N_{sd}} = 0,0197 \text{ m}$

Uhol odklonu od zvislice: $\theta_i = \theta_0 \cdot \alpha_h = \frac{1}{200} \cdot \frac{2}{\sqrt{l_{eff}}} = 0,0041$

Náhodná excentricita: $e_i = \theta_i \cdot \frac{l_0}{2} = 0,0122 \text{ m}$
 (imperfekcie)

Excentricita I. rádu: $e_0 = e_1 + e_i = 0,0320 \text{ m}$

Minimálna excentricita: $\min e_0 \geq \begin{cases} h_d / 30 = 0,0123 \text{ m} \\ 20 \text{ mm} = 0,0200 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \min e_0 = 0,0200 \text{ m}$

$$e_0 = 0,0320 \text{ m} > \min e_0 = 0,0200 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_0 = \mathbf{0,0320 \text{ m}}$$

Ohybové momenty I. rádu: $M_{0sd} = N_{sd} \cdot e_0 = 162,15 \text{ kNm}$
 $M_{0sqp} = N_{sqp} \cdot e_0 = 92,54 \text{ kNm}$

Predpoklad: $\phi_1 = 16 \text{ mm}$
 $\phi_2 = 16 \text{ mm}$

Krytie ťahovej výstuže: $c_{nom,1} = c_{min,1} + \Delta c_{dev}$

$c_{min,1} \geq$	}	$c_{min,b,1} = \phi_1$	= 16	⇒	$c_{min} = 45,0 \text{ mm}$
		d_g	= 16		
		$c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}$	= 45		
		10mm	= 10		

$\Delta c_{dev} = 5,0 \text{ mm}$

 $c_{nom} = 50,0 \text{ mm}$

Krytie tlakovej výstuže: $c_{nom,2} = c_{min,2} + \Delta c_{dev}$

$c_{min,2} \geq$	}	$c_{min,b,2} = \phi_2$	= 16	⇒	$c_{min} = 45,0 \text{ mm}$
		d_g	= 16		
		$c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}$	= 45		
		10mm	= 10		

$\Delta c_{dev} = 5,0 \text{ mm}$

 $c_{nom} = 50,0 \text{ mm}$

Vzdialenosť d_1 : $d_1 = c_{nom,1} + \phi_1 / 2 = 0,058 \text{ m}$
Vzdialenosť d_2 : $d_2 = c_{nom,2} + \phi_2 / 2 = 0,058 \text{ m}$
Účinná výška: $d = h_d - d_1 = 0,312 \text{ m}$
 $z_1 = h_d / 2 - d_1 = 0,127 \text{ m}$
 $z_2 = h_d / 2 - d_2 = 0,127 \text{ m}$

Základná hodnota krivosti: $\frac{1}{r_0} = \frac{\epsilon_{yd}}{0,45 \cdot d} = 0,0154837$

Prepoklad: $\omega = 0,20$
 $n_{bal} = 0,40$
 $n = \frac{N_{sd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0,5143$
 $n_u = 1 + \omega = 1,20$

Opravný súčiniteľ závislý na normálovej sile:

$$K_r = \frac{(n_u - n)}{(n_u - n_{bal})} = 0,8571 < 1,00 \text{ - vyhovuje}$$

$\implies K_r = 0,8571$

$\beta = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 = 0,1755$
Súčiniteľ dotvarovania: $\varphi = 3,00$

$$\varphi_{ef} = \varphi \cdot \frac{M_{0sqp}}{M_{0sd}} = 1,7121$$

Súčiniteľ zohľadňujúci dotvarovanie:

$$K_{\varphi} = 1 + \beta \cdot \varphi_{ef} = 1,3005 > 1,00 \text{ - vyhovuje}$$

$$\implies K_{\varphi} = 1,3005$$

Krivosť: $\frac{1}{r} = K_r \cdot K_{\varphi} \cdot \frac{1}{r_0} = 0,0173$

Excentricita II. rádu: $e_2 = \left(\frac{1}{r}\right) \cdot \frac{l_0^2}{8} = 0,0777 \text{ m}$

Celková excentricita: $e_{tot} = e_0 + e_2 = 0,1096 \text{ m}$

Ohybové momenty II. rádu:

$$M_{Ed} = N_{sd} \cdot (e_0 + e_2) = 556,29 \text{ kNm}$$

$$M_{Eqp} = N_{sqp} \cdot (e_0 + e_2) = 317,47 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = N_{sd} = -5074,90 \text{ kN}$$

$$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu,3}}{\varepsilon_{cu,3} + \varepsilon_{yd}} = 0,6169 \quad \xi_{bal,2} = \frac{\varepsilon_{cu,3}}{\varepsilon_{cu,3} - \varepsilon_{yd}} = 2,6393$$

$$x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d = 0,19246 \text{ m}$$

Rozhranie medzi tlakovým a ťahovým porušením:

$$N_{c,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} = 4105,8084 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 5074,90 \text{ kN} > N_{c,bal} = 4105,8084 \text{ kN}$$

$$\implies \text{- prevláda tlak, ide o prípad tlakového porušenia}$$

Prevládajúci tlak:

Ohybový moment od návrhového zaťaženia k ťažisku výstuže A_{s1} a A_{s2} :

$$M_{Ed1} = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_1 = 1200,805 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed2} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot z_2 = -88,2196 \text{ kNm}$$

Poloha neutrálnej osi: $x = \frac{d_2}{\lambda} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed2}}{b \cdot d_2^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}}\right) = 0,197378 \text{ m}$

Podmienka oblasti II:

$$x_{bal,1} < x < h / \lambda$$

$$x_{bal,1} = 0,1925 < x = 0,1974 < h_d / \lambda = 0,46 \text{ [m]}$$

$$0 < > x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 0,15 \text{ [m]}$$

- oblasť II - stačí navrhnúť iba tlakovú výstuž A_{s2}

Prevládajúci tlak - oblasť II:

Potrebná plocha tlakovej výstuže:

$$-N_{Ed} - \lambda \cdot b \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd}$$

$$A_{s2,req} = \frac{-N_{Ed} - \lambda \cdot b \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 1,99E-03 \text{ m}^2$$

Minimálna plocha výstuže:

$$A_{si,min} \geq \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,05 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} = 5,84E-04 \text{ m}^2 \\ 0,001 \cdot A_c = 3,70E-04 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow A_{si,min} = 5,84E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s2,req} = 1,99E-03 \text{ m}^2 > A_{si,min} = 5,84E-04 \text{ m}^2$$

- vyhovuje

Maximálna plocha výstuže:

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 1,48E-02 \text{ m}^2$$

$$A_{s2,req} = 1,99E-03 \text{ m}^2 < A_{s,max} = 1,48E-02 \text{ m}^2$$

- vyhovuje

Symetrická výstuž

Návrh tlakovej výstuže:

2	ϕR	28	/m' →
$A_{s2} = 1,23E-03 \text{ m}^2$			>

$$A_{si,min} = 5,84E-04 \text{ m}^2$$

$$< A_{s,max} = 1,48E-02 \text{ m}^2$$

Návrh ťahovej výstuže z minimálneho stupňa vystuženia (konštrukčná):

2	ϕR	28	
$A_{s1} = 1,23E-03 \text{ m}^2$			>

$$A_{si,min} = 5,84E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} + A_{s2} = 2,46E-03 \text{ m}^2 < A_{s,max} = 1,48E-02 \text{ m}^2$$

Posúdenie prierezu:

$$N_{Ed} = -5074,90 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 556,29 \text{ kNm}$$

$$\phi_1 = 28 \text{ mm} \quad \phi_2 = 28 \text{ mm}$$

$$b = 1,00 \text{ m} \quad h_d = 0,370 \text{ m}$$

Krytie ťahovej výstuže:

$$c_{nom,1} = c_{min,1} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min,1} \geq \left\{ \begin{array}{l} c_{min,b,1} = \phi_1 = 28 \\ d_g = 16 \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} = 45 \\ 10 \text{ mm} = 10 \end{array} \right\} \Rightarrow c_{min} = 45,0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 5,0 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 50,0 \text{ mm}$$

Krytie tlakovej výstuže:

$$c_{nom,2} = c_{min,2} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min,2} \geq \left\{ \begin{array}{l} c_{min,b,2} = \phi_2 = 28 \\ d_g = 16 \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} = 45 \end{array} \right\} \Rightarrow c_{min} = 45,0 \text{ mm}$$

$$\sqrt{\frac{c_{\text{min,dur}} + c_{\text{dur},\gamma} + c_{\text{dur,st}} + c_{\text{dur,add}}}{10\text{mm}}} = 10$$

$$\frac{\Delta c_{\text{dev}}}{c_{\text{nom}}} = \frac{5,0 \text{ mm}}{50,0 \text{ mm}}$$

Vzdialenosť d_1 : $d_1 = c_{\text{nom},1} + \phi_1 / 2 = 0,064 \text{ m}$

Vzdialenosť d_2 : $d_2 = c_{\text{nom},2} + \phi_2 / 2 = 0,064 \text{ m}$

Účinná výška: $d = h_d - d_1 = 0,306 \text{ m}$

$$z_1 = h_d / 2 - d_1 = 0,121 \text{ m}$$

$$z_2 = h_d / 2 - d_2 = 0,121 \text{ m}$$

Rozhranie medzi tlakovým a ťahovým porušením:

$$N_{\text{Rd,bal}} = \lambda \cdot \xi_{\text{bal},1} \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{\text{cd}} + (A_{s2} - A_{s1}) \cdot f_{\text{yd}} = 4026,85 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Ed}} = 5074,90 \text{ kN} > N_{\text{Rd,bal}} = 4026,85 \text{ kN}$$

- prevláda tlak, ide o prípad tlakového porušenia

Prevládajúci tlak:

$$\sigma_s = \varepsilon_{c2} \cdot E_s = 400,00 \text{ MPa}$$

$$N_{\text{Rd0}} = b \cdot h \cdot \eta \cdot f_{\text{cd}} + (A_{s1} + A_{s2}) \cdot \sigma_s = 10851,87 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Rd1}} = b \cdot \lambda \cdot d \cdot \eta \cdot f_{\text{cd}} + A_{s2} \cdot f_{\text{yd}} = 7063,44 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Ed}} = 5074,90 \text{ kN} < N_{\text{Rd0}} = 10851,87 \text{ kN}$$

$$< N_{\text{Rd1}} = 7063,44 \text{ kN}$$

$$> N_{\text{Rd,bal}} = 4026,85 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Rd0}} > N_{\text{Ed}} > N_{\text{Rd1}} \Rightarrow \text{prevládajúci tlak, medzi bodmi 0, 1}$$

$$N_{\text{Rd1}} > N_{\text{Ed}} > N_{\text{Rd,bal}} \Rightarrow \text{prevládajúci tlak, medzi bodmi 1, 2}$$

POZOR, niečo je zlé!!!

POZOR, Nachádzame sa v časti 1, 2 - treba použiť iný postup!!!

Prevládajúci tlak - oblasť 0, 1:

$$M_{\text{Rd0}} = (A_{s2} \cdot z_2 - A_{s1} \cdot z_1) \cdot \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{Rd1}} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{\text{cd}} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot d) + A_{s2} \cdot f_{\text{yd}} \cdot z_2 = 473,44 \text{ kNm}$$

Moment únosnosti:

$$M_{\text{Rd}} = M_{\text{Rd0}} + \frac{M_{\text{Rd1}} - M_{\text{Rd0}}}{N_{\text{Rd0}} - N_{\text{Rd1}}} \cdot (N_{\text{Rd0}} + N_{\text{Ed}}) = 1990,3689 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{Rd}} = 1990,3689 \text{ kNm} > M_{\text{Ed}} = 556,29 \text{ kNm}$$

- vyhovuje

omeného iteračného diagramu