

Návrh a posúdenie prierezu namáhaného tlakom a ohybom:

Namáhanie ťahom a ohybom VE - prevládajúci ťah, III. Oblasť

Prierezové sily:

$$M_{sd} = 12,53 \text{ kNm} \quad l_{eff} = 6,00 \text{ m}$$

$$N_{sd} = 198,68 \text{ kN} \quad (\text{tlak}) \quad I_0 = I_{eff} = 6,00 \text{ m}$$

$$N_{sqp} = 148,51 \text{ kN} \quad - \text{kvázi stála hodnota}$$

Materiálové charakteristiky:

Betón: C 40/50

$$f_{ck} = 40,0 \text{ MPa} \quad \alpha_{cc} = 1,00$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 26,667 \text{ MPa} \quad \gamma_c = 1,50$$

$$\eta = 1,0 \quad f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8 \quad E_{cm} = 35000,0 \text{ MPa}$$

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

Oceľ: 10505 (R)

$$f_{yk} = 490,0 \text{ MPa} \quad \gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 426,087 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200000,0 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,13 \text{ ‰}$$

Šírka dosky: $b = 1,000 \text{ m}$

Hrúbka dosky: $h_d = 0,350 \text{ m}$

Základná excentricita: $e_1 = \frac{M_{sd}}{N_{sd}} = 0,0631 \text{ m}$

Predpoklad:

$$\phi_1 = 22 \text{ mm}$$

$$\phi_2 = 22 \text{ mm}$$

Krytie ťahovej výstuže:

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

$$c_{min,1} \geq \begin{cases} c_{min,b,1} = \phi_1 & = 22 \\ d_g & = 16 \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} & = 35 \\ 10\text{mm} & = 10 \end{cases} \Rightarrow c_{min} = 35,0 \text{ mm}$$

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

$$c_{nom} = 40,0 \text{ mm}$$

Krytie tlakovej výstuže:

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

$$c_{min,2} \geq \begin{cases} c_{min,b,2} = \phi_2 & = 22 \\ d_g & = 16 \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} & = 35 \\ 10\text{mm} & = 10 \end{cases} \Rightarrow c_{min} = 35,0 \text{ mm}$$

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

$$c_{nom} = 40,0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Vzdialenosť } d_1: & \quad d_1 = c_{\text{nom},1} + \phi_1 / 2 = 0,051 \text{ m} \\ \text{Vzdialenosť } d_2: & \quad d_2 = c_{\text{nom},2} + \phi_2 / 2 = 0,051 \text{ m} \\ \text{Účinná výška:} & \quad d = h_d - d_1 = 0,299 \text{ m} \\ & \quad z_1 = h_d / 2 - d_1 = 0,124 \text{ m} \\ & \quad z_2 = h_d / 2 - d_2 = 0,124 \text{ m} \end{aligned}$$

Uvažované prierezové sily:

$$\begin{aligned} M_{Ed} = M_{sd} &= 12,53 \text{ kNm} \\ N_{Ed} = N_{sd} &= 198,68 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \xi_{\text{bal},1} &= \frac{\varepsilon_{\text{cu},3}}{\varepsilon_{\text{cu},3} + \varepsilon_{\text{yd}}} = 0,6216 & \quad \xi_{\text{bal},2} &= \frac{\varepsilon_{\text{cu},3}}{\varepsilon_{\text{cu},3} - \varepsilon_{\text{yd}}} = 2,5556 \\ x_{\text{bal},1} &= \xi_{\text{bal},1} \cdot d = 0,18586 \text{ m} \end{aligned}$$

Namáhanie ťahom:

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

$$\begin{aligned} M_{Ed1} &= M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_1 = -12,1063 \text{ kNm} \\ M_{Ed2} &= M_{Ed} + N_{Ed} \cdot z_2 = 37,16632 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\text{Poloha neutrálnej osi:} \quad x = \frac{d}{\lambda} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed1}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right) = -0,0019 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Podmienka oblasti III:} & \quad 0 < x \leq x_{\text{bal},1} \\ x_{\text{bal},1} = 0,1859 & > & \quad x = -0,0019 & < & \quad h_d / \lambda = 0,44 \text{ [m]} \\ & & & & < & \quad x_{\text{bal},2} = \xi_{\text{bal},2} \cdot d_2 = 0,13 \text{ [m]} \end{aligned}$$

POZOR, nie je to oblasť III - treba použiť iný postup

POZOR, nie je to oblasť III ale oblasť V - treba použiť iný postup

Prevládajúci ťah - oblasť III: - predpokladáme, že betón nepôsobí

Potrebná plocha ťahovej výstuže:

$$A_{s1,\text{req}} = \frac{N_{Ed} + \lambda \cdot b \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 3,72\text{E-}04 \text{ m}^2$$

Minimálna plocha ťahovej výstuže:

$$A_{s1,\text{min}} \geq \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 5,55\text{E-}04 \text{ m}^2 \\ 0,0013 \cdot A_c = 4,55\text{E-}04 \text{ m}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow A_{s1,\text{min}} = 5,55\text{E-}04 \text{ m}^2$$

$$A_{s1,\text{req}} = 3,72\text{E-}04 \text{ m}^2 < A_{s1,\text{min}} = 5,55\text{E-}04 \text{ m}^2$$

- nevyhovuje ==> $A_{s1,\text{req}} = 5,55\text{E-}04 \text{ m}^2$

Minimálna plocha tlakovej výstuže:

$$A_{s2,\text{min}} = 0,001 \cdot A_c = 3,50\text{E-}04 \text{ m}^2$$

Maximálna plocha výstuže:

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 1,40E-02 \text{ m}^2$$

$$A_{s1,req} = 3,72E-04 \text{ m}^2 < A_{s,max} = 1,40E-02 \text{ m}^2$$

- vyhovuje

Symetrická výstuž

Návrh tlakovej výstuže z minimálneho stupňa vystuženia (konštrukčná):

12	ϕR	16	/m ² →		
$A_{s2} = 2,41E-03 \text{ m}^2$				>	$A_{s2,min} = 3,50E-04 \text{ m}^2$
				<	$A_{s,max} = 1,40E-02 \text{ m}^2$

Návrh ťahovej výstuže:

12	ϕR	16	/m ² →		
$A_{s1} = 2,41E-03 \text{ m}^2$				>	$A_{s1,min} = 5,55E-04 \text{ m}^2$
$A_{s1} + A_{s2} = 4,83E-03 \text{ m}^2$				<	$A_{s,max} = 1,40E-02 \text{ m}^2$

Posúdenie prierezu:

$N_{Ed} =$	198,68 kN	$M_{Ed} =$	12,53 kNm
$\phi_1 =$	16 mm	$\phi_2 =$	16 mm
$b =$	1,00 m	$h_d =$	0,350 m

Krytie ťahovej výstuže:

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

$c_{min,1} \geq$	$\left\{ \begin{array}{l} c_{min,b,1} = \phi_1 \\ d_g \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \\ 10\text{mm} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} = 16 \\ = 16 \\ = 35 \\ = 10 \end{array} \right.$	}	$\Rightarrow c_{min} = 35,0 \text{ mm}$
				$\frac{\Delta c_{dev} = 5,0 \text{ mm}}{c_{nom} = 40,0 \text{ mm}}$

Krytie tlakovej výstuže:

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

$c_{min,2} \geq$	$\left\{ \begin{array}{l} c_{min,b,2} = \phi_2 \\ d_g \\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \\ 10\text{mm} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} = 16 \\ = 16 \\ = 35 \\ = 10 \end{array} \right.$	}	$\Rightarrow c_{min} = 35,0 \text{ mm}$
				$\frac{\Delta c_{dev} = 5,0 \text{ mm}}{c_{nom} = 40,0 \text{ mm}}$

Vzdialenosť d_1 : $d_1 = c_{nom,1} + \phi_1 / 2 = 0,048 \text{ m}$

Vzdialenosť d_2 : $d_2 = c_{nom,2} + \phi_2 / 2 = 0,048 \text{ m}$

Účinná výška: $d = h_d - d_1 = 0,302 \text{ m}$

$z_1 = h_d / 2 - d_1 = 0,127 \text{ m}$

$z_2 = h_d / 2 - d_2 = 0,127 \text{ m}$

Mimostredný ťah:

Stanovíme súradnice bodu 4:

$$N_{Rdt,bal} = A_{s1} \cdot f_{yd} = 1028,04 \text{ kN}$$
$$M_{Rdt,bal} = A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_1 = 130,56 \text{ kNm}$$

Podmienka:

$$N_{Ed} = 198,68 \text{ kN} < N_{Rdt,bal} = 1028,04 \text{ kN}$$

- jedná sa o ťah s pôsobiacim tlačným betónom

Ťah s pôsobiacim tlačným betónom - III. oblasť:

Predpoklad:

$$\sigma_{s1} = f_{yd} = 426,087 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{s2} = f_{yd} = 426,087 \text{ MPa}$$

Poloha neutrálnej osi:

$$x = \frac{-N_{Ed} - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot \sigma_{s1}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = -0,0093 \text{ m}$$

Overenie predpokladu:

$$x = -0,0093 < x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d = 0,1877 \text{ [m]}$$

- predpoklad splnený, ťahovú výstuž je možné započítať.

Overenie predpokladu:

$$x = -0,0093 < x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 0,1227 \text{ [m]}$$

POZOR, predpoklad nie je splnený. Hodnota x sa musí určiť iteračne.

POZOR, predpoklad nie je splnený. Hodnota x sa musí určiť iteračne.

Moment únosnosti:

$$M_{Rd} = \lambda \cdot b \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot x) + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot z_2 + A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_1 = 225,61 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 225,6126 \text{ kNm} > M_{Ed} = 12,53 \text{ kNm}$$

- vyhovuje