

## OHYBOVÁ A ŤAHOVÁ ODOLNOSŤ PRIEREZU ŽB MOSTOVKOVEJ DOSKY V POZDĹŽNOM SMERE V OSI MOSTA

### Kombinácia pre max M - MSÚ

Moment	(kNm/m)	$M_{Ed} =$	VI. tiaž	Ostatné zat.	Char. hod.	$\gamma_F$	Návrh. hod.	
Normálová sila	(kN/m)	$N_{Ed} =$	1,90 +	89,83 =	91,73	<b>1,35</b>	= <b>123,84</b>	
			0,00 +	419,72 =	419,72	<b>1,35</b>	= <b>566,62</b>	
<b>Betón</b>		<b>C30/37</b>						
Char. valcová pevnosť v tlaku		$f_{ck} =$	30,0 MPa					
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu		$\gamma_c =$	1,5					
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov		$\alpha_{cc} =$	1,0					
Návrhová pevnosť v tlaku		$f_{cd} =$	20,00 MPa					
Char. pevnosť v ťahu		$f_{ctk, 0.05} =$	2,00					
Stredná pevnosť v ťahu		$f_{ctm} =$	2,90					
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov		$\alpha_{ct} =$	1,0					
Návrhová pevnosť v ťahu		$f_{ctd} =$	1,33 MPa					
Medzné pomerné pretvorenie v tlaku		$\varepsilon_{cu} =$	0,0035					
<b>Výstuž</b>		<b>B500B</b>		(10505 (R))				
Charakteristická medza klzu		$f_{yk} =$	500 MPa					
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu		$\gamma_s =$	1,15					
Návrhová medza klzu		$f_{yd} =$	434,78 MPa					
Modul pružnosti materiálu výstuže		$E_s =$	200000 MPa					
<b>Krytie</b>								
Predpokladaný priemer výstuže		$\phi =$	20 mm					
min. krytie vzhľadom na súdržnosť								
max. rozmer zrna kameniva			≤ 32 mm		⇒	$c_{min,b} = 20$ mm		
min. krytie vzhľadom na trvanlivosť								
- stupeň prostredia			XC4 XD1		}	⇒ $c_{min,dur} = 40$ mm		
- návrhová životnosť			100 rokov					
- dosková konštrukcia (poloha výstuže neovplyvnená procesom výstavby)			áno					
- špeciálna kontrola kvality vyhotovenia			nie					
- trieda konštrukcie			S5					
príd. hodnota bezpečnosti prvku		$\Delta C_{dur,\gamma} =$	0 mm					
zníženie pri použití nehrdz. ocele		$\Delta C_{dur,st} =$	0 mm					
zníženie pri použití dopln. ochrany		$\Delta C_{dur,add} =$	0 mm					
min. krytie $c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10\text{ mm}\}$								$c_{min} = 40$ mm
tolerančné zväčšenie krytia		$\Delta C_{dev} =$	10 mm					
Nominálne krytie $c_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev}$		$c_{nom} =$	50 mm					
<b>Krytie (návrh)</b>		<b>c =</b>		<b>50 mm</b>				
Šírka prierezu		$b =$	1000 mm					
Výška prierezu		$h =$	250 mm					
		$d_1 =$	60 mm					
		$d_2 =$	60 mm					
Účinná výška prierezu		$d =$	190 mm					
Vzdial. výstuže $s_1$ od ťažiska prierezu		$z_{s1} =$	65 mm					
Vzdial. výstuže $s_2$ od ťažiska prierezu		$z_{s2} =$	65 mm					
		$z_s =$	130 mm					
Excentricita sily $N_{Ed}$ (k ťažisku prierezu)		$e =$	218,6 mm	> 65 mm	<b>Prevládajúci ohyb</b>			

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

<b>Návrh výstuže s<sub>1</sub></b>	<b>10</b>	<b>φ 20 mm</b>	(à 100 mm)
(od ohybu ťahaný okraj)	$A_{s1} = 3141,59 \text{ mm}^2$		

<b>Návrh výstuže s<sub>2</sub></b>	<b>10</b>	<b>φ 20 mm</b>	(à 100 mm)
(od ohybu tlačenej okraj)	$A_{s2} = 3141,59 \text{ mm}^2$		

Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctm} / f_{yk} \quad A_{s1,min} = 287 \text{ mm}^2 < 3141,59 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d \quad A_{s1,min} = 247 \text{ mm}^2 < 3141,59 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Maximálna plocha výstuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h \quad A_{s,max} = 10000 \text{ mm}^2 > 6283,19 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Sila vo výstuži  $F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} \quad F_{s1} = 1,366 \text{ MN}$

Poloha neutrálnej osi

$$\begin{aligned} 0,8x^2 \cdot b \cdot f_{cd} - (A_{s1} \cdot f_{yd} - \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} - N_{Ed}) \cdot x - d_2 \cdot \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} &= 0 \\ \left. \begin{aligned} 0,8 \cdot b \cdot f_{cd} &= 16,0000 \\ -(A_{s1} \cdot f_{yd} - \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} - N_{Ed}) &= 1,3998 \\ -d_2 \cdot \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} &= -0,1319 \end{aligned} \right\} x &= 57,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Limitná poloha neutrálnej osi:  $x_{lim} = 700d / (700 + f_{yd}) = 117,2 \text{ mm} > x \quad \text{vyhovuje}$

Pomerné pretvorenie vo výstuži s<sub>2</sub>

$$\varepsilon_{s2} = (x - d_2) / x \cdot \varepsilon_{cu} \quad \varepsilon_{s2} = -0,00018 < 0 \Rightarrow \text{ťah vo výstuži}$$

Sila vo výstuži  $F_{s2} = \varepsilon_{s2} \cdot E_s \cdot A_{s2} \quad F_{s2} = -0,114 \text{ MN} \quad (\text{ťah})$

Sila v tlačenej časti

$$F_c = b \cdot 0,8 \cdot x \cdot f_{cd} \quad F_c = 912,86 \text{ kN}$$

Rameno vnútorných síl  $z = d - 0,4 \cdot x \quad z = 167,2 \text{ mm}$

Moment odolnosti:

$$M_{Rd} = N_{Ed} \cdot z_{s1} + F_c \cdot (d - 0,4x) + \varepsilon_2 \cdot E_s \cdot A_{s2} \cdot z_s = 174,7 \text{ kNm}$$

<b>Moment odolnosti</b>	<b>M<sub>Rd</sub> = 174,7 kN</b>	<b>&gt;</b>	<b>M<sub>Ed</sub> = 123,8 kN</b>	<b>vyhovuje</b>
-------------------------	----------------------------------	-------------	----------------------------------	-----------------

## Kombinácia pre max M - MSP

			VI. tiaž	Ostat.zat'.	Char. hod.	$\gamma_F$	
Moment	(kNm/m)	$M_y =$	1,90 +	89,83 =	91,73	<b>1,00</b>	<b>91,73</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N =$	0,00 +	419,72 =	419,72	<b>1,00</b>	<b>419,72</b>

**Betón** **C30/37**

Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} =$	30 MPa
Stredná hodnota pevnosti v ťahu	$f_{ctm} =$	2,9 MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} =$	33000 MPa

**Pozdĺžna ťahová výstuž** **10**  $\phi$  **20 mm** **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Modul pružnosti	$E_s =$	200000 MPa

**Pozdĺžna výstuž v tlačenej zóne** **10**  $\phi$  **20 mm** **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Modul pružnosti	$E_s =$	200000 MPa

**Ideálny prierez bez trhlín**

Sírka prierezu	$b =$	1000 mm
Výška prierezu	$h =$	250 mm
Celková plocha prierezu	$A_c =$	250000,0 mm <sup>2</sup>
Plocha ťahovej výstuže	$A_{s1} =$	3142 mm <sup>2</sup>
Plocha tlakovej výstuže	$A_{s2} =$	3142 mm <sup>2</sup>
Krytie	$c =$	50 mm
	$d_1 =$	60 mm
	$d_2 =$	60 mm
Účinná výška prierezu	$d =$	190 mm
Pomer modulov $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e =$	6,06
Plocha ideálneho prierezu	$A_i =$	288079,9 mm <sup>2</sup>
Poloha neutrálnej osi (od ťah.okraja)	$z_1 =$	125,0 mm
Poloha neutrálnej osi (od tlač.okraja)	$z_2 =$	125,0 mm
Moment zotrvačnosti ideál. prierezu	$I_i =$	1,40E+09 mm <sup>4</sup>

**Napätie v horných vláknach betónu**  $\sigma_{cc,max} = -6,76 \text{ MPa} < 0,6f_{ck} = 18,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

**Napätie v dolných vláknach betónu**  $\sigma_{ct,max} = 9,67 \text{ MPa} > f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$  **nevyhovuje**

Predpokladá sa vznik trhlín

**Ideálny prierez s trhlinami**

Výpočet polohy neutrálnej osi (od tlač. okraja)			
excentricita norm. sily (od ťažiska)	$e =$	218,55 mm	
excentricita norm. sily (od tlač. okraja)	$e_0 =$	343,55 mm	
Koeficienty kubickej rovnice $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = 0$			
$A = 1$	$A =$	1	} $x =$ <b>51,9 mm</b>
$B = -3 \cdot e_0$	$B =$	-1030,7	
$C = -6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot (e_0 - d_2)]$	$C =$	-44589,5	
$D = 6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot d \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot d_2 \cdot (e_0 - d_2)]$	$D =$	4955772,8	

**Napätie v horných vláknach betónu**  $\sigma_{c,max} = -15,21 \text{ MPa} < 0,6f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

$$\sigma_{c,max} = N \cdot x / [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (d - x) + \alpha_e \cdot A_{s2} \cdot (d_2 - x) - 0,5 \cdot b \cdot x^2]$$

**Napätie v ťahovej výstuži**  $\sigma_s = 245,03 \text{ MPa} < 0,8f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot (d - x) / x \cdot \sigma_{c,max}$$

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## KONTROLA TRHLÍN

### Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

Plocha betónu v ťahovej oblasti

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$A_{ct} = 125000 \text{ mm}^2$$

Max. prípustné napätie vo výstuži

$$\sigma_s = 240,00 \text{ MPa}$$

$$(a_s = 100 \text{ mm } \phi = 20 \text{ mm})$$

Súčiniteľ vplyvu nerovnomerných

$$k = 1,000$$

samorovnovážnych napätí

Súčiniteľ rozdelenia napätí v priereze

tesne pred vznikom trhliny

$$k_c = 0,4 \cdot [1 - \sigma_c / (k_1 \cdot (h/h^*) \cdot f_{ct,eff})] \leq 1,0$$

$$k_c = 0,7474$$

stredná hodnota napätia v betóne

$$\sigma_c = N_{Ed} / (b \cdot h)$$

$$\sigma_c = -1,67888 \text{ MPa}$$

$$h^* = h \text{ pre } h < 1,0 \text{ m}$$

$$h^* = 250 \text{ mm}$$

$$h^* = 1,0 \text{ m pre } h > 1,0 \text{ m}$$

$$k_1 = 1,5 \text{ ak } N_{Ed} \text{ je tlaková sila}$$

$$k_1 = 0,666667$$

$$k_1 = 2h^*/3h \text{ ak } N_{Ed} \text{ je ťahová sila}$$

$$\text{Minimálna plocha ťahovej výstuže } A_{s,min} = 1128,82 \text{ mm}^2 < A_{s,1} = 3141,6 \text{ mm}^2 \text{ vyhovuje}$$

### Výpočet šírky trhlín

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Napätie v ťahovej výstuži

$$\sigma_s = 245,03 \text{ MPa}$$

(predpoklad - prierez s trhlinou)

Pomer modulov  $E_s/E_{cm}$

$$\alpha_e = 6,06$$

$$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 \cdot A_p') / A_{ceff}$$

$$\rho_{p,eff} = 0,047585$$

plocha ťahovej výstuže  $A_s$

$$A_s = 3142 \text{ mm}^2$$

plocha predpínacej výstuže  $A_p'$

$$A_p' = 0 \text{ mm}^2$$

účinná plocha v ťahu  $A_{ceff} = b \cdot h_{ceff}$

$$A_{ceff} = 66020,0 \text{ mm}^2$$

$$h_{ceff} = \min \{2,5(h-d); (h-x)/3; h/2\}$$

$$h_{ceff} = 66,0 \text{ mm}$$

súčiniteľ trvania zaťaženia

$$k_t = 0,6 \text{ (krátkodobé zaťaženie)}$$

Max. vzdialenosť susedných trhlín

$$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x)$$

$$\text{pre } a_s > 5 \cdot (c + \phi/2) = 300$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff}$$

$$\text{pre } a_s \leq 5 \cdot (c + \phi/2) = 300$$

$$k_1 = 0,8 \text{ (prúty s vysokou súdržnosťou)}$$

$$k_2 = 0,5 \text{ (ohyb)}$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$a_s = 100 \text{ mm} < 5 \cdot (c + \phi/2) = 300,0 \text{ mm}$$

$$s_{r,max} = 241,5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00099 > 0,6 \cdot \sigma_s / E_s = 0,000735$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000990$$

$$\text{Šírka trhliny } w_k = 0,24 \text{ mm} < w_{max} = 0,3 \text{ mm} \text{ vyhovuje}$$

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staveľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## Kombinácia pre max N - MSÚ

			VI. tiaž	Ostatné zat'	Char. hod.	$\gamma_F$	Návrh. hod.
Moment	(kNm/m)	$M_y =$	1,90 +	62,23 =	64,13	<b>1,35</b>	= <b>86,58</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N =$	0,00 +	449,06 =	449,06	<b>1,35</b>	= <b>606,23</b>

<b>Betón</b>	<b>C30/37</b>
--------------	---------------

Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} =$	30,0 MPa
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_c =$	1,5
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{cc} =$	1,0
Návrhová pevnosť v tlaku	$f_{cd} =$	20,00 MPa
Char. pevnosť v ťahu	$f_{ctk, 0.05} =$	2,00
Stredná pevnosť v ťahu	$f_{ctm} =$	2,90
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{ct} =$	1,0
Návrhová pevnosť v ťahu	$f_{ctd} =$	1,33 MPa
Medzné pomerné pretvorenie v tlaku	$\varepsilon_{cu} =$	0,0035

<b>Výstuž</b>	<b>B500B</b>	(10505 (R))
---------------	--------------	-------------

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_s =$	1,15
Návrhová medza klzu	$f_{yd} =$	434,78 MPa
Modul pružnosti materiálu výstuže	$E_s =$	200000 MPa

<b>Krytie</b>
---------------

Predpokladaný priemer výstuže	$\phi =$	20 mm	
min. krytie vzhľadom na súdržnosť			
max. rozmer zrna kameniva	$\leq$	32 mm	$\Rightarrow C_{min,b} = 20$ mm
min. krytie vzhľadom na trvanlivosť			
- stupeň prostredia		XC4 XD1	} $\Rightarrow C_{min,dur} = 40$ mm
- návrhová životnosť		100 rokov	
- dosková konštrukcia (poloha výstuže neovplyvnená procesom výstavby)		áno	
- špeciálna kontrola kvality vyhotovenia		nie	
- trieda konštrukcie		S5	
príd. hodnota bezpečnosti prvku	$\Delta C_{dur,\gamma} =$	0 mm	
zníženie pri použití nehrdz. ocele	$\Delta C_{dur,st} =$	0 mm	
zníženie pri použití dopln. ochrany	$\Delta C_{dur,add} =$	0 mm	
min. krytie $c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10\text{ mm}\}$			$C_{min} = 40$ mm
tolerančné zväčšenie krytia	$\Delta C_{dev} =$	10 mm	
Nominálne krytie $c_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev}$	$C_{nom} =$	50 mm	

<b>Krytie (návrh)</b>	<b>c =</b>	<b>50 mm</b>
-----------------------	------------	--------------

Šírka prierezu	$b =$	1000 mm
Výška prierezu	$h =$	250 mm
	$d_1 =$	60 mm
	$d_2 =$	60 mm
Účinná výška prierezu	$d =$	190 mm
Vzdial. výstuže $s_1$ od ťažiska prierezu	$z_{s1} =$	65 mm
Vzdial. výstuže $s_2$ od ťažiska prierezu	$z_{s2} =$	65 mm
	$z_s =$	130 mm
Excentricita sily $N_{Ed}$ (k ťažisku prierezu)	$e =$	142,8 mm > 65 mm

**Prevládajúci ohyb**

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

<b>Návrh výstuže s<sub>1</sub></b>	<b>10</b>	<b>φ 20 mm</b>	(à 100 mm)
(od ohybu ťahaný okraj)	$A_{s1} = 3141,59 \text{ mm}^2$		

<b>Návrh výstuže s<sub>2</sub></b>	<b>10</b>	<b>φ 20 mm</b>	(à 100 mm)
(od ohybu tlačenej okraj)	$A_{s2} = 3141,59 \text{ mm}^2$		

Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctm} / f_{yk} \quad A_{s1,min} = 287 \text{ mm}^2 < 3141,59 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d \quad A_{s1,min} = 247 \text{ mm}^2 < 3141,59 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Maximálna plocha výstuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h \quad A_{s,max} = 10000 \text{ mm}^2 > 6283,19 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Sila vo výstuži  $F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} \quad F_{s1} = 1,366 \text{ MN}$

Poloha neutrálnej osi

$$\begin{aligned} 0,8x^2 \cdot b \cdot f_{cd} - (A_{s1} \cdot f_{yd} - \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} - N_{Ed}) \cdot x - d_2 \cdot \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} &= 0 \\ \left. \begin{aligned} 0,8 \cdot b \cdot f_{cd} &= 16,0000 \\ -(A_{s1} \cdot f_{yd} - \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} - N_{Ed}) &= 1,4394 \\ -d_2 \cdot \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} &= -0,1319 \end{aligned} \right\} x &= 56,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Limitná poloha neutrálnej osi:  $x_{lim} = 700d / (700 + f_{yd}) = 117,2 \text{ mm} > x \quad \text{vyhovuje}$

Pomerné pretvorenie vo výstuži s<sub>2</sub>

$$\varepsilon_{s2} = (x - d_2) / x \cdot \varepsilon_{cu} \quad \varepsilon_{s2} = -0,00023 < 0 \Rightarrow \text{ťah vo výstuži}$$

Sila vo výstuži  $F_{s2} = \varepsilon_{s2} \cdot E_s \cdot A_{s2} \quad F_{s2} = -0,142 \text{ MN} \quad (\text{ťah})$

Sila v tlačenej časti

$$F_c = b \cdot 0,8 \cdot x \cdot f_{cd} \quad F_c = 901,75 \text{ kN}$$

Rameno vnútorných síl  $z = d - 0,4 \cdot x \quad z = 167,5 \text{ mm}$

Moment odolnosti:

$$M_{Rd} = N_{Ed} \cdot z_{s1} + F_c \cdot (d - 0,4x) + \varepsilon_2 \cdot E_s \cdot A_{s2} \cdot z_s = 171,9 \text{ kNm}$$

<b>Moment odolnosti</b>	<b>M<sub>Rd</sub> = 171,9 kN</b>	<b>&gt;</b>	<b>M<sub>Ed</sub> = 86,6 kN</b>	<b>vyhovuje</b>
-------------------------	----------------------------------	-------------	---------------------------------	-----------------

## Kombinácia pre max N - MSP

			VI. tiaž	Ostat.zat'.	Char. hod.	$\gamma_F$	
Moment	(kNm/m)	$M_y =$	1,90	+ 62,23	= 64,13	<b>1,00</b>	= <b>64,13</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N =$	0,00	+ 449,06	= 449,06	<b>1,00</b>	= <b>449,06</b>
<b>Betón</b>		<b>C30/37</b>					

Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} =$	30 MPa
Stredná hodnota pevnosti v ťahu	$f_{ctm} =$	2,9 MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} =$	33000 MPa

<b>Pozdĺžna ťahová výstuž</b>	<b>10</b>	<b><math>\phi</math> 20 mm</b>	<b>B500B</b>	(10505 (R))
-------------------------------	-----------	--------------------------------	--------------	-------------

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Modul pružnosti	$E_s =$	200000 MPa

<b>Pozdĺžna výstuž v tlačenej zóne</b>	<b>10</b>	<b><math>\phi</math> 20 mm</b>	<b>B500B</b>	(10505 (R))
--	-----------	--------------------------------	--------------	-------------

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Modul pružnosti	$E_s =$	200000 MPa

<b>Ideálny prierez bez trhlín</b>				
-----------------------------------	--	--	--	--

Sírka prierezu	$b =$	1000 mm
Výška prierezu	$h =$	250 mm
Celková plocha prierezu	$A_c =$	250000,0 mm <sup>2</sup>
Plocha ťahovej výstuže	$A_{s1} =$	3142 mm <sup>2</sup>
Plocha tlakovej výstuže	$A_{s2} =$	3142 mm <sup>2</sup>
Krytie	$c =$	50 mm
	$d_1 =$	60 mm
	$d_2 =$	60 mm
Účinná výška prierezu	$d =$	190 mm
Pomer modulov $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e =$	6,06
Plocha ideálneho prierezu	$A_i =$	288079,9 mm <sup>2</sup>
Poloha neutrálnej osi (od ťah.okraja)	$z_1 =$	125,0 mm
Poloha neutrálnej osi (od tlač.okraja)	$z_2 =$	125,0 mm
Moment zotrvačnosti ideál. prierezu	$I_i =$	1,40E+09 mm <sup>4</sup>

<b>Napätie v horných vláknach betónu</b>	$\sigma_{cc,max} =$	<b>-4,18 MPa</b>	<b>&lt;</b>	<b>0,6<math>f_{ck} =</math></b>	<b>18,00 MPa</b>	<b>vyhovuje</b>
--	---------------------	------------------	-------------	---------------------------------	------------------	-----------------

<b>Napätie v dolných vláknach betónu</b>	$\sigma_{ct,max} =$	<b>7,30 MPa</b>	<b>&gt;</b>	<b><math>f_{ctm} =</math></b>	<b>2,90 MPa</b>	<b>nevyhovuje</b>
--	---------------------	-----------------	-------------	-------------------------------	-----------------	-------------------

Predpokladá sa vznik trhlín

<b>Ideálny prierez s trhlinami</b>				
------------------------------------	--	--	--	--

Výpočet polohy neutrálnej osi (od tlač. okraja)				
excentricita norm. sily (od ťažiska)	$e =$	142,81 mm		
excentricita norm. sily (od tlač. okraja)	$e_0 =$	267,81 mm		
Koeficienty kubickej rovnice $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = 0$				
$A = 1$	$A =$	1	} $x =$	<b>45,5 mm</b>
$B = -3 \cdot e_0$	$B =$	-803,4		
$C = -6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot (e_0 - d_2)]$	$C =$	-28711,9		
$D = 6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot d \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot d_2 \cdot (e_0 - d_2)]$	$D =$	2878275,0		

<b>Napätie v horných vláknach betónu</b>	$\sigma_{c,max} =$	<b>-10,28 MPa</b>	<b>&lt;</b>	<b>0,6<math>f_{ck} =</math></b>	<b>30,00 MPa</b>	<b>vyhovuje</b>
--	--------------------	-------------------	-------------	---------------------------------	------------------	-----------------

$$\sigma_{c,max} = N \cdot x / [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (d - x) + \alpha_e \cdot A_{s2} \cdot (d_2 - x) - 0,5 \cdot b \cdot x^2]$$

<b>Napätie v ťahovej výstuži</b>	$\sigma_s =$	<b>197,61 MPa</b>	<b>&lt;</b>	<b>0,8<math>f_{yk} =</math></b>	<b>400,00 MPa</b>	<b>vyhovuje</b>
----------------------------------	--------------	-------------------	-------------	---------------------------------	-------------------	-----------------

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot (d - x) / x \cdot \sigma_{c,max}$$

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



## KONTROLA TRHLÍN

### Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

Plocha betónu v ťahovej oblasti

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$A_{ct} = 125000 \text{ mm}^2$$

Max. prípustné napätie vo výstuži

$$\sigma_s = 240,00 \text{ MPa}$$

$$(a_s = 100 \text{ mm } \phi = 20 \text{ mm})$$

Súčiniteľ vplyvu nerovnomerných

$$k = 1,000$$

samorovnovážených napätí

Súčiniteľ rozdelenia napätí v priereze

tesne pred vznikom trhliny

$$k_c = 0,4 \cdot [1 - \sigma_c / (k_1 \cdot (h/h^*) \cdot f_{ct,eff})] \leq 1,0$$

$$k_c = 0,7716$$

stredná hodnota napätia v betóne

$$\sigma_c = N_{Ed} / (b \cdot h)$$

$$\sigma_c = -1,79624 \text{ MPa}$$

$$h^* = h \text{ pre } h < 1,0 \text{ m}$$

$$h^* = 250 \text{ mm}$$

$$h^* = 1,0 \text{ m pre } h > 1,0 \text{ m}$$

$$k_1 = 1,5 \text{ ak } N_{Ed} \text{ je tlaková sila}$$

$$k_1 = 0,666667$$

$$k_1 = 2h^* / 3h \text{ ak } N_{Ed} \text{ je ťahová sila}$$

$$\text{Minimálna plocha ťahovej výstuže } A_{s,min} = 1165,49 \text{ mm}^2 < A_{s,1} = 3141,6 \text{ mm}^2 \text{ vyhovuje}$$

### Výpočet šírky trhlín

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Napätie v ťahovej výstuži

$$\sigma_s = 197,61 \text{ MPa}$$

(predpoklad - prierez s trhlinou)

Pomer modulov  $E_s/E_{cm}$

$$\alpha_e = 6,06$$

$$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 \cdot A_p') / A_{ceff}$$

$$\rho_{p,eff} = 0,046094$$

plocha ťahovej výstuže  $A_s$

$$A_s = 3142 \text{ mm}^2$$

plocha predpínacej výstuže  $A_p'$

$$A_p' = 0 \text{ mm}^2$$

účinná plocha v ťahu  $A_{ceff} = b \cdot h_{ceff}$

$$A_{ceff} = 68156,7 \text{ mm}^2$$

$$h_{ceff} = \min \{2,5(h-d); (h-x)/3; h/2\}$$

$$h_{ceff} = 68,2 \text{ mm}$$

súčiniteľ trvania zaťaženia

$$k_t = 0,6 \text{ (krátkodobé zaťaženie)}$$

Max. vzdialenosť susedných trhlín

$$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x)$$

$$\text{pre } a_s > 5 \cdot (c + \phi/2) = 300$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff}$$

$$\text{pre } a_s \leq 5 \cdot (c + \phi/2) = 300$$

$$k_1 = 0,8 \text{ (prúty s vysokou súdržnosťou)}$$

$$k_2 = 0,5 \text{ (ohyb)}$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$a_s = 100 \text{ mm} < 5 \cdot (c + \phi/2) = 300,0 \text{ mm}$$

$$s_{r,max} = 243,8 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000747 > 0,6 \cdot \sigma_s / E_s = 0,000593$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000747$$

### Šírka trhliny

$$w_k = 0,18 \text{ mm} < w_{max} = 0,3 \text{ mm} \text{ vyhovuje}$$

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



# OHYBOVÁ A ŤAHOVÁ ODOLNOSŤ PRIEREZU ŽB MOSTOVKOVEJ DOSKY V POZDĹŽNOM SMERE PRI NOSNÍKU

## Kombinácia pre max M - MSÚ

Moment	(kNm/m)	$M_y =$	VI. tiaž	Ostatné zať.	Char. hod.	$\gamma_F$	Návrh. hod.
			-7,37	+ 109,99	= 102,62	<b>1,35</b>	= <b>138,54</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N =$	0,00	+ 65,02	= 65,02	<b>1,35</b>	= <b>87,78</b>

### Betón **C30/37**

Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} =$	30,0 MPa
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_c =$	1,5
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{cc} =$	1,0
Návrhová pevnosť v tlaku	$f_{cd} =$	20,00 MPa
Char. pevnosť v ťahu	$f_{ctk, 0.05} =$	2,00
Stredná pevnosť v ťahu	$f_{ctm} =$	2,90
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{ct} =$	1,0
Návrhová pevnosť v ťahu	$f_{ctd} =$	1,33 MPa
Medzné pomerné pretvorenie v tlaku	$\epsilon_{cu} =$	0,0035

### Výstuž **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_s =$	1,15
Návrhová medza klzu	$f_{yd} =$	434,78 MPa
Modul pružnosti materiálu výstuže	$E_s =$	200000 MPa

### Krytie

Predpokladaný priemer výstuže	$\phi =$	20 mm	
min. krytie vzhľadom na súdržnosť			
max. rozmer zrna kameniva		$\leq 32$ mm	$\Rightarrow C_{min,b} = 20$ mm
min. krytie vzhľadom na trvanlivosť			
- stupeň prostredia		XC4 XD1	} $\Rightarrow C_{min,dur} = 40$ mm
- návrhová životnosť		100 rokov	
- dosková konštrukcia (poloha výstuže neovplyvnená procesom výstavby)		áno	
- špeciálna kontrola kvality vyhotovenia		nie	
- trieda konštrukcie		S5	
príd. hodnota bezpečnosti prvku	$\Delta C_{dur,\gamma} =$	0 mm	
zníženie pri použití nehrdz. ocele	$\Delta C_{dur,st} =$	0 mm	
zníženie pri použití dopln. ochrany	$\Delta C_{dur,add} =$	0 mm	
min. krytie $C_{min} = \max\{C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10\text{ mm}\}$			$C_{min} = 40$ mm
tolerančné zväčšenie krytia	$\Delta C_{dev} =$	10 mm	
Nominálne krytie $C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$	$C_{nom} =$	50 mm	

### Krytie (návrh) **c = 50 mm**

Šírka prierezu	$b =$	1000 mm
Výška prierezu	$h =$	250 mm
	$d_1 =$	60 mm
	$d_2 =$	60 mm
Účinná výška prierezu	$d =$	190 mm
Vzdial. výstuže $s_1$ od ťažiska prierezu	$z_{s1} =$	65 mm
Vzdial. výstuže $s_2$ od ťažiska prierezu	$z_{s2} =$	65 mm
	$z_s =$	130 mm
Excentricita sily $N_{Ed}$ (k ťažisku prierezu)	$e =$	1578,3 mm > 65 mm <b>Prevládajúci ohyb</b>

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

<b>Návrh výstuže <math>s_1</math></b>	<b>10</b>	<b><math>\phi</math> 20 mm</b>	<b>(à 100 mm)</b>
(od ohybu ťahaný okraj)	$A_{s1} =$	3141,59 mm <sup>2</sup>	

<b>Návrh výstuže <math>s_2</math></b>	<b>10</b>	<b><math>\phi</math> 20 mm</b>	<b>(à 100 mm)</b>
(od ohybu tlačenej okraj)	$A_{s2} =$	3141,59 mm <sup>2</sup>	

Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$$

$$A_{s1,min} = 287 \text{ mm}^2$$

$$< 3141,59 \text{ mm}^2$$

**vyhovuje**

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d$$

$$A_{s1,min} = 247 \text{ mm}^2$$

$$< 3141,59 \text{ mm}^2$$

**vyhovuje**

Maximálna plocha výstuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h$$

$$A_{s,max} = 10000 \text{ mm}^2$$

$$> 6283,19 \text{ mm}^2$$

**vyhovuje**

Sila vo výstuži  $F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd}$

$$F_{s1} = 1,366 \text{ MN}$$

Poloha neutrálnej osi

$$0,8x^2 \cdot b \cdot f_{cd} - (A_{s1} \cdot f_{yd} - \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} - N_{Ed}) \cdot x - d_2 \cdot \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} = 0$$

$$0,8 \cdot b \cdot f_{cd} = 16,0000$$

$$- (A_{s1} \cdot f_{yd} - \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} - N_{Ed}) = 0,9210$$

$$- d_2 \cdot \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} = -0,1319$$

$$x = 66,5 \text{ mm}$$

$$\text{Limitná poloha neutrálnej osi: } x_{lim} = 700d / (700 + f_{yd}) = 117,2 \text{ mm} > x$$

**vyhovuje**

Pomerné pretvorenie vo výstuži  $s_2$

$$\varepsilon_{s2} = (x - d_2) / x \cdot \varepsilon_{cu}$$

$$\varepsilon_{s2} = 0,00034 > 0$$

$\Rightarrow$  tlak vo výstuži

Sila vo výstuži  $F_{s2} = \varepsilon_{s2} \cdot E_s \cdot A_{s2}$

$$F_{s2} = 0,214 \text{ MN tlak}$$

Sila v tlačenej časti

$$F_c = b \cdot 0,8 \cdot x \cdot f_{cd}$$

$$F_c = 1063,71 \text{ kN}$$

Rameno vnútorných síl  $z = d - 0,4 \cdot x$

$$z = 163,4 \text{ mm}$$

Moment odolnosti:

$$M_{Rd} = N_{Ed} \cdot z_{s1} + F_c \cdot (d - 0,4x) + \varepsilon_2 \cdot E_s \cdot A_{s2} \cdot z_s = 207,4 \text{ kNm}$$

<b>Moment odolnosti</b>	<b><math>M_{Rd} =</math></b>	<b>207,4 kN</b>	<b>&gt;</b>	<b><math>M_{Ed} =</math></b>	<b>138,5 kN</b>	<b>vyhovuje</b>
-------------------------	------------------------------	-----------------	-------------	------------------------------	-----------------	-----------------

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staveľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## Kombinácia pre max M - MSP

Moment	(kNm/m)	$M_y$	VI. tiaž	Ostat.zat'.	Char. hod.	$\gamma_F$	
Moment	(kNm/m)	$M_y = -7,37 + 109,99 =$			102,62	<b>1,00</b>	<b>102,62</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N = 0,00 + 65,02 =$			65,02	<b>1,00</b>	<b>65,02</b>

**Betón** **C30/37**

Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} =$	30 MPa
Stredná hodnota pevnosti v ťahu	$f_{ctm} =$	2,9 MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} =$	33000 MPa

**Pozdĺžna ťahová výstuž** **10**  $\phi$  **20 mm** **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Modul pružnosti	$E_s =$	200000 MPa

**Pozdĺžna výstuž v tlačenej zóne** **10**  $\phi$  **20 mm** **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Modul pružnosti	$E_s =$	200000 MPa

**Ideálny prierez bez trhlín**

Sírka prierezu	$b =$	1000 mm
Výška prierezu	$h =$	250 mm
Celková plocha prierezu	$A_c =$	250000,0 mm <sup>2</sup>
Plocha ťahovej výstuže	$A_{s1} =$	3142 mm <sup>2</sup>
Plocha tlakovej výstuže	$A_{s2} =$	3142 mm <sup>2</sup>
Krytie	$c =$	50 mm
	$d_1 =$	60 mm
	$d_2 =$	60 mm
Účinná výška prierezu	$d =$	190 mm
Pomer modulov $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e =$	6,06
Plocha ideálneho prierezu	$A_i =$	288079,9 mm <sup>2</sup>
Poloha neutrálnej osi (od ťah.okraja)	$z_1 =$	125,0 mm
Poloha neutrálnej osi (od tlač.okraja)	$z_2 =$	125,0 mm
Moment zotrvačnosti ideál. prierezu	$I_i =$	1,40E+09 mm <sup>4</sup>

**Napätie v horných vláknach betónu**  $\sigma_{cc,max} = -8,96 \text{ MPa} < 0,6f_{ck} = 18,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

**Napätie v dolných vláknach betónu**  $\sigma_{ct,max} = 9,42 \text{ MPa} > f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$  **nevyhovuje**

Predpokladá sa vznik trhlín

**Ideálny prierez s trhlinami**

Výpočet polohy neutrálnej osi (od tlač. okraja)			
excentricita norm. sily (od ťažiska)	$e =$	1578,28 mm	
excentricita norm. sily (od tlač. okraja)	$e_0 =$	1703,28 mm	
Koeficienty kubickej rovnice $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = 0$			
$A = 1$	$A =$	1	} $x =$ <b>64,5 mm</b>
$B = -3 \cdot e_0$	$B =$	-5109,9	
$C = -6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot (e_0 - d_2)]$	$C =$	-329630,2	
$D = 6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot d \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot d_2 \cdot (e_0 - d_2)]$	$D =$	42251838,6	

**Napätie v horných vláknach betónu**  $\sigma_{c,max} = -18,75 \text{ MPa} < 0,6f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

$$\sigma_{c,max} = N \cdot x / [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (d - x) + \alpha_e \cdot A_{s2} \cdot (d_2 - x) - 0,5 \cdot b \cdot x^2]$$

**Napätie v ťahovej výstuži**  $\sigma_s = 221,07 \text{ MPa} < 0,8f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot (d - x) / x \cdot \sigma_{c,max}$$

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## KONTROLA TRHLÍN

### Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

Plocha betónu v ťahovej oblasti

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$A_{ct} = 125000 \text{ mm}^2$$

Max. prípustné napätie vo výstuži

$$\sigma_s = 240,00 \text{ MPa}$$

$$(a_s = 100 \text{ mm } \phi = 20 \text{ mm})$$

Súčiniteľ vplyvu nerovnomerných

$$k = 1,000$$

samorovnovážených napätí

Súčiniteľ rozdelenia napätí v priereze

tesne pred vznikom trhliny

$$k_c = 0,4 \cdot [1 - \sigma_c / (k_1 \cdot (h/h^*) \cdot f_{ct,eff})] \leq 1,0$$

$$k_c = 0,4538$$

stredná hodnota napätia v betóne

$$\sigma_c = N_{Ed} / (b \cdot h)$$

$$\sigma_c = -0,26008 \text{ MPa}$$

$$h^* = h \text{ pre } h < 1,0 \text{ m}$$

$$h^* = 250 \text{ mm}$$

$$h^* = 1,0 \text{ m pre } h > 1,0 \text{ m}$$

$$k_1 = 1,5 \text{ ak } N_{Ed} \text{ je tlaková sila}$$

$$k_1 = 0,666667$$

$$k_1 = 2h^* / 3h \text{ ak } N_{Ed} \text{ je ťahová sila}$$

<b>Minimálna plocha ťahovej výstuže</b>	<b><math>A_{s,min} = 685,44 \text{ mm}^2</math></b>	<b>&lt;</b>	<b><math>A_{s,1} = 3141,6 \text{ mm}^2</math></b>	<b>vyhovuje</b>
---	---	-------------	---	-----------------

### Výpočet šírky trhliny

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Napätie v ťahovej výstuži

$$\sigma_s = 221,07 \text{ MPa}$$

(predpoklad - prierez s trhlinou)

Pomer modulov  $E_s/E_{cm}$

$$\alpha_e = 6,06$$

$$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 \cdot A_p') / A_{ceff}$$

$$\rho_{p,eff} = 0,050807$$

plocha ťahovej výstuže  $A_s$

$$A_s = 3142 \text{ mm}^2$$

plocha predpínacej výstuže  $A_p'$

$$A_p' = 0 \text{ mm}^2$$

účinná plocha v ťahu  $A_{ceff} = b \cdot h_{ceff}$

$$A_{ceff} = 61833,3 \text{ mm}^2$$

$$h_{ceff} = \min \{2,5(h-d); (h-x)/3; h/2\}$$

$$h_{ceff} = 61,8 \text{ mm}$$

súčiniteľ trvania zaťaženia

$$k_t = 0,6 \text{ (krátkodobé zaťaženie)}$$

Max. vzdialenosť susedných trhlín

$$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x)$$

$$\text{pre } a_s > 5 \cdot (c + \phi / 2) = 300$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff}$$

$$\text{pre } a_s \leq 5 \cdot (c + \phi / 2) = 300$$

$$k_1 = 0,8 \text{ (prúty s vysokou súdržnosťou)}$$

$$k_2 = 0,5 \text{ (ohyb)}$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$a_s = 100 \text{ mm} < 5 \cdot (c + \phi / 2) = 300,0 \text{ mm}$$

$$s_{r,max} = 236,9 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000881 > 0,6 \cdot \sigma_s / E_s = 0,000663$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000881$$

### Šírka trhliny

<b><math>w_k = 0,21 \text{ mm}</math></b>	<b>&lt;</b>	<b><math>w_{max} = 0,3 \text{ mm}</math></b>	<b>vyhovuje</b>
---	-------------	--	-----------------

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## Kombinácia pre max N - MSÚ

			VI. tiaž	Ostatné zat.	Char. hod.	$\gamma_F$	Návrh. hod.
Moment	(kNm/m)	$M_y =$	-6,12	+ 32,55 =	26,43	<b>1,35</b>	= <b>35,68</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N =$	0,00	+ 565,91 =	565,91	<b>1,35</b>	= <b>763,98</b>

### Betón

			<b>C30/37</b>	
Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} =$		30,0 MPa	
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_c =$		1,5	
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{cc} =$		1,0	
Návrhová pevnosť v tlaku	$f_{cd} =$		20,00 MPa	
Char. pevnosť v ťahu	$f_{ctk, 0.05} =$		2,00	
Stredná pevnosť v ťahu	$f_{ctm} =$		2,90	
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{ct} =$		1,0	
Návrhová pevnosť v ťahu	$f_{ctd} =$		1,33 MPa	
Medzné pomerné pretvorenie v tlaku	$\varepsilon_{cu} =$		0,0035	

### Výstuž

			<b>B500B</b>	(10505 (R))
Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$		500 MPa	
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_s =$		1,15	
Návrhová medza klzu	$f_{yd} =$		434,78 MPa	
Modul pružnosti materiálu výstuže	$E_s =$		200000 MPa	

### Krytie

Predpokladaný priemer výstuže	$\phi =$		20 mm	
min. krytie vzhľadom na súdržnosť				
max. rozmer zrna kameniva			$\leq 32$ mm	$\Rightarrow C_{min,b} = 20$ mm
min. krytie vzhľadom na trvanlivosť				
- stupeň prostredia			XC4 XD1	} $\Rightarrow C_{min,dur} = 40$ mm
- návrhová životnosť			100 rokov	
- dosková konštrukcia (poloha výstuže neovplyvnená procesom výstavby)			áno	
- špeciálna kontrola kvality vyhotovenia			nie	
- trieda konštrukcie			S5	
príd. hodnota bezpečnosti prvku	$\Delta C_{dur,\gamma} =$		0 mm	
zníženie pri použití nehrdz. ocele	$\Delta C_{dur,st} =$		0 mm	
zníženie pri použití dopln. ochrany	$\Delta C_{dur,add} =$		0 mm	
min. krytie $c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10\text{ mm}\}$				$C_{min} = 40$ mm
tolerančné zväčšenie krytia	$\Delta C_{dev} =$		10 mm	
Nominálne krytie $c_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev}$	$c_{nom} =$		50 mm	

### Krytie (návrh)

	<b>c =</b>		<b>50 mm</b>	
Šírka prierezu	$b =$		1000 mm	
Výška prierezu	$h =$		250 mm	
	$d_1 =$		60 mm	
	$d_2 =$		60 mm	
Účinná výška prierezu	$d =$		190 mm	
Vzdial. výstuže $s_1$ od ťažiska prierezu	$z_{s1} =$		65 mm	
Vzdial. výstuže $s_2$ od ťažiska prierezu	$z_{s2} =$		65 mm	
	$z_s =$		130 mm	
Excentricita sily $N_{Ed}$ (k ťažisku prierezu)	$e =$		46,7 mm	< 65 mm <b>Prevládajúci ťah</b>

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

Minimálna plocha výstuže  $s_2$

$$A_{s2} = (M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}) / (-f_{yd} \cdot z_s) = 247,30 \text{ mm}^2$$

Minimálna plocha výstuže  $s_1$

$$A_{s1} = (-A_{s2} \cdot f_{yd} + N_{Ed}) / f_{yd} = 1509,85 \text{ mm}^2$$

<b>Návrh výstuže <math>s_1</math></b>	<b>10</b>	<b><math>\phi</math> 20 mm</b>	<b>(à 100 mm)</b>
---------------------------------------	-----------	--------------------------------	-------------------

(od ohybu ťahaný okraj)  $A_{s1} = 3141,59 \text{ mm}^2$

<b>Návrh výstuže <math>s_2</math></b>	<b>10</b>	<b><math>\phi</math> 20 mm</b>	<b>(à 100 mm)</b>
---------------------------------------	-----------	--------------------------------	-------------------

(od ohybu tlačení okraj)  $A_{s2} = 3141,59 \text{ mm}^2$

Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctm} / f_{yk} \quad A_{s1,min} = 287 \text{ mm}^2 < 3141,59 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d \quad A_{s1,min} = 247 \text{ mm}^2 < 3141,59 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Maximálna plocha výstuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h \quad A_{s,max} = 10000 \text{ mm}^2 > 6283,19 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Sila vo výstuži  $F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} \quad F_{s1} = 1,366 \text{ MN}$

Ťahová odolnosť:

$$N_{Rd} = (F_{s1} \cdot z_s - M_{Ed}) / z_{s2} = 2182,9 \text{ kN}$$

<b>Ťahová sila odolnosti:</b>	<b><math>N_{Rd} = 2182,9 \text{ kN}</math></b>	<b>&gt;</b>	<b><math>N_{Ed} = 764,0 \text{ kN}</math></b>	<b>vyhovuje</b>
-------------------------------	--	-------------	---	-----------------

## Kombinácia pre max N - MSP

			VI. tiaž	Ostat.zat'.	Char. hod.	$\gamma_F$	
Moment	(kNm/m)	$M_y =$	-6,12	+ 32,55	=	26,43	<b>1,00</b> = <b>26,43</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N =$	0,00	+ 565,91	=	565,91	<b>1,00</b> = <b>565,91</b>

**Betón** **C30/37**

Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} =$	30 MPa
Stredná hodnota pevnosti v ťahu	$f_{ctm} =$	2,9 MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} =$	33000 MPa

**Pozdĺžna ťahová výstuž** **10**  $\phi$  **20 mm** **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Modul pružnosti	$E_s =$	200000 MPa

**Pozdĺžna výstuž v tlačenej zóne** **10**  $\phi$  **20 mm** **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Modul pružnosti	$E_s =$	200000 MPa

**Ideálny prierez bez trhlín**

Sírka prierezu	$b =$	1000 mm
Výška prierezu	$h =$	250 mm
Celková plocha prierezu	$A_c =$	250000,0 mm <sup>2</sup>
Plocha ťahovej výstuže	$A_{s1} =$	3142 mm <sup>2</sup>
Plocha tlakovej výstuže	$A_{s2} =$	3142 mm <sup>2</sup>
Krytie	$c =$	50 mm
	$d_1 =$	60 mm
	$d_2 =$	60 mm
Účinná výška prierezu	$d =$	190 mm
Pomer modulov $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e =$	6,06
Plocha ideálneho prierezu	$A_i =$	288079,9 mm <sup>2</sup>
Poloha neutrálnej osi (od ťah.okraja)	$z_1 =$	125,0 mm
Poloha neutrálnej osi (od tlač.okraja)	$z_2 =$	125,0 mm
Moment zotrvačnosti ideál. prierezu	$I_i =$	1,40E+09 mm <sup>4</sup>

**Napätie v horných vláknoch betónu**  $\sigma_{cc,max} = -0,40 \text{ MPa} < 0,6f_{ck} = 18,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

**Napätie v dolných vláknoch betónu**  $\sigma_{ct,max} = 4,33 \text{ MPa} > f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$  **nevyhovuje**

Predpokladá sa vznik trhlín

**Ideálny prierez s trhlinami**

Výpočet polohy neutrálnej osi (od tlač. okraja)			
excentricita norm. sily (od ťažiska)	$e =$	46,70 mm	
excentricita norm. sily (od tlač. okraja)	$e_0 =$	171,70 mm	
Koeficienty kubickej rovnice $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = 0$			
$A = 1$	$A =$	1	} $x =$ <b>15,1 mm</b>
$B = -3 \cdot e_0$	$B =$	-515,1	
$C = -6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot (e_0 - d_2)]$	$C =$	-8565,2	
$D = 6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot d \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot d_2 \cdot (e_0 - d_2)]$	$D =$	242190,5	

**Napätie v horných vláknoch betónu**  $\sigma_{c,max} = -2,09 \text{ MPa} < 0,6f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

$$\sigma_{c,max} = N \cdot x / [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (d - x) + \alpha_e \cdot A_{s2} \cdot (d_2 - x) - 0,5 \cdot b \cdot x^2]$$

**Napätie v ťahovej výstuži**  $\sigma_s = 147,30 \text{ MPa} < 0,8f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot (d - x) / x \cdot \sigma_{c,max}$$

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



## KONTROLA TRHLÍN

### Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

Plocha betónu v ťahovej oblasti

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$A_{ct} = 125000 \text{ mm}^2$$

Max. prípustné napätie vo výstuži

$$\sigma_s = 240,00 \text{ MPa}$$

$$(a_s = 100 \text{ mm } \phi = 20 \text{ mm})$$

Súčiniteľ vplyvu nerovnomerných

$$k = 1,000$$

samorovnovážnych napätí

Súčiniteľ rozdelenia napätí v priereze

tesne pred vznikom trhliny

$$k_c = 0,4 \cdot [1 - \sigma_c / (k_1 \cdot (h/h^*) \cdot f_{ct,eff})] \leq 1,0$$

$$k_c = 0,8683$$

stredná hodnota napätia v betóne

$$\sigma_c = N_{Ed} / (b \cdot h)$$

$$\sigma_c = -2,26364 \text{ MPa}$$

$$h^* = h \text{ pre } h < 1,0 \text{ m}$$

$$h^* = 250 \text{ mm}$$

$$h^* = 1,0 \text{ m pre } h > 1,0 \text{ m}$$

$$k_1 = 1,5 \text{ ak } N_{Ed} \text{ je tlaková sila}$$

$$k_1 = 0,666667$$

$$k_1 = 2h^* / 3h \text{ ak } N_{Ed} \text{ je ťahová sila}$$

$$\text{Minimálna plocha ťahovej výstuže } A_{s,min} = 1311,55 \text{ mm}^2 < A_{s,1} = 3141,6 \text{ mm}^2 \text{ vyhovuje}$$

### Výpočet šírky trhliny

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Napätie v ťahovej výstuži

$$\sigma_s = 147,30 \text{ MPa}$$

(predpoklad - prierez s trhlinou)

Pomer modulov  $E_s/E_{cm}$

$$\alpha_e = 6,06$$

$$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 \cdot A_p') / A_{ceff}$$

$$\rho_{p,eff} = 0,040114$$

plocha ťahovej výstuže  $A_s$

$$A_s = 3142 \text{ mm}^2$$

plocha predpínacej výstuže  $A_p'$

$$A_p' = 0 \text{ mm}^2$$

účinná plocha v ťahu  $A_{ceff} = b \cdot h_{ceff}$

$$A_{ceff} = 78316,7 \text{ mm}^2$$

$$h_{ceff} = \min \{2,5(h-d); (h-x)/3; h/2\}$$

$$h_{ceff} = 78,3 \text{ mm}$$

súčiniteľ trvania zaťaženia

$$k_t = 0,6 \text{ (krátkodobé zaťaženie)}$$

Max. vzdialenosť susedných trhlín

$$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x)$$

$$\text{pre } a_s > 5 \cdot (c + \phi / 2) = 300$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff}$$

$$\text{pre } a_s \leq 5 \cdot (c + \phi / 2) = 300$$

$$k_1 = 0,8 \text{ (prúty s vysokou súdržnosťou)}$$

$$k_2 = 1,0 \text{ (centrický ťah)}$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$a_s = 100 \text{ mm} < 5 \cdot (c + \phi / 2) = 300,0 \text{ mm}$$

$$s_{r,max} = 339,5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000467 > 0,6 \cdot \sigma_s / E_s = 0,000442$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000467$$

### Šírka trhliny

$$w_k = 0,16 \text{ mm} < w_{max} = 0,3 \text{ mm} \text{ vyhovuje}$$

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## ŠMYKOVÁ ODOLNOSŤ PRIEREZU ŽB MOSTOVKOVEJ DOSKY V POZDĹŽNOM SMERE

Vnútorne sily (komb. pre max V):		VI. ťaž	Ostatné zať.	Char. hod.	$\gamma_F$	Návrh. hod.
Šmyková sila		$V_z = 13,99 + 94,56 =$		108,55	<b>1,35</b>	<b>= 146,5425</b>
Moment	(kNm/m)	$M_y = -6,17 + -97,34 =$		-103,51	<b>1,35</b>	<b>= -139,739</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N = 0,00 + 565,91 =$		565,91	<b>1,35</b>	<b>= 763,9785</b>

<b>Betón</b>		<b>C30/37</b>
Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} =$	30 MPa
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_c =$	<b>1,5</b>
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{cc} =$	<b>1,0</b>
Návrhová pevnosť v tlaku	$f_{cd} =$	20,00 MPa

<b>Pozdĺžna ťahová výstuž</b>		<b>10</b>	<b><math>\phi</math> 20 mm</b>	<b>B500B</b>	(10505 (R))
Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$		500 MPa		
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_s =$		<b>1,15</b>		
Návrhová medza klzu	$f_{yd} =$		434,78 MPa		

<b>Prierezové charakteristiky</b>	
Šírka prierezu	$b = 1000$ mm
Výška prierezu	$h = 250$ mm
Celková plocha prierezu	$A_c = 250000$ mm <sup>2</sup>
Plocha ťahovej výstuže	$A_{s1} = 3142$ mm <sup>2</sup>
Krytie ťahovej výstuže	$c = 50$ mm
	$d_1 = 60$ mm
Účinná výška prierezu	$d = 190$ mm
Vzd. neut. osi od tlačeneho okraja	
$x = (A_{s1} \cdot f_{yd} - N_{Ed}) / (0,8 \cdot b \cdot f_{cd})$	$x = 37,6$ mm
Rameno vnútorných síl $z = d - 0,4 \cdot x$	$z = 175,0$ mm

<b>Šmyková odolnosť betónu bez šmykovej výstuže</b>	
Ťahová výstuž pokračujúca do vzdialenosti $\geq l_{bd} + d$ za uvažovaný rez	<b>10</b> $\phi$ 20 mm $\Rightarrow A_{s1} = 3142$ mm <sup>2</sup>
$\rho_l = A_{s1} / (b_w \cdot d) \leq 0,02$	$\rho_l = 0,017 < 0,02$
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2f_{cd}$	$\sigma_{cp} = -3,056$ MPa $< 4,00$ MPa
$k = 1 + \sqrt{200 / d} \leq 2,0$	$k = 2,026 > 2,00 \Rightarrow k = 2,00$
$C_{RD,c} = 0,18 / \gamma_c$	$C_{RD,c} = 0,12$
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$	$v_{min} = 0,54$
$V_{Rd,c} = [C_{RD,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	$V_{Rd,c} = 80,45$ kN
$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	$V_{Rd,c,min} = 15,93$ kN $< V_{Rd,c} = 80,45$ kN <b>vyhovuje</b>
$V_{Rd,c,max} = 0,5 \cdot b_w \cdot d \cdot v \cdot f_{cd}$	$V_{Rd,c,max} = 1003,2$ kN $> V_{Rd,c} = 80,45$ kN <b>vyhovuje</b>
$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250)$	$v = 0,528$

<b>Priečna sila prenášaná betónom:</b>	<b><math>V_{Rd,c} = 80,45</math> kN</b>	<b><math>&lt;</math></b>	<b><math>V_{Ed} = 146,54</math> kN</b>
--	---	--------------------------	--

Je potrebné navrhnuť šmykovú výstuž.

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

### Návrh šmykovej výstuže - pomocou strmienkov

Sklon šmykovej výstuže (strmienkov)	$\alpha = 90^\circ$ (1,5708)rad		
Sklon tlakových diagonál	$\cotg \theta = 1,0$	$\rightarrow$	$\theta = 45,00^\circ$ (0,7854)rad
Max. vzdialenosť strmienkov	$s_{l,max} = \min\{0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha); 400\text{mm}\}$	$s_{max} = 142,5 \text{ mm}$	$\rightarrow$ $s_l = 130 \text{ mm}$
Max. vzdialenosť vetiev strmienkov	$s_{t,max} = \min\{0,75 \cdot d; 600\text{mm}\}$	$s_{t,max} = 142,5 \text{ mm}$	$\rightarrow$ $s_t = 100 \text{ mm}$

### Návrh strmienkov **10,0** $\phi$ **8 mm** **B500B** (10505 (R)) à **130 mm**

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$		
Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti	$\gamma_s = 1,15$		
Návrhová medza klzu	$f_{ywd} = 434,78 \text{ MPa}$		
Plocha výstuže	$A_{sw} = 503 \text{ mm}^2$		
Priemerné tlakové napätie v betóne:	$\sigma_{cp} = -3,056 \text{ MPa}$	$<$	0,00 MPa

Súčiniteľ zohľadňujúci napätostný stav v tlačnom páse  $\alpha_{cw} = f(\sigma_{cp})$

Min. stupeň šmykového vystuženia

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} \quad \rho_{w,min} = 0,00088$$

Max. stupeň šmykového vystuženia (pre uhol  $\theta = 45^\circ$ )

$$\rho_{w,max} = 0,5 \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\sin^2 \alpha \cdot f_{ywd}) \quad \rho_{w,max} = 0,01214$$

$$v_1 = v = 0,528$$

Stupeň šmykového vystuženia

$\rho_w = A_{sw} / (s_l \cdot b_w \cdot \sin \alpha)$	$\rho_w = 0,00387$	$>$	$\rho_{w,min} = 0,0009$	<b>vyhovuje</b>
		$<$	$\rho_{w,max} = 0,0121$	<b>vyhovuje</b>

Únosnosť tlakovej diagonály

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cotg \theta + \cotg \alpha) / (1 + \cotg^2 \theta)$$

$$V_{Rd,max} = 923,75 \text{ kN}$$

Únosnosť strmienkov

$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cotg \theta + \cotg \alpha) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rd,s} = 294,11 \text{ kN}$$

Šmyková odolnosť prvku so šmykovou výstužou  $V_{Rd} = \min\{V_{Rd,max}; V_{Rd,s}\}$

<b>Šmyková odolnosť:</b>	<b><math>V_{Rd} = 294,11 \text{ kN}</math></b>	<b><math>&gt;</math></b>	<b><math>V_{Ed} = 146,54 \text{ kN}</math></b>	<b>vyhovuje</b>
--------------------------	--	--------------------------	--	-----------------

Sila v ťahovej výstuži od ohybového momentu:

$F_{td,m} = M_{Ed} / z$	$F_{td,m} = 798,73 \text{ kN}$	$\rightarrow$	$F_{td} = 872,00 \text{ kN}$
Prírastok ťahovej sily v ťahovej výstuži od šmykovej sily: $\Delta F_{td} = 0,5 \cdot V_{Ed} \cdot (\cotg \theta - \cotg \alpha)$	$F_{td,m} = 73,27 \text{ kN}$		

Návrhová odolnosť ťahovej výstuže:

$$F_{t,Rd} = A_{sl} \cdot f_{yd} \quad F_{t,Rd} = 1365,91 \text{ kN}$$

<b>Sila v ťahovej výstuži:</b>	<b><math>F_{td} = 872,00 \text{ kN}</math></b>	<b><math>&lt;</math></b>	<b><math>F_{t,Rd} = 1365,91 \text{ kN}</math></b>	<b>vyhovuje</b>
--------------------------------	--	--------------------------	---	-----------------

## OHYBOVÁ A ODOLNOSŤ PRIEREZU ŽB MOSTOVKOVEJ DOSKY V PRIEČNOM SMERE

		VI. tiaž	Ostatné zať.	Char. hod.	$\gamma_F$	Návrh. hod.
Moment	(kNm/m)	$M_y =$	0,00 + 68,51 =	68,51	<b>1,35</b>	= <b>92,49</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N =$	0,00 + -43,50 =	-43,50	<b>1,35</b>	= <b>-58,73</b>
<b>Betón</b>		<b>C30/37</b>				
Char. valcová pevnosť v tlaku		$f_{ck} =$	30,0 MPa			
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu		$\gamma_c =$	1,5			
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov		$\alpha_{cc} =$	1,0			
Návrhová pevnosť v tlaku		$f_{cd} =$	20,00 MPa			
Char. pevnosť v ťahu		$f_{ctk, 0.05} =$	2,00			
Stredná pevnosť v ťahu		$f_{ctm} =$	2,90			
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov		$\alpha_{ct} =$	1,0			
Návrhová pevnosť v ťahu		$f_{ctd} =$	1,33 MPa			
Medzné pomerné pretvorenie v tlaku		$\epsilon_{cu} =$	0,0035			
<b>Výstuž</b>		<b>B500B (10505 (R))</b>				
Charakteristická medza kľuzu		$f_{yk} =$	500 MPa			
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu		$\gamma_s =$	1,15			
Návrhová medza kľuzu		$f_{yd} =$	434,78 MPa			
Modul pružnosti materiálu výstuže		$E_s =$	200000 MPa			
<b>Krytie</b>						
Predpokladaný priemer výstuže		$\phi =$	16 mm			
min. krytie vzhľadom na súdržnosť max. rozmer zrna kameniva			$\leq 32$ mm	$\Rightarrow$	$C_{min,b} =$	16 mm
min. krytie vzhľadom na trvanlivosť				$\Rightarrow$	$C_{min,dur} =$	40 mm
- stupeň prostredia			XC4 XD1	}	$\Rightarrow$	$C_{min,dur} =$
- návrhová životnosť			100 rokov			
- dosková konštrukcia (poloha výstuže neovplyvnená procesom výstavby)			áno			
- špeciálna kontrola kvality vyhotovenia			nie			
- trieda konštrukcie			S5			
príd. hodnota bezpečnosti prvku		$\Delta C_{dur,\gamma} =$	0 mm			
zníženie pri použití nehrdz. ocele		$\Delta C_{dur,st} =$	0 mm			
zníženie pri použití dopln. ochrany		$\Delta C_{dur,add} =$	0 mm			
min. krytie $C_{min} = \max\{C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$					$C_{min} =$	40 mm
tolerančné zväčšenie krytia		$\Delta C_{dev} =$	10 mm			
Nominálne krytie $C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$		$C_{nom} =$	50 mm			
<b>Krytie (návrh)</b>		<b>c = 70 mm</b>				
Šírka prierezu		$b =$	1000 mm			
Výška prierezu		$h =$	250 mm			
		$d_1 =$	78 mm			
		$d_2 =$	78 mm			
Účinná výška prierezu		$d =$	172 mm			
Vzdial. výstuže $s_1$ od ťažiska prierezu		$z_{s1} =$	47 mm			
Vzdial. výstuže $s_2$ od ťažiska prierezu		$z_{s2} =$	47 mm			
		$z_s =$	94 mm			
Excentricita sily $N_{Ed}$ (k ťažisku prierezu)		$e =$	1574,9 mm	$> 47$ mm	Prevládajúci ohyb	

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

<b>Návrh výstuže s<sub>1</sub></b>	<b>7,7</b>	<b>φ 16 mm</b>	(à 130 mm)
------------------------------------	------------	----------------	------------

(od ohybu ťahaný okraj)  $A_{s1} = 1546,17 \text{ mm}^2$

<b>Návrh výstuže s<sub>2</sub></b>	<b>7,7</b>	<b>φ 16 mm</b>	(à 130 mm)
------------------------------------	------------	----------------	------------

(od ohybu tlačenej časti)  $A_{s2} = 1546,17 \text{ mm}^2$

Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctm} / f_{yk} \quad A_{s1,min} = 259 \text{ mm}^2 < 1546,17 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d \quad A_{s1,min} = 224 \text{ mm}^2 < 1546,17 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Maximálna plocha výstuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h \quad A_{s,max} = 10000 \text{ mm}^2 > 3092,33 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Sila vo výstuži  $F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} \quad F_{s1} = 0,672 \text{ MN}$

Poloha neutrálnej osi

$$\begin{aligned} 0,8x^2 \cdot b \cdot f_{cd} - (A_{s1} \cdot f_{yd} - \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} - N_{Ed}) \cdot x - d_2 \cdot \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} &= 0 \\ \left. \begin{aligned} 0,8 \cdot b \cdot f_{cd} &= 16,0000 \\ -(A_{s1} \cdot f_{yd} - \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} - N_{Ed}) &= 0,3513 \\ -d_2 \cdot \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot A_{s2} &= -0,0844 \end{aligned} \right\} x &= 62,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Limitná poloha neutrálnej osi:  $x_{lim} = 700d / (700 + f_{yd}) = 106,1 \text{ mm} > x \quad \text{vyhovuje}$

Pomerné pretvorenie vo výstuži s<sub>2</sub>

$$\varepsilon_{s2} = (x - d_2) / x \cdot \varepsilon_{cu} \quad \varepsilon_{s2} = -0,00087 < 0 \Rightarrow \text{ťah vo výstuži}$$

Sila vo výstuži  $F_{s2} = \varepsilon_{s2} \cdot E_s \cdot A_{s2} \quad F_{s2} = -0,269 \text{ MN} \quad (\text{ťah})$

Sila v tlačenej časti

$$F_c = b \cdot 0,8 \cdot x \cdot f_{cd} \quad F_c = 999,74 \text{ kN}$$

Rameno vnútorných síl  $z = d - 0,4 \cdot x \quad z = 147,0 \text{ mm}$

Moment odolnosti:

$$M_{Rd} = N_{Ed} \cdot z_{s1} + F_c \cdot (d - 0,4x) + \varepsilon_{s2} \cdot E_s \cdot A_{s2} \cdot z_s = 118,9 \text{ kNm}$$

<b>Moment odolnosti</b>	<b>M<sub>Rd</sub> = 118,9 kN</b>	<b>&gt;</b>	<b>M<sub>Ed</sub> = 92,5 kN</b>	<b>vyhovuje</b>
-------------------------	----------------------------------	-------------	---------------------------------	-----------------

## ŠMYKOVÁ ODOLNOSŤ PRIEREZU ŽB MOSTOVKOVEJ DOSKY V PRIEČNOM SMERE

Vnútorne sily (komb. pre max V):		VI. tiaž	Ostatné zať.	Char. hod.	$\gamma_F$	Návrh. hod.
Šmyková sila		$V_z = 0,00 + 111,28 =$	111,28	111,28	<b>1,35</b>	<b>= 150,23</b>
Moment	<b>(kNm/m)</b>	$M_y = 0,00 + 23,94 =$	23,94	23,94	<b>1,35</b>	<b>= 32,32</b>
Normálová sila	<b>(kN/m)</b>	$N = 0,00 + -13,09 =$	-13,09	-13,09	<b>1,35</b>	<b>= -17,67</b>

<b>Betón</b>		<b>C30/37</b>
Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} =$	30 MPa
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_c =$	1,5
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{cc} =$	1,0
Návrhová pevnosť v tlaku	$f_{cd} =$	20,00 MPa

<b>Pozdĺžna ťahová výstuž</b>		<b>8</b>	$\phi$ 16 mm	<b>B500B</b>	(10505 (R))
Charakteristická medza kľuzu	$f_{yk} =$	500	MPa		
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_s =$	1,15			
Návrhová medza kľuzu	$f_{yd} =$	434,78	MPa		

<b>Prierezové charakteristiky</b>	
Šírka prierezu	$b = 1000$ mm
Výška prierezu	$h = 250$ mm
Celková plocha prierezu	$A_c = 250000$ mm <sup>2</sup>
Plocha ťahovej výstuže	$A_{s1} = 1608$ mm <sup>2</sup>
Krytie ťahovej výstuže	$c = 70$ mm
	$d_1 = 78$ mm
Účinná výška prierezu	$d = 172$ mm
Vzd. neut. osi od tlačeneho okraja	
$x = (A_{s1} \cdot f_{yd} - N_{Ed}) / (0,8 \cdot b \cdot f_{cd})$	$x = 44,8$ mm
Rameno vnútorných síl $z = d - 0,4 \cdot x$	$z = 154,1$ mm

<b>Šmyková odolnosť betónu bez šmykovej výstuže</b>	
Ťahová výstuž pokračujúca do vzdialenosti $\geq l_{bd} + d$ za uvažovaný rez	<b>8</b> $\phi$ 16 mm $\Rightarrow A_{s1} = 1608$ mm <sup>2</sup>
$\rho_l = A_{s1} / (b_w d) \leq 0,02$	$\rho_l = 0,009 < 0,02$
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 f_{cd}$	$\sigma_{cp} = 0,071$ MPa $< 4,00$ MPa
$k = 1 + \sqrt{200 / d} \leq 2,0$	$k = 2,078 > 2,00 \Rightarrow k = 2,00$
$C_{RD,c} = 0,18 / \gamma_c$	$C_{RD,c} = 0,12$
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$	$v_{min} = 0,54$
$V_{Rd,c} = [C_{RD,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	$V_{Rd,c} = 127,26$ kN
$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	$V_{Rd,c,min} = 95,09$ kN $< V_{Rd,c} = 127,26$ kN <b>vyhovuje</b>
$V_{Rd,c,max} = 0,5 \cdot b_w \cdot d \cdot v \cdot f_{cd}$	$V_{Rd,c,max} = 908,16$ kN $> V_{Rd,c} = 127,26$ kN <b>vyhovuje</b>
$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250)$	$v = 0,528$

<b>Priečna sila prenášaná betónom:</b>	$V_{Rd,c} = 127,26$ kN	$<$	$V_{Ed} = 150,23$ kN
--	------------------------	-----	----------------------

Je potrebné navrhnuť šmykovú výstuž.

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

**Návrh šmykovej výstuže - pomocou strmienkov**

Sklon šmykovej výstuže (strmienkov)  $\alpha = 90^\circ$  (1,5708)rad  
 Sklon tlakových diagonál  $\cotg \theta = 1,0 \rightarrow \theta = 45,00^\circ$  (0,7854)rad

Max. vzdialenosť strmienkov

$$s_{l,max} = \min\{0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha); 400\text{mm}\} \quad s_{max} = 129 \text{ mm} \rightarrow s_l = 100 \text{ mm}$$

Max. vzdialenosť vetiev strmienkov

$$s_{t,max} = \min\{0,75 \cdot d; 600\text{mm}\} \quad s_{t,max} = 129 \text{ mm} \rightarrow s_t = 130 \text{ mm}$$

**Návrh strmienkov** **7,7**  **$\phi$  8 mm** **B500B** (10505 (R)) **à 100 mm**

Charakteristická medza kľuzu  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti  $\gamma_s = 1,15$

Návrhová medza kľuzu  $f_{ywd} = 434,78 \text{ MPa}$

Plocha výstuže  $A_{sw} = 387 \text{ mm}^2$

Priemerné tlakové napätie v betóne:  $\sigma_{cp} = 0,071 \text{ MPa} > 0,00 \text{ MPa}$   
 $< 0,25f_{cd} = 5,00 \text{ MPa}$

Súčiniteľ zohľadňujúci napätostný  $\alpha_{cw} = 1,004$

stav v tlačnom páse  $\alpha_{cw} = f(\sigma_{cp})$

Min. stupeň šmykového vystuženia

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} \quad \rho_{w,min} = 0,00088$$

Max. stupeň šmykového vystuženia (pre uhol  $\theta = 45^\circ$ )

$$\rho_{w,max} = 0,5 \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\sin^2 \alpha \cdot f_{ywd}) \quad \rho_{w,max} = 0,01219 \quad v_1 = v = 0,528$$

Stupeň šmykového vystuženia

$$\rho_w = A_{sw} / (s_l \cdot b_w \cdot \sin \alpha) \quad \rho_w = 0,00387 > \rho_{w,min} = 0,0009 \quad \text{vyhovuje}$$

$$< \rho_{w,max} = 0,0122 \quad \text{vyhovuje}$$

Únosnosť tlakovej diagonály

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cotg \theta + \cotg \alpha) / (1 + \cotg^2 \theta)$$

$$V_{Rd,max} = 816,39 \text{ kN}$$

Únosnosť strmienkov

$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cotg \theta + \cotg \alpha) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rd,s} = 259,02 \text{ kN}$$

Šmyková odolnosť prvku so šmykovou výstužou  $V_{Rd} = \min\{V_{Rd,max}; V_{Rd,s}\}$

**Šmyková odolnosť:**  **$V_{Rd} = 259,02 \text{ kN} > V_{Ed} = 150,23 \text{ kN}$**  **vyhovuje**

Sila v ťahovej výstuži od ohybového momentu:

$$F_{td,m} = M_{Ed} / z \quad F_{td,m} = 209,76 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Prírastok ťahovej sily v ťahovej výstuži od šmykovej sily:} \\ \Delta F_{td} = 0,5 \cdot V_{Ed} \cdot (\cotg \theta - \cotg \alpha) \quad F_{td,m} = 75,11 \text{ kN} \end{array} \right\} \rightarrow F_{td} = 284,88 \text{ kN}$$

Návrhová odolnosť ťahovej výstuže:

$$F_{t,Rd} = A_{sl} \cdot f_{yd} \quad F_{t,Rd} = 699,35 \text{ kN}$$

**Sila v ťahovej výstuži:**  **$F_{td} = 284,88 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 699,35 \text{ kN}$**  **vyhovuje**



# OHYBOVÁ A ŤAHOVÁ ODOLNOSŤ PRIEREZU ŽB CHODNÍKOVEJ DOSKY V POZDĹŽNOM SMERE

## Kombinácia pre max M - MSÚ

Moment	(kNm/m)	$M_{Ed}$	VI. tiaž	Ostatné zať.	Char. hod.	$\gamma_F$	Návrh. hod.
Normálová sila	(kN/m)	$N_{Ed}$	-1,13	27,50	26,37	1,35	35,60
			0,00	93,15	93,15	1,35	125,75

### Betón **C35/45**

Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck}$	35,0 MPa
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_c$	1,5
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{cc}$	1,0
Návrhová pevnosť v tlaku	$f_{cd}$	23,33 MPa
Char. pevnosť v ťahu	$f_{ctk, 0.05}$	2,20
Stredná pevnosť v ťahu	$f_{ctm}$	3,20
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{ct}$	1,0
Návrhová pevnosť v ťahu	$f_{ctd}$	1,47 MPa
Medzné pomerné pretvorenie v tlaku	$\epsilon_{cu}$	0,0035

### Výstuž **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu	$f_{yk}$	500 MPa
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_s$	1,15
Návrhová medza klzu	$f_{yd}$	434,78 MPa
Modul pružnosti materiálu výstuže	$E_s$	200000 MPa

### Krytie

Predpokladaný priemer výstuže	$\phi$	14 mm	
min. krytie vzhľadom na súdržnosť			
max. rozmer zrna kameniva		≤ 32 mm	⇒ $C_{min,b} = 14$ mm
min. krytie vzhľadom na trvanlivosť			
- stupeň prostredia		XC4 XD1	} ⇒ $C_{min,dur} = 40$ mm
- návrhová životnosť		100 rokov	
- dosková konštrukcia (poloha výstuže neovplyvnená procesom výstavby)		áno	
- špeciálna kontrola kvality vyhotovenia		nie	
- trieda konštrukcie		S5	
príd. hodnota bezpečnosti prvku	$\Delta C_{dur,\gamma}$	0 mm	
zníženie pri použití nehrdz. ocele	$\Delta C_{dur,st}$	0 mm	
zníženie pri použití dopln. ochrany	$\Delta C_{dur,add}$	0 mm	
min. krytie $C_{min} = \max\{C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10\text{ mm}\}$			$C_{min} = 40$ mm
tolerančné zväčšenie krytia	$\Delta C_{dev}$	10 mm	
Nominálne krytie $C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$	$C_{nom}$	50 mm	

### Krytie (návrh) **c = 50 mm**

Šírka prierezu	$b$	1000 mm	
Výška prierezu	$h$	200 mm	
	$d_1$	57 mm	
	$d_2$	57 mm	
Účinná výška prierezu	$d$	143 mm	
Vzdial. výstuže $s_1$ od ťažiska prierezu	$z_{s1}$	43 mm	
Vzdial. výstuže $s_2$ od ťažiska prierezu	$z_{s2}$	43 mm	
	$z_s$	86 mm	
Excentricita sily $N_{Ed}$ (k ťažisku prierezu)	$e$	283,1 mm > 43 mm	<b>Prevládajúci ohyb</b>

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## Kombinácia pre max M – MSP

		VI. tiaž	Ostat.zat'.	Char. hod.	$\gamma_F$	
Moment	(kNm/m)	$M_y =$	-1,13 + 27,50 =	26,37	1,00	= 26,37
Normálová sila	(kN/m)	$N =$	0,00 + 93,15 =	93,15	1,00	= 93,15

**Betón** **C35/45**

Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} =$	35 MPa
Stredná hodnota pevnosti v ťahu	$f_{ctm} =$	3,2 MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} =$	34000 MPa

**Pozdĺžna ťahová výstuž** **10**  $\phi$  14 mm **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Modul pružnosti	$E_s =$	200000 MPa

**Pozdĺžna výstuž v tlačenej zóne** **10**  $\phi$  14 mm **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Modul pružnosti	$E_s =$	200000 MPa

**Ideálny prierez bez trhlín**

Sírka prierezu	$b =$	1000 mm
Výška prierezu	$h =$	200 mm
Celková plocha prierezu	$A_c =$	200000,0 mm <sup>2</sup>
Plocha ťahovej výstuže	$A_{s1} =$	1539 mm <sup>2</sup>
Plocha tlakovej výstuže	$A_{s2} =$	1539 mm <sup>2</sup>
Krytie	$c =$	50 mm
	$d_1 =$	57 mm
	$d_2 =$	57 mm
Účinná výška prierezu	$d =$	143 mm
Pomer modulov $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e =$	5,88
Plocha ideálneho prierezu	$A_i =$	218110,4 mm <sup>2</sup>
Poloha neutrálnej osi (od ťah.okraja)	$z_1 =$	100,0 mm
Poloha neutrálnej osi (od tlač.okraja)	$z_2 =$	100,0 mm
Moment zotrvačnosti ideál. prierezu	$I_i =$	6,86E+08 mm <sup>4</sup>

**Napätie v horných vláknach betónu**  $\sigma_{cc,max} = -3,42 \text{ MPa} < 0,6f_{ck} = 21,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

**Napätie v dolných vláknach betónu**  $\sigma_{ct,max} = 4,27 \text{ MPa} > f_{ctm} = 3,20 \text{ MPa}$  **nevyhovuje**

Predpokladá sa vznik trhlín

**Ideálny prierez s trhlinami**

Výpočet polohy neutrálnej osi (od tlač. okraja)		
excentricita norm. sily (od ťažiska)	$e =$	283,09 mm
excentricita norm. sily (od tlač. okraja)	$e_0 =$	383,09 mm
Koeficienty kubickej rovnice $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = 0$		
$A = 1$	$A =$	1
$B = -3 \cdot e_0$	$B =$	-1149,3
$C = -6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot (e_0 - d_2)]$	$C =$	-27749,5
$D = 6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot d \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot d_2 \cdot (e_0 - d_2)]$	$D =$	2703542,9

$x = 38,4 \text{ mm}$

**Napätie v horných vláknach betónu**  $\sigma_{c,max} = -9,45 \text{ MPa} < 0,6f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

$$\sigma_{c,max} = N \cdot x / [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (d - x) + \alpha_e \cdot A_{s2} \cdot (d_2 - x) - 0,5 \cdot b \cdot x^2]$$

**Napätie v ťahovej výstuži**  $\sigma_s = 151,50 \text{ MPa} < 0,8f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$  **vyhovuje**

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot (d - x) / x \cdot \sigma_{c,max}$$

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## KONTROLA TRHLÍN

### Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

Plocha betónu v ťahovej oblasti

$$f_{ct,eff} = 3,2 \text{ MPa}$$

$$A_{ct} = 100000 \text{ mm}^2$$

Max. prípustné napätie vo výstuži

$$\sigma_s = 280,00 \text{ MPa}$$

$$(a_s = 100 \text{ mm } \phi = 14 \text{ mm})$$

Súčiniteľ vplyvu nerovnomerných

$$k = 1,000$$

samorovnovážnych napätí

Súčiniteľ rozdelenia napätí v priereze

tesne pred vznikom trhliny

$$k_c = 0,4 \cdot [1 - \sigma_c / (k_1 \cdot (h/h^*) \cdot f_{ct,eff})] \leq 1,0$$

$$k_c = 0,4873$$

stredná hodnota napätia v betóne

$$\sigma_c = N_{Ed} / (b \cdot h)$$

$$\sigma_c = -0,46575 \text{ MPa}$$

$$h^* = h \text{ pre } h < 1,0 \text{ m}$$

$$h^* = 200 \text{ mm}$$

$$h^* = 1,0 \text{ m pre } h > 1,0 \text{ m}$$

$$k_1 = 1,5 \text{ ak } N_{Ed} \text{ je tlaková sila}$$

$$k_1 = 0,666667$$

$$k_1 = 2h^*/3h \text{ ak } N_{Ed} \text{ je ťahová sila}$$

<b>Minimálna plocha ťahovej výstuže</b>	<b><math>A_{s,min} = 556,95 \text{ mm}^2</math></b>	<b>&lt;</b>	<b><math>A_{s,1} = 1539,4 \text{ mm}^2</math></b>	<b>vyhovuje</b>
---	---	-------------	---	-----------------

### Výpočet šírky trhlín

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Napätie v ťahovej výstuži

$$\sigma_s = 151,50 \text{ MPa}$$

(predpoklad - prierez s trhlinou)

Pomer modulov  $E_s/E_{cm}$

$$\alpha_e = 5,88$$

$$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 \cdot A_p') / A_{ceff}$$

$$\rho_{p,eff} = 0,028578$$

plocha ťahovej výstuže  $A_s$

$$A_s = 1539 \text{ mm}^2$$

plocha predpínacej výstuže  $A_p'$

$$A_p' = 0 \text{ mm}^2$$

účinná plocha v ťahu  $A_{ceff} = b \cdot h_{ceff}$

$$A_{ceff} = 53866,7 \text{ mm}^2$$

$$h_{ceff} = \min \{2,5(h-d); (h-x)/3; h/2\}$$

$$h_{ceff} = 53,9 \text{ mm}$$

súčiniteľ trvania zaťaženia

$$k_t = 0,6 \text{ (krátkodobé zaťaženie)}$$

Max. vzdialenosť susedných trhlín

$$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x)$$

$$\text{pre } a_s > 5 \cdot (c + \phi/2) = 285$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff}$$

$$\text{pre } a_s \leq 5 \cdot (c + \phi/2) = 285$$

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$a_s = 100 \text{ mm} < 5 \cdot (c + \phi/2) = 285,0 \text{ mm}$$

$$s_{r,max} = 253,3 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000365 < 0,6 \cdot \sigma_s / E_s = 0,000454$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000454$$

<b>Šírka trhliny</b>	<b><math>w_k = 0,12 \text{ mm}</math></b>	<b>&lt;</b>	<b><math>w_{max} = 0,3 \text{ mm}</math></b>	<b>vyhovuje</b>
----------------------	---	-------------	--	-----------------

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## Kombinácia pre max N - MSÚ

			VI. tiaž	Ostatné zat'	Char. hod.	$\gamma_F$	Návrh. hod.
Moment	(kNm/m)	$M_y =$	1,90 +	14,38 =	16,28	<b>1,35</b>	= <b>21,98</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N =$	0,00 +	513,93 =	513,93	<b>1,35</b>	= <b>693,81</b>

<b>Betón</b>	<b>C35/45</b>
--------------	---------------

Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} =$	35,0 MPa
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_c =$	1,5
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{cc} =$	1,0
Návrhová pevnosť v tlaku	$f_{cd} =$	23,33 MPa
Char. pevnosť v ťahu	$f_{ctk, 0.05} =$	2,20
Stredná pevnosť v ťahu	$f_{ctm} =$	3,20
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{ct} =$	1,0
Návrhová pevnosť v ťahu	$f_{ctd} =$	1,47 MPa
Medzné pomerné pretvorenie v tlaku	$\varepsilon_{cu} =$	0,0035

<b>Výstuž</b>	<b>B500B</b>	(10505 (R))
---------------	--------------	-------------

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} =$	500 MPa
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_s =$	1,15
Návrhová medza klzu	$f_{yd} =$	434,78 MPa
Modul pružnosti materiálu výstuže	$E_s =$	200000 MPa

<b>Krytie</b>
---------------

Predpokladaný priemer výstuže	$\phi =$	14 mm	
min. krytie vzhľadom na súdržnosť			
max. rozmer zrna kameniva	$\leq$	32 mm	$\Rightarrow C_{min,b} = 14$ mm
min. krytie vzhľadom na trvanlivosť			
- stupeň prostredia		XC4 XD1	} $\Rightarrow C_{min,dur} = 40$ mm
- návrhová životnosť		100 rokov	
- dosková konštrukcia (poloha výstuže neovplyvnená procesom výstavby)		áno	
- špeciálna kontrola kvality vyhotovenia		nie	
- trieda konštrukcie		S5	
príd. hodnota bezpečnosti prvku	$\Delta C_{dur,\gamma} =$	0 mm	
zníženie pri použití nehrdz. ocele	$\Delta C_{dur,st} =$	0 mm	
zníženie pri použití dopln. ochrany	$\Delta C_{dur,add} =$	0 mm	
min. krytie $c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10\text{ mm}\}$			$C_{min} = 40$ mm
tolerančné zväčšenie krytia	$\Delta C_{dev} =$	10 mm	
Nominálne krytie $c_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev}$	$c_{nom} =$	50 mm	

<b>Krytie (návrh)</b>	<b>c =</b>	<b>50 mm</b>
-----------------------	------------	--------------

Šírka prierezu	$b =$	1000 mm
Výška prierezu	$h =$	200 mm
	$d_1 =$	57 mm
	$d_2 =$	57 mm
Účinná výška prierezu	$d =$	143 mm
Vzdial. výstuže $s_1$ od ťažiska prierezu	$z_{s1} =$	43 mm
Vzdial. výstuže $s_2$ od ťažiska prierezu	$z_{s2} =$	43 mm
	$z_s =$	86 mm
Excentricita sily $N_{Ed}$ (k ťažisku prierezu)	$e =$	31,7 mm < 43 mm

**Prevládajúci ťah**

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

Minimálna plocha výstuže  $s_2$

$$A_{s2} = (M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}) / (-f_{yd} \cdot z_s) = 210,09 \text{ mm}^2$$

Minimálna plocha výstuže  $s_1$

$$A_{s1} = (-A_{s2} \cdot f_{yd} + N_{Ed}) / f_{yd} = 1385,66 \text{ mm}^2$$

<b>Návrh výstuže <math>s_1</math></b>	<b>10</b>	<b><math>\phi</math> 14 mm</b>	<b>(à 100 mm)</b>
(od ohybu ťahaný okraj)	$A_{s1} =$	1539,38 mm <sup>2</sup>	

<b>Návrh výstuže <math>s_2</math></b>	<b>10</b>	<b><math>\phi</math> 14 mm</b>	<b>(à 100 mm)</b>
(od ohybu tlačný okraj)	$A_{s2} =$	1539,38 mm <sup>2</sup>	

Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctm} / f_{yk} \quad A_{s1,min} = 238 \text{ mm}^2 < 1539,38 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d \quad A_{s1,min} = 186 \text{ mm}^2 < 1539,38 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

Maximálna plocha výstuže

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h \quad A_{s,max} = 8000 \text{ mm}^2 > 3078,76 \text{ mm}^2 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\text{Sila vo výstuži } F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} \quad F_{s1} = 0,669 \text{ MN}$$

Ťahová odolnosť:

$$N_{Rd} = (F_{s1} \cdot z_s - M_{Ed}) / z_{s2} = 827,5 \text{ kN}$$

<b>Ťahová sila odolnosti:</b>	<b><math>N_{Rd} = 827,5 \text{ kN}</math></b>	<b><math>&gt;</math></b>	<b><math>N_{Ed} = 693,8 \text{ kN}</math></b>	<b>vyhovuje</b>
-------------------------------	---	--------------------------	---	-----------------

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## Kombinácia pre max N - MSP

			VI. tiaž	Ostat.zat'.	Char. hod.	$\gamma_F$	
Moment	(kNm/m)	$M_y =$	1,90 +	14,38 =	16,28	<b>1,00</b>	= <b>16,28</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N =$	0,00 +	513,93 =	513,93	<b>1,00</b>	= <b>513,93</b>

**Betón** **C35/45**

Char. valcová pevnosť v tlaku  $f_{ck} = 35$  MPa

Stredná hodnota pevnosti v ťahu  $f_{ctm} = 3,2$  MPa

Modul pružnosti  $E_{cm} = 34000$  MPa

**Pozdĺžna ťahová výstuž** **10**  $\phi$  **14 mm** **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu  $f_{yk} = 500$  MPa

Modul pružnosti  $E_s = 200000$  MPa

**Pozdĺžna výstuž v tlačenej zóne** **10**  $\phi$  **14 mm** **B500B** (10505 (R))

Charakteristická medza klzu  $f_{yk} = 500$  MPa

Modul pružnosti  $E_s = 200000$  MPa

**Ideálny prierez bez trhlín**

Sírka prierezu  $b = 1000$  mm

Výška prierezu  $h = 200$  mm

Celková plocha prierezu  $A_c = 200000,0$  mm<sup>2</sup>

Plocha ťahovej výstuže  $A_{s1} = 1539$  mm<sup>2</sup>

Plocha tlakovej výstuže  $A_{s2} = 1539$  mm<sup>2</sup>

Krytie  $c = 50$  mm

$d_1 = 57$  mm

$d_2 = 57$  mm

Účinná výška prierezu  $d = 143$  mm

Pomer modulov  $E_s/E_{cm} = \alpha_e = 5,88$

Plocha ideálneho prierezu  $A_i = 218110,4$  mm<sup>2</sup>

Poloha neutrálnej osi (od ťah.okraja)  $z_1 = 100,0$  mm

Poloha neutrálnej osi (od tlač.okraja)  $z_2 = 100,0$  mm

Moment zotrvačnosti ideál. prierezu  $I_i = 6,86E+08$  mm<sup>4</sup>

**Napätie v horných vláknach betónu**  $\sigma_{cc,max} = -0,02$  MPa <  $0,6f_{ck} = 21,00$  MPa **vyhovuje**

**Napätie v dolných vláknach betónu**  $\sigma_{ct,max} = 4,73$  MPa >  $f_{ctm} = 3,20$  MPa **nevyhovuje**

Predpokladá sa vznik trhlín

**Ideálny prierez s trhlinami**

Výpočet polohy neutrálnej osi (od tlač. okraja)

excentricita norm. sily (od ťažiska)  $e = 31,68$  mm

excentricita norm. sily (od tlač. okraja)  $e_0 = 131,68$  mm

Koeficienty kubickej rovnice  $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = 0$

$A = 1$

$B = -3 \cdot e_0$

$C = -6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot (e_0 - d_2)]$

$D = 6/b \cdot [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot d \cdot (e_0 - d) + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot d_2 \cdot (e_0 - d_2)]$

$A =$

1

$B =$

-395,0

$C =$

-2752,4

$D =$

103982,5

$x = 13,3$  mm

**Napätie v horných vláknach betónu**  $\sigma_{c,max} = -4,61$  MPa <  $0,6f_{ck} = 30,00$  MPa **vyhovuje**

$\sigma_{c,max} = N \cdot x / [\alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (d - x) + \alpha_e \cdot A_{s2} \cdot (d_2 - x) - 0,5 \cdot b \cdot x^2]$

**Napätie v ťahovej výstuži**  $\sigma_s = 264,59$  MPa <  $0,8f_{yk} = 400,00$  MPa **vyhovuje**

$\sigma_s = \alpha_e \cdot (d - x) / x \cdot \sigma_{c,max}$

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

## KONTROLA TRHLÍN

### Minimálna plocha ťahovej výstuže

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

Plocha betónu v ťahovej oblasti

$$f_{ct,eff} = 3,2 \text{ MPa}$$

$$A_{ct} = 100000 \text{ mm}^2$$

Max. prípustné napätie vo výstuži

$$\sigma_s = 280,00 \text{ MPa}$$

$$(a_s = 100 \text{ mm } \phi = 14 \text{ mm})$$

Súčiniteľ vplyvu nerovnomerných

$$k = 1,000$$

samorovnovážnych napätí

Súčiniteľ rozdelenia napätí v priereze

tesne pred vznikom trhlín

$$k_c = 0,4 \cdot [1 - \sigma_c / (k_1 \cdot (h/h^*) \cdot f_{ct,eff})] \leq 1,0$$

$$k_c = 0,8818$$

stredná hodnota napätia v betóne

$$\sigma_c = N_{Ed} / (b \cdot h)$$

$$\sigma_c = -2,56965 \text{ MPa}$$

$$h^* = h \text{ pre } h < 1,0 \text{ m}$$

$$h^* = 200 \text{ mm}$$

$$h^* = 1,0 \text{ m pre } h > 1,0 \text{ m}$$

$$k_1 = 1,5 \text{ ak } N_{Ed} \text{ je tlaková sila}$$

$$k_1 = 0,666667$$

$$k_1 = 2h^*/3h \text{ ak } N_{Ed} \text{ je ťahová sila}$$

$$\text{Minimálna plocha ťahovej výstuže } A_{s,min} = 1007,78 \text{ mm}^2 < A_{s,1} = 1539,4 \text{ mm}^2 \text{ vyhovuje}$$

### Výpočet šírky trhlín

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Napätie v ťahovej výstuži

$$\sigma_s = 264,59 \text{ MPa}$$

(predpoklad - prierez s trhlinou)

Pomer modulov  $E_s/E_{cm}$

$$\alpha_e = 5,88$$

$$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 \cdot A_p') / A_{ceff}$$

$$\rho_{p,eff} = 0,024734$$

plocha ťahovej výstuže  $A_s$

$$A_s = 1539 \text{ mm}^2$$

plocha predpínacej výstuže  $A_p'$

$$A_p' = 0 \text{ mm}^2$$

účinná plocha v ťahu  $A_{ceff} = b \cdot h_{ceff}$

$$A_{ceff} = 62236,7 \text{ mm}^2$$

$$h_{ceff} = \min \{2,5(h-d); (h-x)/3; h/2\}$$

$$h_{ceff} = 62,2 \text{ mm}$$

súčiniteľ trvania zaťaženia

$$k_t = 0,6 \text{ (krátkodobé zaťaženie)}$$

Max. vzdialenosť susedných trhlín

$$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x)$$

$$\text{pre } a_s > 5 \cdot (c + \phi/2) = 285$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff}$$

$$\text{pre } a_s \leq 5 \cdot (c + \phi/2) = 285$$

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$a_s = 100 \text{ mm} < 5 \cdot (c + \phi/2) = 285,0 \text{ mm}$$

$$s_{r,max} = 266,2 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000878 > 0,6 \cdot \sigma_s / E_s = 0,000794$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000878$$

### Šírka trhliny

$$w_k = 0,23 \text{ mm} < w_{max} = 0,3 \text{ mm} \text{ vyhovuje}$$

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



## ŠMYKOVÁ ODOLNOSŤ PRIEREZU ŽB CHODNÍKOVEJ DOSKY V POZDĹŽNOM SMERE

Vnútorne sily (komb. pre max V):		VI. tiaž	Ostatné zať.	Char. hod.	$\gamma_F$	Návrh. hod.
Šmyková sila		$V_z = -3,75 + 29,84 =$		26,09	<b>1,35</b>	<b>= 35,2215</b>
Moment	(kNm/m)	$M_y = -6,17 + -15,50 =$		-21,67	<b>1,35</b>	<b>= -29,2545</b>
Normálová sila	(kN/m)	$N = 0,00 + -22,09 =$		-22,09	<b>1,35</b>	<b>= -29,8215</b>

<b>Betón</b>	<b>C35/45</b>
Char. valcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} = 35$ MPa
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$
Súčiniteľ vplyvu dlhodobých účinkov	$\alpha_{cc} = 1,0$
Návrhová pevnosť v tlaku	$f_{cd} = 23,33$ MPa

<b>Pozdĺžna ťahová výstuž</b>	<b>10</b>	<b><math>\phi</math> 14 mm</b>	<b>B500B</b>	(10505 (R))
Charakteristická medza klzu	$f_{yk} = 500$ MPa			
Parc. súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_s = 1,15$			
Návrhová medza klzu	$f_{yd} = 434,78$ MPa			

<b>Prierezové charakteristiky</b>	
Šírka prierezu	$b = 1000$ mm
Výška prierezu	$h = 200$ mm
Celková plocha prierezu	$A_c = 200000$ mm <sup>2</sup>
Plocha ťahovej výstuže	$A_{s1} = 1539$ mm <sup>2</sup>
Krytie ťahovej výstuže	$c = 50$ mm
	$d_1 = 57$ mm
Účinná výška prierezu	$d = 143$ mm
Vzd. neut. osi od tlačeneho okraja	
$x = (A_{s1} \cdot f_{yd} - N_{Ed}) / (0,8 \cdot b \cdot f_{cd})$	$x = 37,5$ mm
Rameno vnútorných síl $z = d - 0,4 \cdot x$	$z = 128,0$ mm

<b>Šmyková odolnosť betónu bez šmykovej výstuže</b>	
Ťahová výstuž pokračujúca do vzdialenosti $\geq l_{bd} + d$ za uvažovaný rez	<b>10</b> $\phi$ 14 mm $\Rightarrow A_{s1} = 1539$ mm <sup>2</sup>
$\rho_l = A_{s1} / (b_w d) \leq 0,02$	$\rho_l = 0,011 < 0,02$
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2f_{cd}$	$\sigma_{cp} = 0,149$ MPa $< 4,67$ MPa
$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0$	$k = 2,183 > 2,00 \Rightarrow k = 2,00$
$C_{RD,c} = 0,18/\gamma_c$	$C_{RD,c} = 0,12$
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$	$v_{min} = 0,59$
$V_{Rd,c} = [C_{RD,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	$V_{Rd,c} = 118,25$ kN
$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$	$V_{Rd,c,min} = 86,95$ kN $< V_{Rd,c} = 118,25$ kN <b>vyhovuje</b>
$V_{Rd,c,max} = 0,5 \cdot b_w \cdot d \cdot v \cdot f_{cd}$	$V_{Rd,c,max} = 860,86$ kN $> V_{Rd,c} = 118,25$ kN <b>vyhovuje</b>
$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$	$v = 0,516$

<b>Priečna sila prenášaná betónom:</b>	<b><math>V_{Rd,c} = 118,25</math> kN</b>	<b><math>&gt; V_{Ed} = 35,22</math> kN</b>
--	--	--

Navrhujeme len konštrukčnú šmykovú výstuž.

<b>Návrh šmykovej výstuže - pomocou strmienkov</b>	
Sklon šmykovej výstuže (strmienkov)	$\alpha = 90^\circ$ (1,5708)rad
Sklon tlakových diagonál	$\cotg \theta = 1,0 \rightarrow \theta = 45,00^\circ$ (0,7854)rad
Max. vzdialenosť strmienkov	
$s_{l,max} = \min\{0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha); 400\text{mm}\}$	$s_{l,max} = 107,25$ mm $\rightarrow s_l = 100$ mm
Max. vzdialenosť vetiev strmienkov	
$s_{t,max} = \min\{0,75 \cdot d; 600\text{mm}\}$	$s_{t,max} = 107,25$ mm $\rightarrow s_t = 100$ mm
<b>Návrh strmienkov</b>	<b>10,0</b> $\phi$ 6 mm <b>B500B</b> (10505 (R)) <b>à 100 mm</b>

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne (ITMS kód projektu 304010U647)

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja