

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ



PŘÍLOHA 2.3

POSOUZENÍ MSP VE SMĚRU Y

MSP - směr y

ohybové momenty od kombinací zatížení

- charakteristické $M_k = 321,1 \text{ kNm}$
- časté $M_f = 308,4 \text{ kNm}$
- kvazi-státé $M_{qp} = 303,4 \text{ kNm}$

Kratkodobé zatížení

a) bez křivlin

$$E_{q,eff} = E_{q,m} = 33,5 \text{ GPa}$$

$$\kappa_{cr,F} \frac{E_s}{E_{q,eff}} = \frac{210}{33,5} = 6,27$$

Výška tláč. oblasti

$$\frac{1}{2} b \cdot x_{i,ist}^2 = \frac{1}{2} b \cdot (h - x_{i,ist})^2 + A_{s,prov} \cdot \alpha_{est} \cdot (d_y - x_{i,ist})$$

$$\frac{1}{2} \cdot 200 \cdot x_{i,ist}^2 = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot (930 - x_{i,ist})^2 + 1847 \cdot 6,27 \cdot (883 - x_{i,ist})$$

$$x_{i,ist} = 489,5 \text{ mm}$$

$$a_{i,ist} = x_{i,ist} - \frac{h}{2} = 489,5 - \frac{930}{2} = 24,5 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_{y,ist} = \frac{1}{12} b h^3 + b h a_{i,ist}^2 + \alpha_{est} \cdot A_{s,prov} \cdot (d_y - x_{i,ist})^2 =$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 930^3 + 200 \cdot 930 \cdot 24,5^2 + 6,27 \cdot 1847 \cdot (883 - 489,5)^2 = 1,53 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Moment na vnitřní křivce

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{I_{y,ist}}{h - x_{i,ist}} = 3,2 \cdot \frac{1,53 \cdot 10^{10}}{930 - 489,5} = 121,5 \text{ kNm} < M_k = 321,1 \text{ kNm}$$

b) s křivlinami

$$x_{i,ist} = \frac{\alpha_{est} \cdot A_{s,prov}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2b \cdot d_y}{\alpha_{est} \cdot A_{s,prov}}} \right) = \frac{6,27 \cdot 1847}{200} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 200 \cdot 883}{6,27 \cdot 1847}} \right) =$$
$$= 267,1 \text{ mm}$$

$$I_{y,ist} = \frac{1}{3} b x_{i,ist}^3 + \alpha_{est} \cdot A_{s,prov} \cdot (d_y - x_{i,ist})^2 = \frac{1}{3} \cdot 200 \cdot 267,1^3 + 6,27 \cdot 1847 \cdot (883 - 267,1)^2 =$$
$$= 5,7 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Dlouho doba zatížení

a) bez trhlin

$$t_0 = 28 \text{ dní}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot 200 \cdot 930}{2 \cdot 930 + 2 \cdot 200} = 164,6 \text{ mm}$$

$$\varphi = 1,61$$

$$E_{\text{eff,II}} = \frac{E_{cu}}{1 + \varphi} = \frac{33,5}{1 + 1,61} = 12,84 \text{ GPa}$$

$$\alpha_{e,II} = \frac{E_s}{E_{\text{eff,II}}} = \frac{210}{12,84} = 16,4$$

Výška klac. oblasti

$$\frac{1}{2} b \cdot x_{i,II}^2 = \frac{1}{2} b (h - x_{i,II})^2 + \alpha_{e,II} \cdot A_{s,prov} (d_y - x_{i,II})$$

$$\frac{1}{2} 200 \cdot x_{i,II}^2 = \frac{1}{2} 200 (930 - x_{i,II})^2 + 16,4 \cdot 1847 (883 - x_{i,II})$$

$$x_{i,II} = 523,5 \text{ mm}$$

$$a_{i,II} = x_{i,II} - \frac{h}{2} = 523,5 - \frac{930}{2} = 58,5 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_{y,II} = \frac{1}{12} b l^3 + b h a_{i,II}^2 + \alpha_{e,II} A_{s,prov} (d_y - x_{i,II})^2 = \frac{1}{12} 200 \cdot 930^3 + 200 \cdot 930 \cdot 58,5^2 + 16,4 \cdot 1847 (883 - 523,5)^2 = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

Moment na vzniku trhlin

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{I_{y,II}}{h - x_{i,II}} = 3,2 \cdot \frac{1,8 \cdot 10^{10}}{930 - 523,5} = 141,7 \text{ kNm} < M_k = 321,1 \text{ kNm}$$

b) s trhlínami

$$x_{i,II} = \frac{\alpha_{e,II} \cdot A_{s,prov}}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d_y}{\alpha_{e,II} \cdot A_{s,prov}}} \right) = \frac{16,4 \cdot 1847}{200}$$

$$\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 200 \cdot 883}{16,4 \cdot 1847}} \right) = 387,4 \text{ mm}$$

$$I_{y,II} = \frac{1}{3} b x_{i,II}^3 + \alpha_{e,II} A_{s,prov} (d_y - x_{i,II})^2 = \frac{1}{3} 200 \cdot 387,4^3 + 16,4 \cdot 1847 (883 - 387,4)^2 = 1,13 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

	st		It		
	I	II	I	II	
ψ	0		1,61		-
x_e	6,27		16,4		-
F_{ress}	33,5		12,84		6Pa
x_i	489,5	267,1	523,5	387,4	mm
I_y	$1,53 \cdot 10^{10}$	$5,7 \cdot 10^9$	$1,8 \cdot 10^{10}$	$1,13 \cdot 10^{10}$	mm ⁴
M_{or}	121,5		141,7		kNm

Posouzení z hlediska napětí

1) napětí v tažené výztuži

$$\sigma_s = \alpha_{e, st} \cdot \frac{M_k}{I_{y, st}} \cdot (d_y - x_{i, st}) = 6,27 \cdot \frac{321,1 \cdot 10^6}{5,7 \cdot 10^9} \cdot (883 - 267,1) = 217,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 217,5 \text{ MPa} < 0,8 \cdot f_{yk} = 400 \text{ MPa} \dots \text{ vyhoví}$$

2) Hlbové napětí v betonu za char. zatížení

$$\sigma_{cc} = \frac{M_k}{I_{y, st}} \cdot x_{i, st} = \frac{321,1 \cdot 10^6}{5,7 \cdot 10^9} \cdot 267,1 = 15,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cc} = 15,1 \text{ MPa} < 0,6 \cdot f_{ck} = 21 \text{ MPa}$$

3) Hlbové napětí v betonu za kvazi-stálého zatížení

$$\sigma_{ct} = \frac{M_{qp}}{I_{y, It}} \cdot x_{i, It} = \frac{303,4 \cdot 10^6}{1,13 \cdot 10^{10}} \cdot 387,4 = 10,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ct} = 10,4 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 15,75 \text{ MPa} \dots \text{ vyhoví}$$

Posouzení z hlediska trhlin $w_k = 0,3 \text{ mm}$

$$A_{s, min} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{t, res} \cdot \sigma_{ct}}{\sigma_{st}} = \frac{0,4 \cdot 1,0 \cdot 3,2 \cdot 88100}{320} = 352,4 \text{ mm}^2 < A_{s, prov} = 1847 \text{ mm}^2$$

$$A_{ct} = (h - x_{i, It}) \cdot b = (930 - 489,5) \cdot 200 = 88100 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{st} = 320 \text{ MPa} \dots$$

Redukované napětí ve výztuži

$$\sigma_s = \alpha_{e, It} \cdot \frac{M_{qp}}{I_{y, It}} \cdot (d_y - x_{i, It}) = 16,4 \cdot \frac{303,4 \cdot 10^6}{1,13 \cdot 10^{10}} \cdot (883 - 387,4) = 218,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 218,2 \text{ MPa} < \sigma_{st} = 320 \text{ MPa} \dots \text{ vyhoví}$$

\Rightarrow šířka trhlin nebude nadměrná

$$k_c = 0,4$$

$$k = 1,0$$