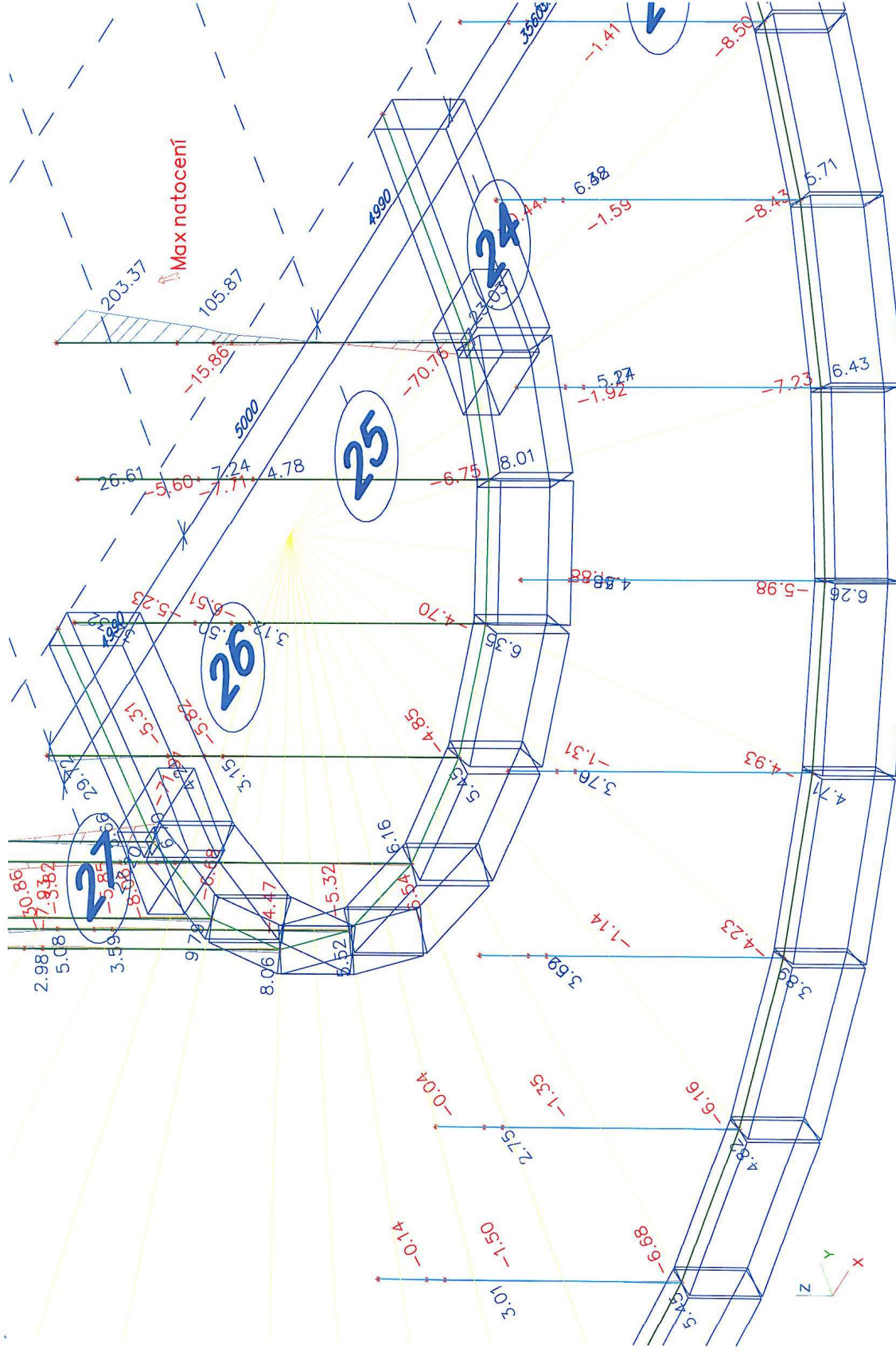


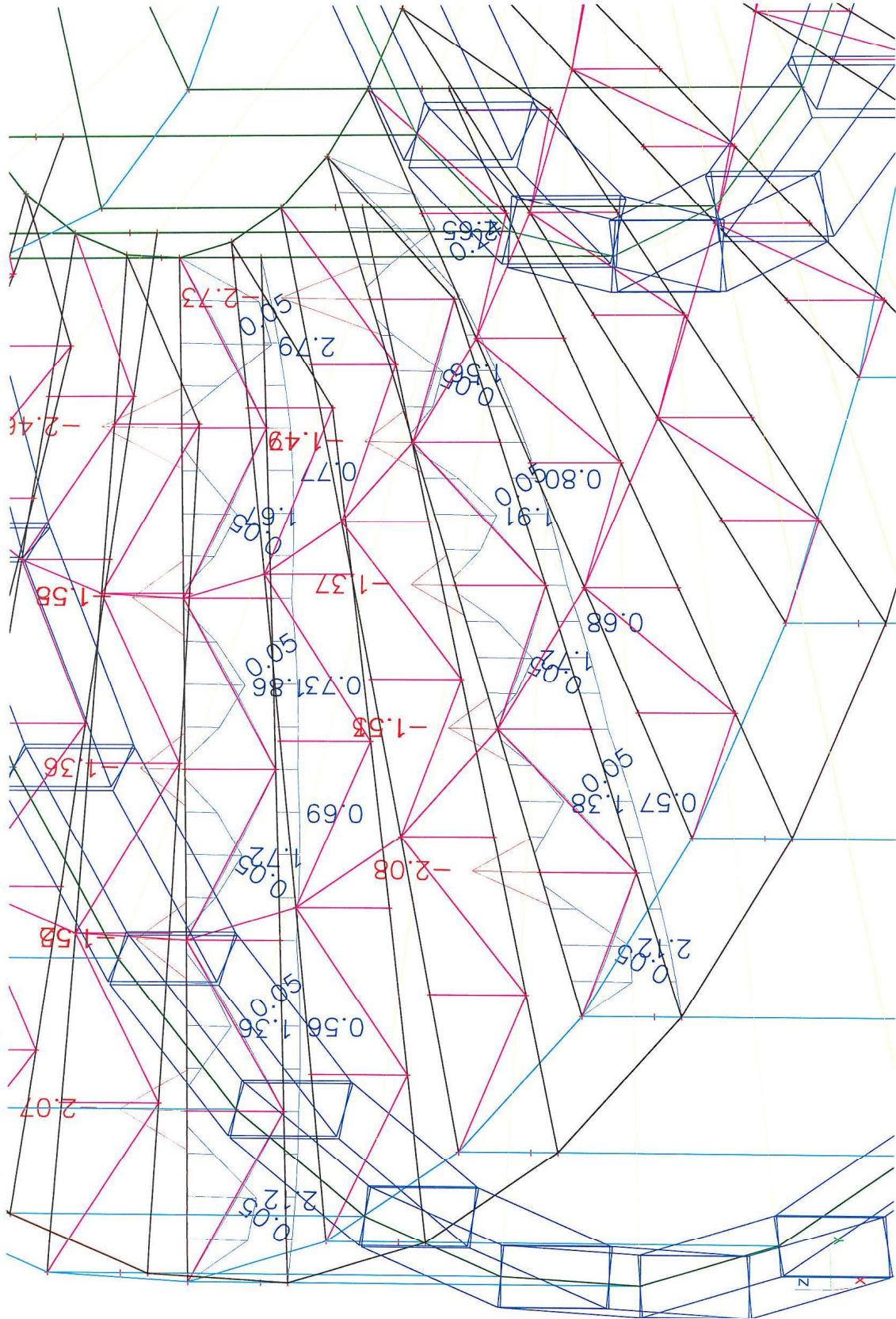
6.5.5.7. Vnitřní síly v OK sloupech - My



18.82
0
Max natocení



6.5.5.10. Vnitřní síly v OK příhradových vaznicích - M_y



Projekt	Technologický park Kar. kraje
Část	Objekt IV
Popis	Nosná konstrukce objektu konferenčního sálu
Autor	Ing. Martin Šafařík

7. Předběžné posouzení konstrukcí

Akce: K. Vary; Vědeckotechnický park
 Zpracoval: Ing. M. Šafařík
 Datum: 12.10.2012
 Objekt: Objekt IV.
 Prvek: Základový pas pod ocelovou kci-obvodový
 Druh zeminy: Jíl plastický F6 tuhý až pevný

VÝPOČET ÚNOSNOSTI ZÁKLADOVÉ PŮDY
 pod obdélníkovým plošným základem
 podle ČSN 731001

Vstupní údaje:

	úroveň přízemí (±0) =	385,50	[m n.m.]
	úroveň základové spáry relativní	-1,50	[m]
	úroveň základové spáry absolutní	384,00	[m n.m.]
Vd	výslednice sil (v těžišti základu)	470	[kN]
Mdx	moment ve směru šířky základu	31	[kNm]
Mdy	moment ve směru délky základu	0	[kNm]
b	šířka základu (menší rozměr)	0,50	[m]
l	délka základu	10,00	[m]
d	hloubka založení	1,20	[m]
fi	úhel vnitřního tření zeminy	0	[°]
c	normová soudržnost zeminy	77	[kPa]
gama 1	objem. tíha zeminy nad základ. sparou	19,00	[kN/m ²]
gama 2	objem. tíha zeminy pod základ. sparou	21,00	[kN/m ²]
delta	úhel odklonu sil od svislice	0	[°]

Výpočet:

Rd	výpočtová únosnost základové půdy	254	[kPa]
ex	exc. výslednice ve směru šířky základu	0,07	[m]
ey	exc. výslednice ve směru délky základu	0,00	[m]
sigma d	namáhání základové půdy	128	[kPa]

Posouzení:

	namáhání základové půdy	1
	excentricita ve směru šířky základu	1
	excentricita ve směru délky základu	1
max Vd	možné zatížení při dané excentricitě	934

Akce: K. Vary; Vědeckotechnický park
 Zpracoval: Ing. M. Šafařík
 Datum: 12.10.2012
 Objekt: Objekt IV.
 Prvek: Základový pas pod ocelovou kci-vnitřní
 Druh zeminy: Jíl plastický F6 tuhý až pevný

VÝPOČET ÚNOSNOSTI ZÁKLADOVÉ PŮDY pod obdélníkovým plošným základem podle ČSN 731001

Vstupní údaje:

	úroveň přízemí (± 0) =	385,50	[m n.m.]
	úroveň základové spáry relativní	-1,50	[m]
	úroveň základové spáry absolutní	384,00	[m n.m.]
Vd	výslednice sil (v těžišti základu)	1030	[kN]
Mdx	moment ve směru šířky základu	60	[kNm]
Mdy	moment ve směru délky základu	0	[kNm]
b	šířka základu (menší rozměr)	0,70	[m]
l	délka základu	10,00	[m]
d	hloubka založení	1,20	[m]
fi	úhel vnitřního tření zeminy	0	[°]
c	normová soudržnost zeminy	77	[kPa]
gama 1	objem. tíha zeminy nad základ. sparou	19,00	[kN/m ²]
gama 2	objem. tíha zeminy pod základ. sparou	21,00	[kN/m ²]
delta	úhel odklonu sil od svislice	0	[°]

Výpočet:

Rd	výpočtová únosnost základové půdy	250	[kPa]
ex	exc. výslednice ve směru šířky základu	0,06	[m]
ey	exc. výslednice ve směru délky základu	0,00	[m]
sigma d	namáhání základové půdy	177	[kPa]

Posouzení:

	namáhání základové půdy	1
	excentricita ve směru šířky základu	1
	excentricita ve směru délky základu	1
max Vd	možné zatížení při dané excentricitě	1458

Akce: K.Vary, VTP kar. Kraje
 Zpracoval: Ing. Martin Šafařík
 Datum: 12.10.2012
 Prvek: Základová patna modul D'24

VÝPOČET PATEK HALOVÝCH OBJEKTŮ

Zadání rozměrů:

Patka:	délka	B1	1,50	[m]
	šířka	B2	1,50	[m]
	výška	D	1,20	[m]
Dos. plocha:	délka	Bo1	0,30	[m]
	šířka	Bo2	0,30	[m]
Zemina:	výpočet.únosnost		220	[kPa]

Zatěžovací údaje (v patě sloupu):

		Rz [kN]	Rx [kN]	Ry [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1,35	Vlastní tíha	62,1	0,0	0,0	0,0	0,0
1,35	Ostatní stálé	131,4	2,3	8,4	-19,7	-4,4
1,5	Snih	71,3	0,9	4,4	-10,1	-1,4
1,5	Jiné nahodilé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,5	Příčný vítr (vítr 1)	-32,7	-0,6	6,4	-16,5	1,3
-1,5		-29,7	1,0	-12,5	-19,1	0,9
1,5	Podélný vítr (vítr 2)	-36,1	-2,0	-0,3	1,5	4,4
-1,5		-28,8	0,5	-1,8	4,1	-1,6

Výpočtové kombinace (v základové spáře):

		Rz [kN]	Rx [kN]	Ry [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
Komb. 1	max. svislé + vítr 1	319,2	3,7	27,6	-62,0	27,1
Komb. 2	max. svislé - vítr 1	323,7	6,0	-0,8	-63,1	-7,6
Komb. 3	max. svislé + vítr 2	314,1	1,5	17,5	-37,6	19,6
Komb. 4	max. svislé - vítr 2	325,0	5,3	15,3	-29,1	8,1
Komb. 5	min. svislé + vítr 1	125,1	1,3	17,2	-41,0	18,6
Komb. 6	min. svislé - vítr 1	129,6	3,6	-11,2	-42,1	-16,1
Komb. 7	min. svislé + vítr 2	120,0	-0,9	7,1	-16,6	11,1
Komb. 8	min. svislé - vítr 2	130,9	2,8	4,9	-8,1	-0,4

Výpočet:

		e1 [m]	e2 [m]	sigma [kPa]	alfa1 [°]	alfa 2 [°]
Komb. 1	max. svislé + vítr 1	-0,19	0,08	216	0,66	4,95
Komb. 2	max. svislé - vítr 1	-0,19	-0,02	201	1,07	-0,13
Komb. 3	max. svislé + vítr 2	-0,12	0,06	181	0,28	3,18
Komb. 4	max. svislé - vítr 2	-0,09	0,02	170	0,93	2,70
Komb. 5	min. svislé + vítr 1	-0,33	0,15	123	0,58	7,84
Komb. 6	min. svislé - vítr 1	-0,32	-0,12	122	1,60	-4,92
Komb. 7	min. svislé + vítr 2	-0,14	0,09	75	-0,42	3,37
Komb. 8	min. svislé - vítr 2	-0,06	0,00	64	1,24	2,16
Max		-0,06	0,15	216	1,60	7,84
Min		-0,33	-0,12	64	-0,42	-4,92

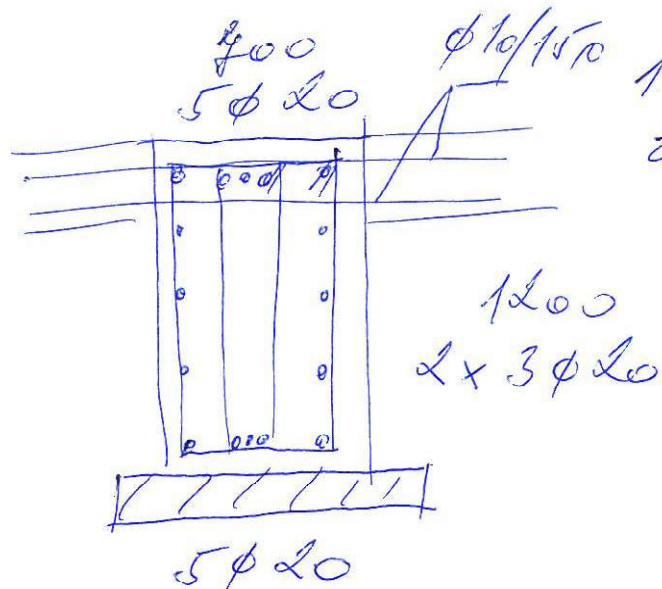
návrh výztuže
 viz
 další strany

Moh1	Moh2
[kNm/m']	[kNm/m']
44,90	44,90

Posouzení základu:

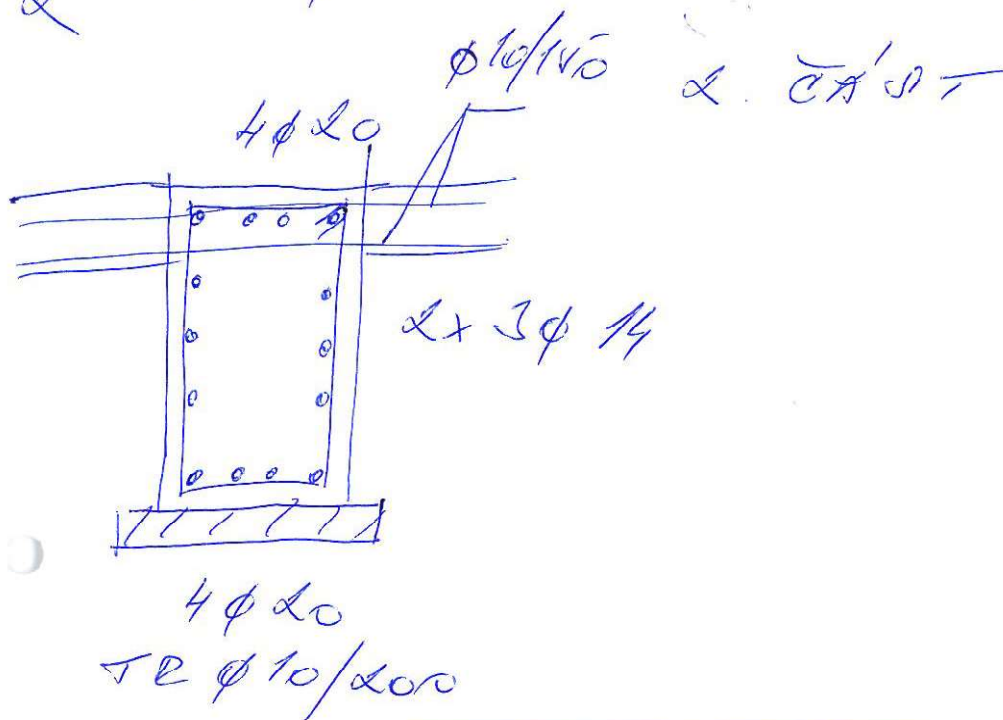
excentricita zatížení - 1	1
-2	1
namáhání základ.půdy	1

ВНУТРЕННИЙ ОТЛОУКОВЫЙ ЗАКЛАДОВЫЙ ЖАБ

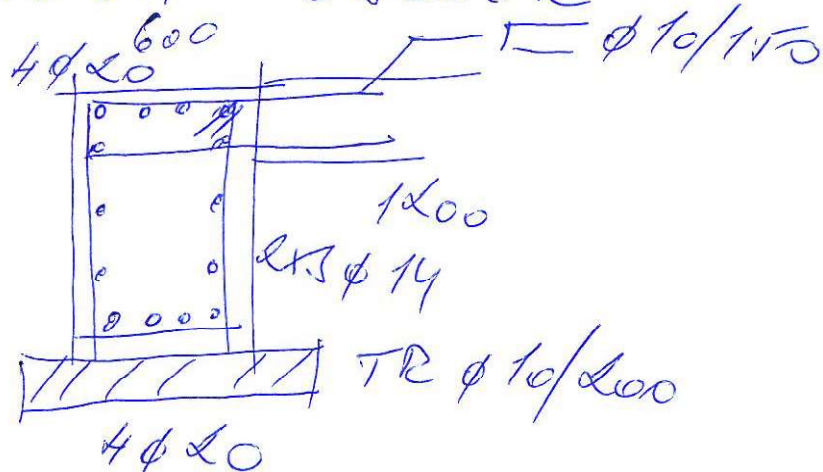


1 ЧАСТЬ ОТ МОДУЛЯ Е
ЗА ВЕЛКУ ДАН

2x TR φ10/200



ВНЕШНИЙ ОТЛОУК



Prvek Základový pas G24-G27-spodní výztuž

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

Návrhová životnost

Požární odolnost

Materiály:

XC4

80

let

REI

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 473$ kNm

$m_{Ed,q} = 254,00$ $m_{Ed,ch} = 330,00$ kNm

$V_{Ed} = 304$ kN

Zadání geometrie

h 1200 mm

b 700 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu	
$\gamma_c = 1,50$ součinitel spolehlivosti materiálu		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}

po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
ϕ i =	20	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	1257	0	0	0
$a_{s1} =$	1257			
$d_1 =$	60			
$d =$	1140			

$$s_1 = 173 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max}$$

Ok

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$$

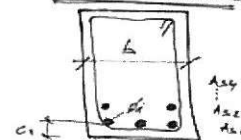
$$= s_{min} \quad 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - ODESLAV



$d_1 = 60$ mm
 $d = 1140$ mm
 $d_2 = 60$ mm
 $d_3 = 60$ mm
 $d_4 = 60$ mm

Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 48,8 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0428 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 612,19 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 473 < m_{Rd} = 612,19 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \quad \text{Vyhovuje}$$

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1257 > a_{s,min} = 1201,9 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 1257 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 1201,92 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 1037,40 \text{ mm}^2$$

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 2856,083 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1120 \text{ mm}$$

Třminky

n = 2 počet střihů na třmínku

ϕ i = 10 mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 157 \text{ mm}^2$ - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 956,55 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 304 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 956,55 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 855,0 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 256,06 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 256,06 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být

$$|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$$

- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit

$$|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$$

pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku

$$|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,84640 \text{ m}^2$$

$$a_{gr} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,604 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gr} - 0,5 h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gr})^2 = 0,102651 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gr})} = 498,938 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Edq} = \frac{254 \text{ kN} \cdot \text{m}}{1} \leq m_{cr} = 498,938 \text{ kNm/m}$$

Trhliny nevzniknou

Průřez s trhlinami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,1473 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0082883 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinaci zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 4,515 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 240,726 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\sigma_s - k_t \cdot \frac{\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 185,3 \text{ Mpa}$

$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,1050 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{150,00; 350,89; 600\} h_{c,ef} = 150,00 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1257 \text{ mm}^2$

$a_p =$ přepnutí výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01197$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000407 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0005559$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0005559$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s < 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 454,092 \text{ mm}$

Případ $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1496,58 \text{ mm}$

$c = 50$ krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$ pro ohyb

$k_3 = 3,4$ doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$ doporučená hodnota

$\phi = 20$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 300 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže $173,33 \text{ mm}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 454,09 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,2524 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 3 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil $m_{Ed} = 503$ kNm $m_{Ed,q} = 304,00$ $m_{Ed,ch} = 360,00$ kNm $V_{Ed} = 245$ kN**Zadání geometrie**

h = 1200 mm

b = 700 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	10 505 R	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$f_{yd} = 2,17$ [%]		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa					
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [%]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku

 ηf_{cd} po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

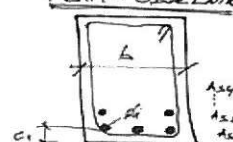
	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	20	0	0	0
ks =	5	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	1571	0	0	0
$a_{s1} =$	1571			
$d_1 =$	60			
$d =$	1140			

 $s_1 = 125$ mm $s \leq s_{s1,max}$

Ok

min. vzdálenosti prutů $s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$ $= s_{min} = 37$ mm $k_1 = 1,2$ $k_2 = 5$ $d_g = 32$ mm

TRAM - ODESLÁV

**Posouzení**

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 61,0 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0535 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 761,91 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 503 < m_{Rd} = 761,91 \text{ kNm/m}$$

 $m_{Ed} < m_{Rd}$ Vyhovuje**Kontrola vyztužení**

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1571 > a_{s,min} = 1201,9 \text{ mm}^2$$

 $a_{s1} > a_{s,min}$ Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 1571 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 2843,648 \text{ kN}$$

 $\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$ $|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$ Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu $\cot \Theta = 2,5$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1116 \text{ mm}$$

Třminky

n = 2 počet stříhů na třmínku

 $\phi i = 10$ mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

 $A_{sw} = 157$ mm² - plocha třmínků $a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 952,39 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 245 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 952,39 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 855,0 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 256,06 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 256,06 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$
pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$

Průřez bez trhlin:

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0,84800 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,605 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5 h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,103110 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 502,018 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Edq} = 304 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 502,018 \text{ kN/m}$$

Trhliny nevzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,1634 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0101428 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 4,897 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 211,124 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

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

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 178,3 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,1050 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{150,00; 345,54; 600\} h_{c,ef} = 150,00 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0,6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1571 \text{ mm}^2$

$a_p =$ přepnutí výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01496$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000469 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0005348$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0005348$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 397,273 \text{ mm}$

Případ $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 1480,73 \text{ mm}$

$c = 50$ krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$ pro ohyb

$k_3 = 3,4$ doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$ doporučená hodnota

$\phi = 20$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 300 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže $125,00 \text{ mm}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

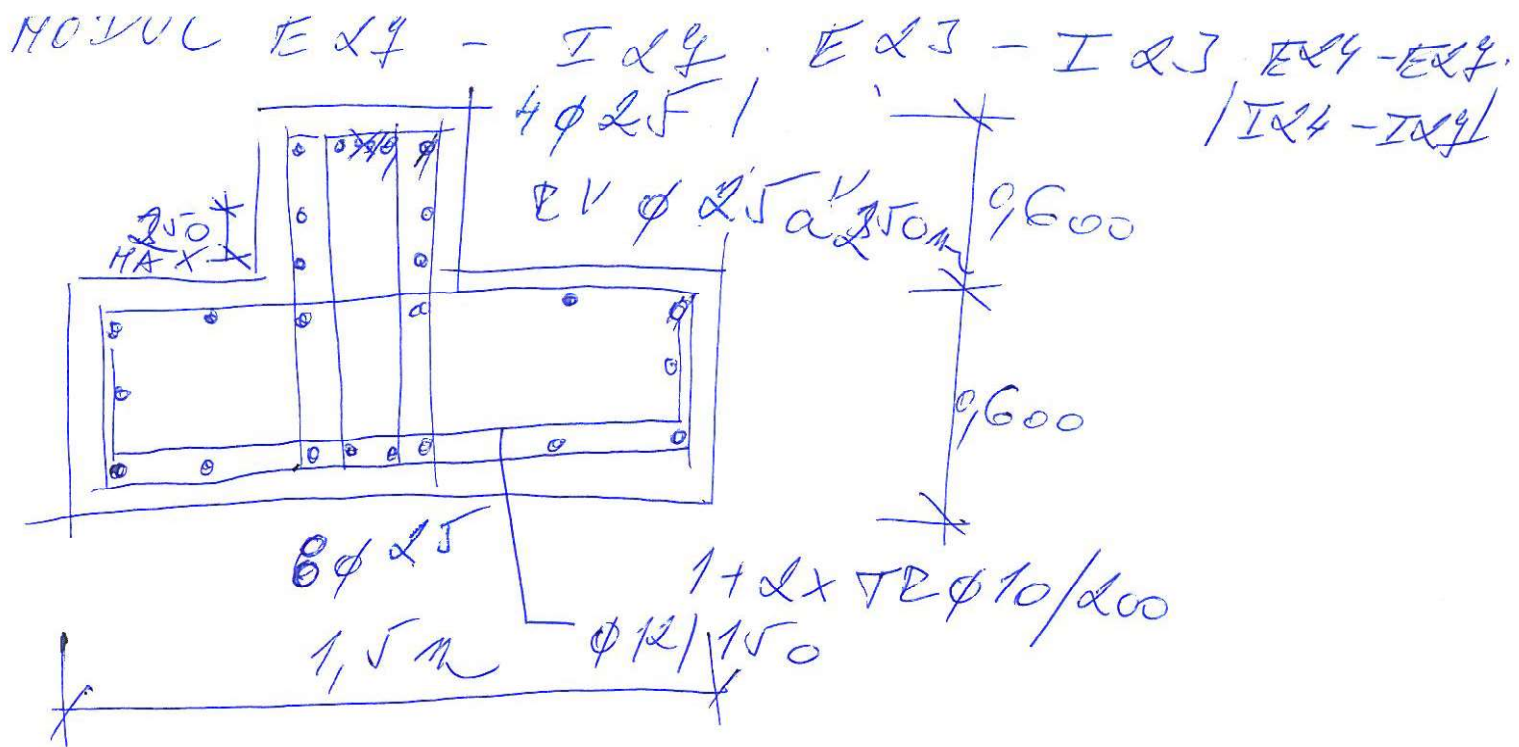
$s_{r,max} = 397,27 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

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

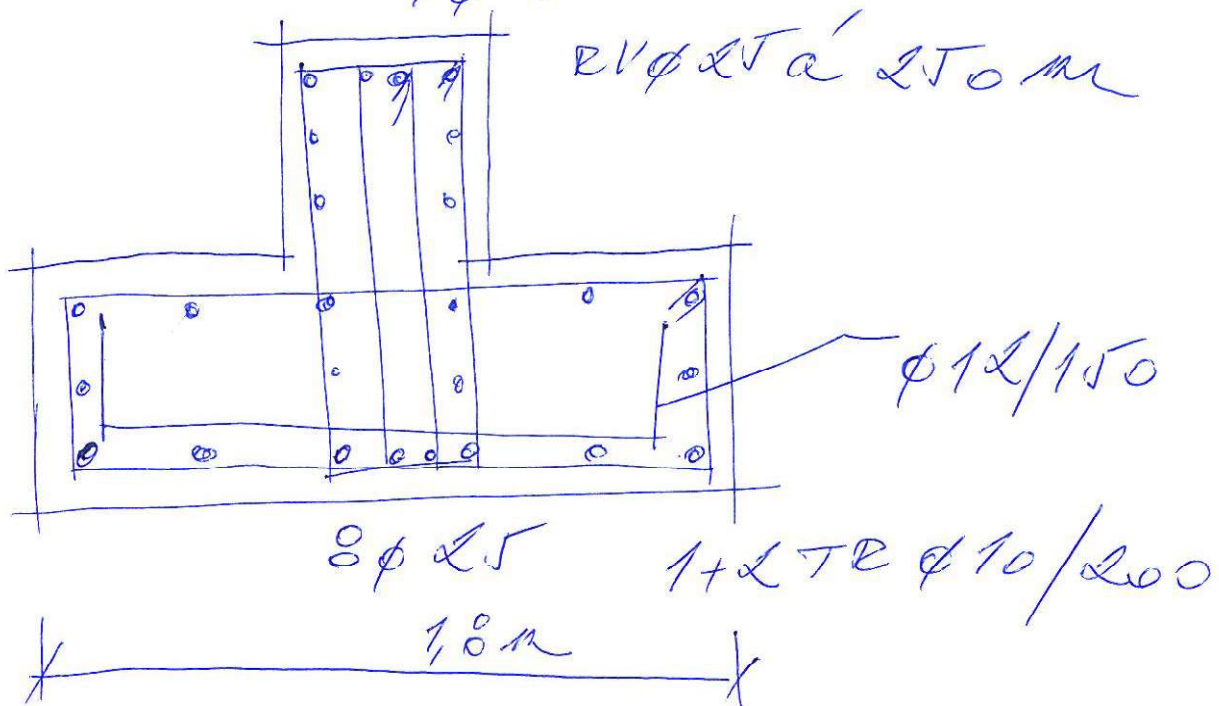
$w_k = 0,2125 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje



MODUL E24 - I24

4φ25



Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 892$ kNm

$m_{Ed,q} = 590,00$ $m_{Ed,ch} = 647,00$ kNm

$V_{Ed} = 520$ kN

Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 700 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu	
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}

po výšce λx

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	25	0	0	0
ks =	6	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	2945	0	0	0
$a_{s1} =$	2945			
$d_1 =$	63			
$d =$	1138			

$s_1 = 90$ mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$$

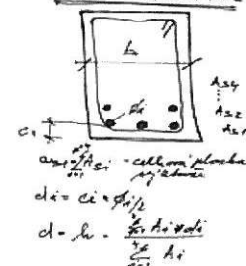
$s_{min} = 37$ mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$ mm

TRAM - ODELNÍK



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 114,3 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1005 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 1398,05 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 892 < m_{Rd} = 1398,05 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$ Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 2945 > a_{s,min} = 1199,3 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$ Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 2945 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 2782,875 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$ Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu $\cot \Theta = 2,5$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1092 \text{ mm}$$

Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi_i = 10$ mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 157$ mm² - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 932,03 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 520 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 932,03 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 853,1 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s_{vy,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 256,06 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{vy,min}, s_w) = 256,06 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$
pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_t = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0,85499 \text{ m}^2$$

$$a_{gr} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_t} = 0,609 \text{ m}$$

$$I_t = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gr} - 0,5 h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gr})^2 = 0,105056 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_t \cdot f_{cm}}{(h - a_{gr})} = 515,246 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed,q} \leq m_{cr} \text{ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou}$$

$$m_{Ed,q} = 590 \text{ kN / m} \leq m_{cr} = 515,246 \text{ kN/m}$$

Trhliny vzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,2172 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0175842 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinaci zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 7,287 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 206,248 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

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

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou $\sigma_s = \alpha_e \frac{M_{Ed,eq} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 188,1 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,1094 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\} = \min\{156,25; 327,60; 600\} = 156,25 \text{ mm}$

Voliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0,6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$k_t = 0,4$

$a_s = 2945 \text{ mm}^2$

$a_p =$ přepnutí výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,02693$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000690 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0005642$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0006900$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 327,829 \text{ mm}$

Případ $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 1411,37 \text{ mm}$

$c = 50$ krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$ pro ohyb

$k_3 = 3,4$ doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$ doporučená hodnota

$\phi = 25$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 312,5 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže $90,00 \text{ mm}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 327,83 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,2262 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

Prvek Základový pas E24-E27-horní výztuž

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 512$ kNm

$m_{Ed,q} = 332,00$ $m_{Ed,ch} = 373,00$ kNm

$V_{Ed} = 520$ kN

Zadání geometrie

h 1200 mm

b 700 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	10 505 R	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku

po výšce λx

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	25	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	1963	0	0	0
$a_{s1} =$	1963			
$d_1 =$	63			
$d =$	1138			

$s_1 = 167$ mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$

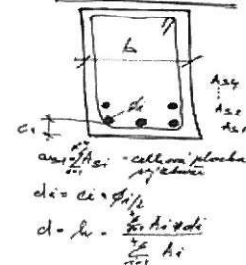
$s_{min} = 37$ mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$ mm

TRAM - ODBĚLNÍK



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 76,2 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0670 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Ed} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 945,05 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 512 < m_{Ed} = 945,05 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Ed}$ Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1963 > a_{s,min} = 1199,3 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$ Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 1963 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 2821,733 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$ - volime

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$ Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu $\cot \Theta = 2,5$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1107 \text{ mm}$$

Třminky

n = 2

počet střihů na třmínku

$\phi_i = 10$

mm - profil třmínku

a = 200

mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 157$

mm² - plocha třmínků

$a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 945,05 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 520 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 945,05 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 853,1 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 256,06 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 256,06 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$
pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$

Průřez bez trhlin:

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0,85000 \text{ m}^2$$

$$a_{gr} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,606 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gr} - 0,5h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gr})^2 = 0,103654 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gr})} = 505,711 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Ed,q} = 332 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 505,711 \text{ kN/m}$$

Trhliny nevzniknou

Průřez s trhlinami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,1808 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0123250 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinaci zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 4,870 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 176,348 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\sigma_s - k_t \cdot \frac{\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou $\sigma_s = \alpha_e \frac{m \cdot E_{d,q} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 157,0$ Mpa

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,1094$ m²

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\} = \min\{156,25; 339,73; 600\} = 156,25$ mm

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1963$ mm²

$a_p =$ předpokládaná výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01795$

$f_{ct,eff} = 2,9$ Mpa - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000427 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0004709$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0004709$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s < 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 406,743$ mm

Případ $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1460,91$ mm

$c = 50$ krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$ pro ohyb

$k_3 = 3,4$ doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$ doporučená hodnota

$\phi = 25$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 312,5$ mm

vzdálenost výztuže $166,67$ mm

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 406,74$ mm

Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,1915$ mm $\leq w_{max} = 0,3$ mm

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 1064$ kNm

$m_{Ed,q} = 710,00$ $m_{Ed,ch} = 774,00$ kNm

$V_{Ed} = 620$ kN

Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 700 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu	
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce λx

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	25	0	0	0
ks =	8	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	3927	0	0	0

$$a_{s1} = 3927 \text{ mm}^2$$

$$d_1 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 1138 \text{ mm}$$

$$s_1 = 57 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max} \text{ Ok}$$

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$$

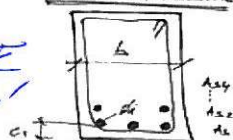
$$= s_{min} \quad 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OBRÁZEK



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 152,4 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1340 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Ed} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 1838,04 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 1064 < m_{Ed} = 1838,04 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Ed} \text{ Vyhovuje}$$

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 3927 > a_{s,min} = 1199,3 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 3927 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 1199,28 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 1035,13 \text{ mm}^2$$

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 2744,017 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1077 \text{ mm}$$

Třminky

n = 2 počet střihů na třmínku

$\phi i = 10$ mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$$A_{sw} = 157 \text{ mm}^2 - \text{plocha třmínků}$$

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 919,02 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 620 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 919,02 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 853,1 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 256,06 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 256,06 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$
pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_t = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0,85999 \text{ m}^2$$

$$a_{gr} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_t} = 0,612 \text{ m}$$

$$I_t = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gr} - 0,5 h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gr})^2 = 0,106441 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_t \cdot f_{cm}}{(h - a_{gr})} = 524,768 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed,q} \leq m_{cr} \text{ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou}$$

$$m_{Ed,q} = 710 \text{ kN / m} \leq m_{cr} = 524,768 \text{ kN/m}$$

Trhliny vzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,2467 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0224832 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 7,791 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 186,777 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

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

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_s)}{I_r}$
 $\sigma_s = 171,3 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu
 $\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,1094 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\} = \min\{156,25; 317,76; 600\} = 156,25 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 3927 \text{ mm}^2$
 $a_p =$ předpřipravená výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,03590$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000660 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0005140$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0006600$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 288,371 \text{ mm}$

Případ $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1361,82 \text{ mm}$

$c = 50$ krytí podélné výztuže
 $k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudržností
 $k_2 = 0,5$ pro ohyb
 $k_3 = 3,4$ doporučená hodnota
 $k_4 = 0,425$ doporučená hodnota
 $\phi = 25$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 312,5 \text{ mm}$
vzdálenost výztuže $57,14 \text{ mm}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 288,37 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,1903 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 597$ kNm

$m_{Ed,q} = 336,00$ $m_{Ed,ch} = 430,00$ kNm

$V_{Ed} = 620$ kN

Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 700 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu	
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yk} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}
po výšce λx

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	25	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	1963	0	0	0
$a_{s1} =$	1963			
$d_1 =$	63			
$d =$	1138			

$s_1 = 167$ mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20mm)$

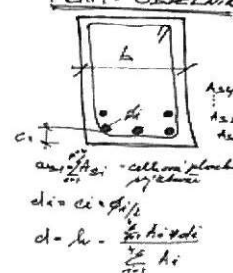
$s_{min} = 37$ mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$ mm

TRAM - OBDELNIK



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 76,2 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0670 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yk} (d - 0,5 \lambda x) = 945,05 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 597 < m_{Rd} = 945,05 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$ Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1963 > a_{s,min} = 1199,3 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$ Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1963 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 2821,733 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$ - volně

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$ Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu $\cot \Theta = 2,5$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1107 \text{ mm}$$

Třminky

n = 2 počet střihů na třmínku

$\phi_i = 10$ mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 157$ mm² - plocha třmínků

$a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 945,05 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 620 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 945,05 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 853,1 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 256,06 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 256,06 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$
pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_t = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0,85000 \text{ m}^2$$

$$a_{gv} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_t} = 0,606 \text{ m}$$

$$I_t = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gv} - 0,5 h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gv})^2 = 0,103654 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_t \cdot f_{cm}}{(h - a_{gv})} = 505,711 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed, q} \leq m_{cr} \text{ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou}$$

$$m_{Edq} = 336 \text{ kN / m} \leq m_{cr} = 505,711 \text{ kN/m}$$

Trhliny nevzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha'_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha'_e \cdot a_s}} \right) = 0,1808 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha'_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0123250 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed, q} \cdot x_r}{I_r} = 4,929 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha'_e \frac{m_{Ed, ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 203,296 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty

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

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,g} \cdot (d - x_r)}{I_r}$
 $\sigma_s = 158,9 \text{ Mpa}$

$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu
 $\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,1094 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{ 2,5(h - d), (h - x) / 3, h / 2; \min\{ 156,25; 339,73; 600 \} \} h_{c,ef} = 156,25 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení
☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1963 \text{ mm}^2$
 $a_p =$ plocha výztuže

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01795$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000436 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0004766$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0004766$

Výpočet $S_{r,max}$

Případ $s \leq 5(c + \phi/2)$

$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 406,743 \text{ mm}$

Případ $s > 5(c + \phi/2)$

$S_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1460,91 \text{ mm}$

$c = 50$ krytí podélné výztuže
 $k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudržností
 $k_2 = 0,5$ pro ohyb
 $k_3 = 3,4$ doporučená hodnota
 $k_4 = 0,425$ doporučená hodnota
 $\phi = 25$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $S_{r,max}$

$5(c + \phi/2) = 312,5 \text{ mm}$
 vzdálenost výztuže $166,67 \text{ mm}$

Případ $s \leq 5(c + \phi/2)$

$S_{r,max} = 406,74 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,1938 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 677$ kNm

$m_{Ed,q} = 459,00$ $m_{Ed,ch} = 494,00$ kNm

$V_{Ed} = 478$ kN

Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 700 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ek} = 30$ Mpa	$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$	$\gamma_s = 1,15$		
$\gamma_c = 1,50$	$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa	$f_{yd} = 434,78$ Mpa		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa	$\varepsilon_{yd} = 2,17$ [‰]		
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku η_{cd}

po výšce λx

$$\eta = \frac{1}{0,8} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu,3}}{\varepsilon_{cu,3} + \varepsilon_{cu,3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetožení

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světllost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i	1	2	3	4
ϕi	25	0	0	0
ks	8	0	0	0
ci	50	0	0	0
ai	3927	0	0	0

$a_{s1} = 3927$ mm²

$d_1 = 63$ mm

$d = 1138$ mm

$s_1 = 57$ mm

$s \leq s_{s1,max}$ Ok

min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$

$= s_{min} = 37$ mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$ mm

TRAM - ODELNÍK

A_{s1}

A_{s2}

A_{s3}

A_{s4}

A_{s5}

A_{s6}

A_{s7}

A_{s8}

A_{s9}

A_{s10}

A_{s11}

A_{s12}

A_{s13}

A_{s14}

A_{s15}

A_{s16}

A_{s17}

A_{s18}

A_{s19}

A_{s20}

A_{s21}

A_{s22}

A_{s23}

A_{s24}

A_{s25}

A_{s26}

A_{s27}

A_{s28}

A_{s29}

A_{s30}

A_{s31}

A_{s32}

A_{s33}

A_{s34}

A_{s35}

A_{s36}

A_{s37}

A_{s38}

A_{s39}

A_{s40}

A_{s41}

A_{s42}

A_{s43}

A_{s44}

A_{s45}

A_{s46}

A_{s47}

A_{s48}

Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 152,4 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1340 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 1838,04 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 677 < m_{Rd} = 1838,04 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$ Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 3927 > a_{s,min} = 1199,3 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$ Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 3927 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 2744,017 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5 - volně$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1077 \text{ mm}$$

Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi i = 10$ mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 157$ mm² - plocha třmínků

$a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 919,02 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 478 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 919,02 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 853,1 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s_{s1,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_s = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{s,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{s,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{s,min}} = 256,06 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{s1,min}, s_w) = 256,06 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$
pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,85999 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,612 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5 h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,106441 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 524,768 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed,q} \leq m_{cr} \text{ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou}$$

$$m_{Edq} = 459 \text{ kN / m} \leq m_{cr} = 524,768 \text{ kN/m}$$

Trhliny nevzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,2467 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0224832 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 5,037 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 119,209 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty

$$\sigma_s - k_t \cdot \frac{\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r}$

$\sigma_s = 110,8 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,1094 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{156,25; 317,76; 600\} h_{c,ef} = 156,25 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0.6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 3927 \text{ mm}^2$

$a_p =$ předpoklad výztuže

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,03590$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000357 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0003323$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0003572$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 288,371 \text{ mm}$

Případ $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 1361,82 \text{ mm}$

$c = 50$ krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$ pro ohyb

$k_3 = 3,4$ doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$ doporučená hodnota

$\phi = 25$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 312,5 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže $57,14 \text{ mm}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 288,37 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,1030 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

Datur 1.6.2012

podle ČSN EN 1992-1-1

Prvek Základový pas E27-I27-horní výztuž, *E27-I27*

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC4

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 246$ kNm

$m_{Ed,q} = 160,00$ $m_{Ed,ch} = 180,00$ kNm

$V_{Ed} = 478$ kN

Zadání geometrie

h = 1200 mm

b = 700 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yd} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\varepsilon_{yd} = 2,17$ [‰]	
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}

po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetožení

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
ϕ i =	25	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	50	0	0	0
ai =	1963	0	0	0

$$a_{s1} = 1963 \text{ mm}^2$$

$$d_1 = 63 \text{ mm}$$

$$d = 1138 \text{ mm}$$

$$s_1 = 167 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max}$$

Ok

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20 \text{ mm})$$

$$= s_{min} = 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - obdélník

POZOROVAT KROUCEK!

anizotropie - celková plocha výztuže

*di = ci * phi_i*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

*di = di - (sum(Ai * di) / sum(Ai))*

Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * \eta * f_{cd}} = 76,2 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0670 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 945,05 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 246 < m_{Rd} = 945,05 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 * f_{ctm} * b_t * d}{f_{yk}}, 0,0013 * b_t * d \right\}$$

$$a_{s1} = 1963 > a_{s,min} = 1199,3 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 48000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1963 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v * f_{cd} * b_w * z * \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 2821,733 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 * \lambda * x = 1107 \text{ mm}$$

Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku

ϕ i = 10 mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 157 \text{ mm}^2$ - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} * f_{yd}}{s} * z * \cot \Theta = 945,05 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 478 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 945,05 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 * d = 853,1 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{vr,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w * s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w * \rho_{w,min}} = 256,06 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{vr,min}, s_w) = 256,06 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být

$$|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$$

- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit

$$|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$$

pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku

$$|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6.091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0.85000 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0.5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0.606 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0.5h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0.103654 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 505.711 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed,q} \leq m_{cr} \text{ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou}$$

$$m_{Ed,q} = 160 \text{ kN / m} \leq m_{cr} = 505.711 \text{ kN/m}$$

Trhliny nevzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha'_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha'_e \cdot a_s}} \right) = 0.1808 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha'_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0.0123250 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 2.347 \text{ Mpa} \leq 0.45 \cdot f_{ck} = 13.50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha'_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 85.101 \text{ Mpa} \leq 0.8 \cdot f_{yk} = 400.00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

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

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r}$
 $\sigma_s = 75,6 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu
 $\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,1094 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\} = \min\{156,25; 339,73; 600\} = 156,25 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení
☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1963 \text{ mm}^2$
 $a_p =$ předpokládaná výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01795$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000020 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0002269$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0002269$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 406,743 \text{ mm}$

Případ $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1460,91 \text{ mm}$

$c = 50$ krytí podélné výztuže
 $k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudružností
 $k_2 = 0,5$ pro ohyb
 $k_3 = 3,4$ doporučená hodnota
 $k_4 = 0,425$ doporučená hodnota
 $\phi = 25$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 312,5 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže $166,67 \text{ mm}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 406,74 \text{ mm}$

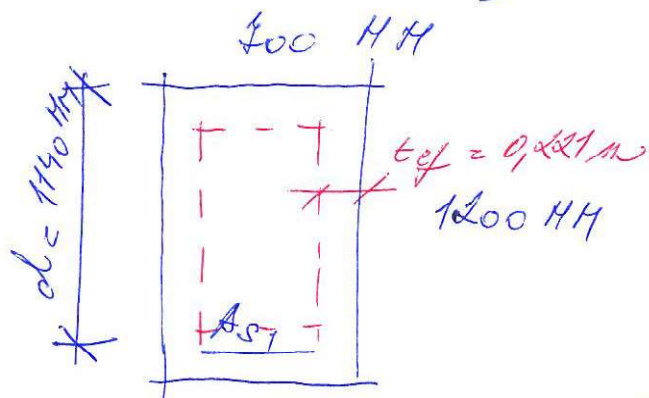
Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,0923 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,3 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

POSOUCENÍ KROUCEK A NÁVH VÝSTUŽE
 ČÁLADOVÉHO PASU (IDEALIZACE PRŮŘEZU
 NA OŘÍDELNÍK)



ŽECON C30/37

OCEL B500B

STATICKY KOTVA HIN.
 PLOCHA PŘÍDELNÉ VÝSTUŽE

$A_{sid} = 1857 \text{ mm}^2$ (4 $\phi 20$)

$$T_{Ed} = H_x = 346 \text{ kNm}$$

• NÁVHAI TLOUŠŤKA

$$A = b \cdot l = 0,4 \times 1,2 \text{ m} = 0,48 \text{ m}^2$$

$$u = 2(b + l) = 2 \times (0,4 + 1,2) = 3,2 \text{ m}$$

$$t_{ef} = \frac{A}{u} = \frac{0,48}{3,2} = 0,15 \text{ m}$$

ANALOGICKÝ TEKLOSTĚNNÝ PRŮŘEZ

$$b_k = b - t_{ef} = 0,4 - 0,15 = 0,25 \text{ m}$$

$$h_k = l - t_{ef} = 1,2 - 0,15 = 1,05 \text{ m}$$

$$A_k = b_k \cdot h_k = 0,25 \times 1,05 = 0,2625 \text{ m}^2$$

$$u_k = 2 \cdot (b_k + h_k) = 2 \cdot (0,25 + 1,05) = 2,6 \text{ m}$$

POSOUCENÍ TLAKOVÝCH DIAGONÁL

$$\cot \theta = 2,5 \quad (\theta = 21,8^\circ)$$

$$\begin{aligned} T_{Rd, max} &= 2 \cdot A_k \cdot \sigma_{fd} \cdot t_{ef} \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta = \\ &= 2 \cdot 0,2625 \cdot 0,528 \cdot 20 \cdot 0,15 \cdot \cos 21,8^\circ \cdot \sin 21,8^\circ = \\ &= 0,455 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$T_{Rd, max} = 455 \text{ kNm} > 346 \text{ kNm} (H_x)$$

$$\frac{|T_{Ed}|}{T_{Rd, max}} = \frac{346}{455} = 0,76$$

PRE MAXIMÁLNU' POSOVLANICU' NILE NA MEZI
ÚNOSNOSTI PRUŽEZU

$$V_{Ed, max} = 2831 \text{ kN} > V_{Ed} = 448 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{Ed, max}} = \frac{448}{2831} = 0,169$$

KONTROLA INTEGRALNÝCH' TĚŽNÍKŮ
V KROUCECH'

$$\frac{|T_{Ed}|}{T_{Ed, max}} + \frac{|V_{Ed}|}{V_{Ed, max}} \leq 1,0$$

$$0,458 + 0,169 = 0,627 < 1,0$$

TAKOVÉ' DIAGONÁLY VYHODNÍ'

NÁVRAH TĚŽNÍKŮ NA KROUCECH'

V KROUCECH' SE UPLATNÍ' JEN JEDNA
VĚTEV TĚŽNÍKŮ.

$$|V_{Edt, k}| = |T_{Ed}| \cdot R_k / (\alpha A_k) = 346 \cdot 0,949 / (2 \cdot 0,469) = 361 \text{ kN}$$

NÁVRHOVÁ' VZDÁLEKOST TĚŽNÍKŮ ϕ_{10} NA
KROUCECH'

$$s_d = \frac{A_{sk} \cdot f_{yk} \cdot R_k \cdot \cos \theta}{|V_{Edt, k}|} = \frac{0,79 \cdot 10^{-4} \cdot 435000 \cdot 0,949 \cdot 25}{361}$$

$$s_d = 0,233 \text{ m}$$

Z PRAKTICKÝCH' DŮVODŮ VOLENA VZDÁLEKOST
200 MM VE ϕ_{10}

НА'ВЕН ПОДЕЛНЕ' В'СТУЖЕ НА П'ЕНЕБЕН' УБ'УТИ'НО МОМЕНТУ НЕВ'КЕ' УНОШНОСТ НА НЕДНОТКУ ОДНОДУ ЈЕ РОУКА МОДНОТ'Е

$$\frac{\tau A_{se1} f_{yd}}{w_k} = \frac{T_{ed} \cos \phi}{2 A_k} = \frac{346 \cdot 1,5}{2 \cdot 0,469} = 922 \text{ kN/m}$$

ВЗДА'ЛЕНОСТ МЕДИ ПОДЕЛ'НЫ'И П'ЕУТ' $a \leq 350 \text{ mm}$

$$w_{se1} = 0,5 \cdot b_k + 0,25 b_k = 0,5 \cdot 0,449 + 0,25 \cdot 0,949 =$$

$$w_{se1} = 0,484 \text{ m}$$

НА'ВЕН $2\phi 14$ $A_{se1} = 3,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\frac{3,08 \cdot 10^{-4} \cdot 435000}{0,484} = 246,8 \text{ kN/m}' < 922 \text{ kN/m}'$$

НЕВ'УНОВ'НЕ
МУТНО С'В'Т'Ш'Т ϕ

$3\phi 25$ $A_{se1} = 14,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\frac{14,43 \cdot 10^{-4} \cdot 435000}{0,484} = 1324 \text{ kN/m}' >$$

Akce: K.Vary, Vědeckotechnický park
Zpracoval: Ing. Martin Šafařík
Datum: 25.9.2012
Prvek: Strop nad 1.NP-pole

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI
OHÝBANÉHO ŽELEZOBETONOVÉHO PRŮŘEZU
podle ČSN EN 1992-1-1

Posouzení desky

Rozpětí stropní desky L = 6,5 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí XC1
Návrhová životnost 80 let
Požární odolnost 30 REI
Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 70$ kNm
 $m_{Ed,q} = 45,00$ kNm
 $V_{Ed} = 100$ kN
 $m_{Ed,ch} = 50,00$ kNm

Zadání geometrie

h = 250 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	B 505 B	B 505 B
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20,00$ Mpa			$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa					
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Homogenní rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}
po výšce λx
 $\eta = 1$
 $\lambda = 0,8$
 $\xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

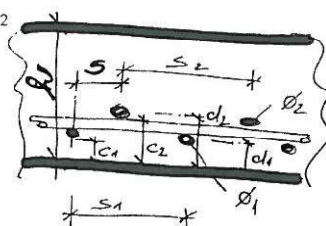
Zadání plochy výztuže

Vrstva
Profil ve vrstvě
Osová vzdálenost
Krytí profilu
Plocha na 1 mb
Celková plocha
Teoretická osa plochy výztuže
Účinná výška průřezu
Posouzení

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
ϕ_i =	10	0		
s _i =	100	0		
c _i =	30	0		
a _i =	785	0	0	0
$a_{s1} = 785$ mm ²				
$d_1 = 35$ mm				
$d = 215$ mm				

min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$
 $s_{min} = 37 \text{ mm}$
 $k_1 = 1,2$
 $k_2 = 5$
 $d_g = 32 \text{ mm}$



$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 21,3 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0992667 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 70,50 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 70 < m_{Rd} = 70,50 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_i \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 785 > a_{s,min} = 323,8 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 10000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 785 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}} = 323,83 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_i \cdot d = 279,50 \text{ mm}^2$$

Konstrukční podmínky

Maximální vzdálenost prutů $s_{s1,max} = 2h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
Výpočet vzdálenosti ze skupiny vložek si $s = 100 \text{ mm}$

$s \leq s_{s1,max}$ $s > s_{min}$

Osová vzdálenost prutů - OK
Min. vzdálenost prutů OK

Rozdělovací výztuž

Profil rozdělovací výztuže $\phi_{st} = 5 \text{ mm}$
Vzdálenost rozdělovací výztuže $s_{st} = 6 \text{ mm}$
 $A_{st} = 3272 \text{ mm}^2$
Min. rozdělovací $a_{s,req} = 0,2 \cdot a_{s1} = 157 \text{ mm}^2$
 $A_{st} > a_{s,req}$

Plocha rozdělovací výztuže vyhovuje

Maximální osová vzdálenost

$$s_{max,slab} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} = 6 \text{ mm}$$

$$s_{max,slab} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} > s_{max,slab}$$

Vzdálenost rozdělovací výztuže vyhovuje

110

Smyk

*) u desek nebývá obvykle nutné provádět kontrolu smykové únosnosti

Únosnost ve smyku desky bez smykové výztuže

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = 112,58 \text{ kN/m}$$

s minimální hodnotou

$$v_{Rd,c} = v_{min} \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$$

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,0 \quad k = 1,96448564$$

$$\rho_1 = a_{s1} / (b_w \cdot d) \leq 0,02 \quad \rho_1 = 0,00365$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,528$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{min} \cdot b_w \cdot d = 113,49 \text{ kN/m}$$

$$v_{Rd,c} = 113,49 \text{ kN/m} \geq v_{Ed,red} = 100,00 \text{ kN/m}$$

Smyková výztuž není třeba

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0,45$

- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0,80$

pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1,0$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,25400 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,126 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,001334 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 31,265 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Ed,q} = 45 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 31,265 \text{ kN/m}$$

Trhliny vzniknou

Průřez s trhlinami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,0408 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0001678 \text{ m}^4$$

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 10,947 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 316,109 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

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

σ_s = napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou

$$\sigma_s = 316,109 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed, ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} =$$

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$$

je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu

$$A_{c,eff}$$

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0697 \text{ m}^2$$

$$h_{c,ef} = \min\{2,5(h - d), (h - x) / 3, h / 2; \min\{87,50; 69,73; 125\}\} h_{c,ef} = 69,73 \text{ mm}$$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0.6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$$k_t = 0,4$$

$$a_s = 785 \text{ mm}^2$$

$$a_p = 0 \text{ předpínací výztuž}$$

$$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,01126$$

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa} - \text{trhliny jsou očekávány po 28 dnech} \quad f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,001031 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0009483$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0010310$$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s < 5(c + \phi/2)$

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 252,923 \text{ mm}$$

Případ $s > 5(c + \phi/2)$

$$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 297,25 \text{ mm}$$

$$c = 30 \text{ krytí podélné výztuže}$$

$$k_1 = 0,8 \text{ pruty s velkou soudružností}$$

$$k_2 = 0,5 \text{ pro ohyb}$$

$$k_3 = 3,4 \text{ doporučená hodnota}$$

$$k_4 = 0,425 \text{ doporučená hodnota}$$

$$\phi = 10 \text{ profil prutů}$$

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat

$$s_{r,max}$$

$$5(c + \phi/2) = 175 \text{ mm}$$

$$\text{vzdálenost výztuže} = 100 \text{ mm}$$

Případ $s \leq 5(c + \phi/2)$

$$s_{r,max} = 252,92 \text{ mm}$$

Kontrola trhlin

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

$$w_k = 0,2608 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 358,71$$

$$\frac{l}{d} = 302,33 \leq \lambda_d = 358,71$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závisí na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

☐ $\kappa_{c1} = 0,8$

pro T průřez s poměrem šířky příruby k šířce žebra větší než 3

☒ $\kappa_{c1} = 1,0$

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí $l = 65,00$ m

$$\kappa_{c2} = 9,29$$

Součinitel napětí tahové výztuže v extrémně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\kappa_{c3} = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,01$$

$$A_{s,req} = 779,80 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 785 \text{ mm}^2$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

☐ prostě podepřený nosník, prostě podepřená deska

☒ krajní pole spojitěho nosníku nebo desky

☐ vnitřní pole nosníku nebo desky

☐ deska lokálně podepřená

☐ konzola

$$\kappa = 1,3$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00365$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00365$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0,00E+00$$

Výpočet podle prvního vzorce

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{aligned} &\kappa \left[1 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &\kappa \left[1 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 38,35$$

Akce: K.Vary, Vědeckotechnický park
Zpracoval: Ing. Martin Šafařík
Datum: 25.9.2012
Prvek: Strop nad 1.NP-pole

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI
OHÝBANÉHO ŽELEZOBETONOVÉHO PRŮŘEZU
podle ČSN EN 1992-1-1

Posouzení desky

Rozpětí stropní kce L = 5 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí XC1
Návrhová životnost 80 let
Požární odolnost 30 REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 36$ kNm
 $m_{Ed,q} = 21,00$ $m_{Ed,ch} = 27,00$ kNm
 $V_{Ed} = 50$ kN

Zadání geometrie

h = 250 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	B 505 B	B 505 B
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20,00$ Mpa			$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa					
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}
po výšce λx
 $\eta = 1$ $\xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$
 $\lambda = 0,8$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví
bez omezeného přetvoření

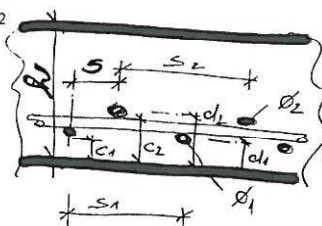
Zadání plochy výztuže

Vrstva
Profil ve vrstvě
Osová vzdálenost
Krytí profilu
Plocha na 1 mb
Celková plocha
Teoretická osa plochy výztuže
Účinná výška průřezu

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
ϕ_i =	8,5	8		
si =	150	450		
ci =	30	50		
ai =	378	112	0	0
$a_{s1} =$	490			
$d_1 =$	39			
$\bar{d} =$	211			

min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_s + k_2, 20 \text{ mm})$
 $= s_{min} = 37 \text{ mm}$
 $k_1 = 1,2$
 $k_2 = 5$
 $\phi_s = 32 \text{ mm}$



$$x = \frac{a_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * \eta * f_{cd}} = 13,3 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0630314 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 43,87 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 36 < m_{Rd} = 43,87 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 * f_{ctm} * b_i * d}{f_{yk}}, 0,0013 * b_i * d \right\}$$

$$a_{s1} = 490 > a_{s,min} = 318,2 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 10000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 490 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 * f_{ctm} * b_i * d}{f_{yk}} = 318,17 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 * b_i * d = 274,62 \text{ mm}^2$$

Konstrukční podmínky

Maximální vzdálenost prutů $s_{s1,max} = 2h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
Výpočet vzdálenosti ze skupiny vložek si $s = 113 \text{ mm}$

$$s \leq s_{s1,max} \quad s \geq s_{min}$$

Osová vzdálenost prutů - OK
Min. vzdálenost prutů OK

Rozdělovací výztuž

Profil rozdělovací výztuže $\phi_{st} = 8 \text{ mm}$
Vzdálenost rozdělovací výztuže $s_{st} = 250 \text{ mm}$
Min. rozdělovací $A_{st} = 201 \text{ mm}^2$
Min. rozdělovací $a_{s,req} = 0,2 * a_{s1} = 98 \text{ mm}^2$
 $A_{st} > a_{s,req}$

Plocha rozdělovací výztuže vyhovuje

Maximální osová vzdálenost

$$s_{max,slab} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} = 250 \quad s_{max,slab} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} > s_{max,slab}$$

Vzdálenost rozdělovací výztuže vyhovuje

Smyk

*) u desek nebývá obvykle nutné provádět kontrolu smykové únosnosti

Únosnost ve smyku desky bez smykové výztuže

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = 95,49 \text{ kN/m}$$

s minimální hodnotou

$$v_{Rd,c} = v_{min} \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$$

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,0 \quad k = 1,97301364$$

$$\rho_1 = a_{s1} / (b_w \cdot d) \leq 0,02 \quad \rho_1 = 0,00232$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,531$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{min} \cdot b_w \cdot d = 112,23 \text{ kN/m}$$

$$v_{Rd,c} = 112,23 \text{ kN/m} \geq v_{Ed,red} = 50,00 \text{ kN/m}$$

Smyková výztuž není třeba

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0,45$

- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0,80$

pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1,0$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,25249 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,126 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,001320 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 30,807 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Ed,q} = 21 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 30,807 \text{ kN/m}$$

Trhliny nevzniknou

Průřez s trhlinami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,0327 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0001068 \text{ m}^4$$

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 6,420 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m_{Ed,chl} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 275,009 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

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

σ_s = napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou

$$\sigma_s = 275,009 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed, ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} =$$

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091 \quad \text{poměr modulu pružnosti výztuže a betonu}$$

$$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff} \quad \text{je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu}$$

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0724 \text{ m}^2$$

$$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2; \min\{96,88; 72,45; 125\}\} h_{c,ef} = 72,45 \text{ mm}$$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0.6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$$k_t = 0,4$$

$$a_s = 490 \text{ mm}^2$$

$$a_p = 0 \text{ předpínací výztuž}$$

$$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,00676$$

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa} - \text{trhliny jsou očekávány po 28 dnech} \quad f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000483 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0008250$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0008250$$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 343,369 \text{ mm}$$

Případ $s > 5(c+\phi/2)$

$$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 307,69 \text{ mm}$$

$$c = 40 \text{ krytí podélné výztuže}$$

$$k_1 = 0,8 \text{ pruty s velkou soudružností}$$

$$k_2 = 0,5 \text{ pro ohyb}$$

$$k_3 = 3,4 \text{ doporučená hodnota}$$

$$k_4 = 0,425 \text{ doporučená hodnota}$$

$$\phi = 8,25 \text{ profil prutů}$$

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $s_{r,max}$

$$5(c+\phi/2) = 193,761131 \text{ mm}$$

$$\text{vzdálenost výztuže} = 112,5 \text{ mm}$$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$$s_{r,max} = 343,37 \text{ mm}$$

Kontrola trhlin

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

$$w_k = 0,2833 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 92,26$$

$$\frac{l}{d} = 23,67 \leq \lambda_d = 92,26$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

☐ $\kappa_{c1} = 0,8$

pro T průřez s poměrem šířkyprůřezu kšířce žebra větší než 3

☒ $\kappa_{c1} = 1,0$

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí $l = 5,00$ m

$$\kappa_{c2} = 1,00$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

☐ prostě podepřený nosník, prostě podepřená desk

☒ krajní pole spojitěho nosníku nebo desky

☐ vnitřní pole nosníku nebo desky

☐ deska lokálně podepřená

☐ konzola

$$\kappa = 1,3$$

Součinitel napětí tahové výztuže v extrémně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\kappa_{c3} = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,22$$

$$A_{s,req} = 402,09 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 490 \text{ mm}^2$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00232$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00232$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0,00E+00$$

Výpočet podle prvního vzorce

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{aligned} &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 75,71$$

Posouzení desky na požární odolnost zjednodušenou zonovou metodou

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

30

REI

Zadání geometrie

d = 211 mm

Třída betonu : C30/37

Výztuž : B 505 B

$f_{cd} = 20,00$ Mpa

$f_{yd} = 434,78$ Mpa

$m_{Ed} = 36$ kNm

a = 40 mm

$A_{s,req} = 402$ mm²

$A_{s,prov} = 490$ mm²

$\gamma_{m,\Phi} = 1,15$

$\eta_{fi} = 0,7$

- krytí výztuže

- plocha výztuže nutné

- plocha výztuže navrhnuté

- součinitel spolehlivosti materiálu (doporučeno 1)

- redukční součinitel

$\phi_i = 8$ mm - průměr profilů

ad = 39 mm - osová vzdálenost od povrchu

Kontrola z hlediska navrhované požární odolnosti

Výška desky

- tl.: desky na 60 ≤ 250 mm

Výška desky na požár vyhovuje

Krytí výztuže

- a desky 10 ≤ 44,125 mm

Krytí výztuže na požár vyhovuje

Typ prutů desky

☒ Deska působící v jednom směru

☐ Deska působící ve dvou směrech $l_y/l_x < 1,5$

☐ Deska působící ve dvou směrech $1,5 < l_y/l_x < 2$

☐ Deska lokálně podepřená

Stanovení upravené osové vzdálenosti pokud nevychází krytí výztuže z kontrolního hlediska

Stanovení návrhového napětí výztuže za požáru

$$\sigma_{s,fi} = \eta_{fi} \frac{E_{d,fi}}{E_d} \frac{f_{yk,20^\circ C}}{\gamma_s} \cdot \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} = 59,96 \text{ Mpa}$$

Hodnota redukčního součinitele

$$k_{s,\Theta_{cr}} = \frac{\sigma_{s,fi}}{f_{yk}} = 0,120$$

Upravená požadovaná osová vzdálenost

$$a' = a + \Delta a = a + 0,1 \cdot (500 - \Theta_{cr}) = -10 \text{ mm}$$

$$40 \text{ mm } a' \geq a_d -10 \text{ mm}$$

Upravená osová vzdálenost OK

Výpočet krytické teploty pro rozmezí teplot 350-700°C

$$\Theta_{cr} = 696,03 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{Teplota je v rozmezí - OK}$$

Posouzení zjednodušenou metodou

Redukční součinitel pevnosti betonu na povrchu tlačného betonu

Teplota na straně tlačného betonu 20

$$k_{c,\Phi} = 1$$

$$k_{c,\Phi} = 1,0$$

pro $20^\circ\text{C} < \Phi < 100^\circ\text{C}$

$$k_{c,\Phi} = 1,0 - 1,0 \cdot (\Phi - 100) / 500 \quad \text{pro } 100^\circ\text{C} < \Phi < 600^\circ\text{C}$$

$$f_{cd,\Phi} = \frac{k_{c,\Phi} \cdot f_{ck}}{\gamma_{m,\Phi}} = 26,09 \text{ Mpa}$$

Stanovení redukčního součinitele na základě

osové vzdálenosti výztuže od povrchu betonu $a_d = 39 \text{ mm}$

$$k_{s,\Phi} = 1,000 \quad \text{Požární odolnost} = 30 \text{ REI}$$

Redukovaná pevnost výztuže

$$f_{yd,\Phi} = \frac{k_{s,\Phi} \cdot f_{yk}}{\gamma_{m,\Phi}} = 434,78 \text{ Mpa}$$

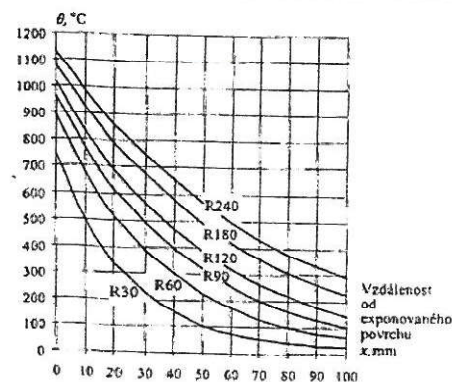
$$x = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd,\Phi}}{b \cdot \eta \cdot \lambda \cdot f_{cd,\Phi}} = 10,21 \text{ mm} \quad \text{Teplota z grafu } 250^\circ\text{C}$$

$$m_{Rd,\Phi} = a_{s,prov} \cdot f_{yd,\Phi} (d - 0,5 \lambda x) = 44,14 \text{ kNm/m}$$

Účinek zatížení při požáru

$$m_{Ed,\Phi} = \eta_{\Phi} \cdot m_{Ed} = 25,20 \text{ kNm/m}$$

$$44,14 \geq m_{Ed,\Phi} \quad 25,20 \text{ kNm/m}$$



Obr. 2.15 Rozložení teplot pro desku tl. 200 mm pro odolnost do 240 min a vzdálenost x od exponovaného povrchu

Deska požadavkům na 30 REI vyhovuje

Moment únosnosti za požáru vychází větší než namáhání při požáru

Akce: K.Vary, Vědeckotechnický park
Zpracoval: Ing. Martin Šafařík
Datum: 25.9.2012
Prvek: Strop nad 1.NP-podpora vnitřní

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI
OHÝBANÉHO ŽELEZOBETONOVÉHO PRŮŘEZU
podle ČSN EN 1992-1-1

Posouzení desky

Rozpětí stropní kce L = 5 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí XC1
Návrhová životnost 80 let
Požární odolnost 30 REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 45$ kNm
 $m_{Ed,q} = 26,30$ kNm
 $V_{Ed} = 50$ kN
 $m_{Ed,chl} = 33,83$ kNm

Zadání geometrie

h = 250 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	B 505 B	B 505 B
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20,00$ Mpa			$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa					
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}
po výšce λx
 $\eta = 1$
 $\lambda = 0,8$
 $\xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví
bez omezeného přetvoření

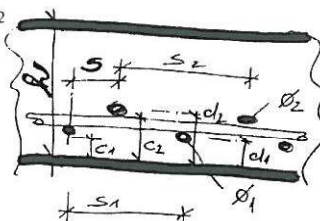
Zadání plochy výztuže

Vrstva
Profil ve vrstvě
Osová vzdálenost
Krytí profilu
Plocha na 1 mb
Celková plocha
Teoretická osa plochy výztuže
Účinná výška průřezu

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
ϕ_i =	8,5	8		
s_i =	150	300		
c_i =	30	50		
a_i =	378	168	0	0
$a_{s1} =$	546			
$d_1 =$	40			
$d =$	210			

min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_g + k_2, 20mm)$
 $= s_{min} = 37$ mm
 $k_1 = 1,2$
 $k_2 = 5$
 $d_g = 32$ mm



$$x = \frac{a_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * \eta * f_{cd}} = 14,8 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0707382 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 48,36 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 45 < m_{Rd} = 48,36 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 * f_{ctm} * b_i * d}{f_{yk}}; 0,0013 * b_i * d \right\}$$

$$a_{s1} = 546 > a_{s,min} = 315,8 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 10000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 546 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 * f_{ctm} * b_i * d}{f_{yk}} = 315,82 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 * b_i * d = 272,59 \text{ mm}^2$$

Konstrukční podmínky

Maximální vzdálenost prutů $s_{s1,max} = 2h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
Výpočet vzdálenosti ze skupiny vložek si s = 100 mm

$s \leq s_{s1,max}$ $s > s_{min}$
Osová vzdálenost prutů - OK
Min. vzdálenost prutů OK

Rozdělovací výztuž

Profil rozdělovací výztuže $\phi_{st} = 8$ mm
Vzdálenost rozdel.výztuže $s_{st} = 250$ mm
 $A_{st} = 201$ mm²
Min.rozdel $a_{s,req} = 0,2 * a_{s1} = 109$ mm²
 $A_{st} > a_{s,req}$

Plocha rozdělovací výztuže vyhovuje

Maximální osová vzdálenost

$$s_{max,slab} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} = 250 \quad s_{max,slab} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{st} > s_{max,slab}$$

Vzdálenost rozdel. výztuže vyhovuje

Prvek: Stropní trám spojovací krček

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 8,6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 329,06$ kNm

$m_{Ed,q} = 211,95$ kNm $m_{Ed,ch} = 240,70$ kNm

$V_{Ed} = 266,63$ kN

Zadání geometrie

h = 600 mm

b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	10 505 R	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$ v ČR se uvažuje hodnotou 1			$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu		
$\gamma_c = 1,50$ součinitel spolehlivosti materiálu			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$f_{td} = 434,78$ Mpa		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
ϕ_i =	22	22	0	0
ks =	4	2	0	0
ci =	30	60	0	0
ai =	1521	760	0	0

$a_{s1} = 2281$ mm²

$d_1 = 51$ mm

$d = 549$ mm

$s_1 = 84$ mm

$s \leq s_{s1,max}$ Ok

min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20mm)$

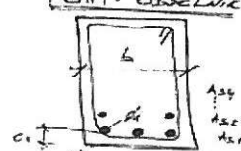
$= s_{min} 37$ mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$ mm

TRAM - OBRÁZKOVÉ



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 154,9 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,2822 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 482,96 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 329,06 < m_{Rd} = 482,96 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$ Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_i \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 2281 > a_{s,min} = 330,8 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$ Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 \cdot A_c = 24000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 2281 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}} = 330,75 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_i \cdot d = 285,48 \text{ mm}^2$$

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 709,373 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$ - volíme

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$ Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu $\cot \Theta = 2,5$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 487 \text{ mm}$$

Třminky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi_i = 8$ mm - profil třmínku

a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{st} = 101$ mm² - plocha třmínků

$a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{st} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 266,09 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 266,63 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 266,09 \text{ kN}$$

Třmínky nevyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 411,8 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{st}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{st}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 286,79 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 286,79 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $\|\sigma_c\| \leq k_2 \cdot f_{ct}, k_2 = 0,45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $\|\sigma_s\| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0,80$
pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $\|\sigma_s\| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1,0$

Průřez bez trhlin:

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,25161 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,311 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,007887 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 79,178 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Ed,q} = 211,95 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 79,178 \text{ kN/m}$$

Trhliny vzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,1636 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0026472 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 13,100 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 213,430 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném tržlinou $\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{ed,q} \cdot (d - x_s)}{I_r}$

$\sigma_s = 187,9 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0510 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{ 2,5(h - d), (h - x) / 3, h / 2; \min\{ 127,50; 145,46; 300 \} \} h_{c,ef} = 127,50 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0.6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_1 = 0,4$

$a_s = 2281 \text{ mm}^2$
přesupovaná výztuž

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,04472$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhlíny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000775 > 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0005638$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0007749$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s \leq 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 236,629 \text{ mm}$

Případ $s > 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 578,57 \text{ mm}$

$c =$	45	krytí podélné výztuže
$k_1 =$	0,8	pruty s velkou soudružností
$k_2 =$	0,5	pro ohyb
$k_3 =$	3,4	doporučená hodnota
$k_4 =$	0,425	doporučená hodnota
$\phi =$	22	profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $s_{r,max}$

$5(c + \phi/2) = 255 \text{ mm}$
vzdálenost výztuže $84,00 \text{ mm}$

Případ $s \leq 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 236,63 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,1834 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{e1} \cdot \kappa_{e2} \cdot \kappa_{e3} \cdot \lambda_{d,tab} = 27,65$$

$$\frac{l}{d} = 15,66 \leq \lambda_d = 27,65$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{e1} =$$

$$1$$

$$\begin{aligned} \bigcirc \quad \kappa_{e1} &= 0,8 \\ \bullet \quad \kappa_{e1} &= 1,0 \end{aligned}$$

pro T průřez s poměrem šířkyprůřezu kšířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí $l = 8,60$ m

$$\kappa_{e2} = 1,23$$

Součinitel napětí tahové výztuže v extrémně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\begin{aligned} \kappa_{e3} &= \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,47 \\ A_{s,req} &= \frac{1554,01}{2281} \text{ mm}^2 \\ A_{s,prov} &= \end{aligned}$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

- ☒ prostě podepřený nosník, prostě podepřená desk
- ☐ krajní pole spojitého nosníku nebo desky
- ☐ vnitřní pole nosníku nebo desky
- ☐ deska lokálně podepřená
- ☐ konzola

$$\kappa = 1$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,01039$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,01039$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho^* = 0$$

Výpočet podle druhého vzorce

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{aligned} &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho^*} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho^*}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 15,33$$

Prvek Stropní trám administrativní části

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 224,74$ kNm

$m_{Ed,q} = 132,45$ kNm $m_{Ed,ch} = 161,87$ kNm

$V_{Ed} = 375$ kN

Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	10 505 R	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$ v ČR se uvažuje hodnotou 1			$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu		
$\gamma_c = 1,50$ součinitel spolehlivosti materiálu			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$f_{td} = \frac{f_{ctm}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]		
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}
po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	22	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	30	0	0	0
ai =	1521	0	0	0
$a_{s1} =$	1521			
$d_1 =$	41			
$d =$	459			

$$s_1 = 84 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max}$$

Ok

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20 \text{ mm})$$

$$= s_{min}$$

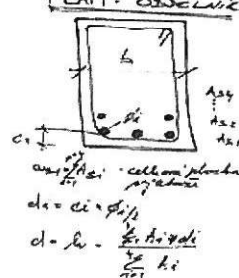
$$37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAH - OSMALIK



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 103,3 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,2250 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 276,13 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 224,74 < m_{Rd} = 276,13 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1521 > a_{s,min} = 276,5 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 1521 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 276,53 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 238,68 \text{ mm}^2$$

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 608,374 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 418 \text{ mm}$$

Třminky

n = 2 počet stříhů na třmínku

$\phi i = 10$ mm - profil třmínku

a = 190 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sh} = 157$ mm² - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sh} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 375,34 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 375 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 375,34 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 344,3 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{v,min} = 344,25$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sh}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 448,10 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 344,25 \text{ mm}$$

124

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $\|\sigma_c\| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0,45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $\|\sigma_s\| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0,80$
pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $\|\sigma_s\| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1,0$

Průřez bez trhlin:

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0,20774 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,258 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,004492 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 53,719 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Edq} = 132,45 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 53,719 \text{ kN/m}$$

Trhliny vzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha'_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha'_e \cdot a_s}} \right) = 0,1245 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha'_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0012935 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 12,744 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha'_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 254,978 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

$$\sigma_s - k_1 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \left(1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff} \right)$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \left(1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff} \right)}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlínou

$$\sigma_s = \frac{M_{ed} \cdot s_r}{I_s}$$

$\sigma_s = 208,6 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0410 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{ 2,5(h-d), (h-x)/3, h/2, \min\{ 102,50 ; 125,18 ; 250 \} \}$ $h_{c,ef} = 102,50 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0,6
- ☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$k_1 = 0,4$

$a_s = 1521 \text{ mm}^2$

$a_p =$ předpoklad výztuže

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,03709$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000852 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0006259$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0008517$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s \leq (c + \phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 202,846 \text{ mm}$

Případ $s > (c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 515,71 \text{ mm}$

$c = 30$ krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$ pro ohyb

$k_3 = 3,4$ doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$ doporučená hodnota

$\phi = 22$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat

$s_{r,max}$

$5(c + \phi/2) = 205 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže $84,00 \text{ mm}$

Případ $s \leq (c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 202,85 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,1728 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 20,19$$

$$\frac{l}{d} =$$

$$13,07 \leq \lambda_d = 20,19$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} =$$

$$1$$

$$\begin{aligned} \text{○} \quad \kappa_{c1} &= 0,8 \\ \text{●} \quad \kappa_{c1} &= 1,0 \end{aligned}$$

pro T průřez s poměrem šířkyprůřezu kšířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí $l = 6,00 \text{ m}$

$$\kappa_{c2} = 1,00$$

Součinitel napětí tahové výztuže v exténně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\begin{aligned} \kappa_{c3} &= \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,23 \\ A_{s,req} &= 1201,33 \text{ mm}^2 \\ A_{s,prov} &= 1521 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

- ☒ prostě podepřený nosník, prostě podepřená desk
- ☐ krajní pole spojitého nosníku nebo desky
- ☐ vnitřní pole nosníku nebo desky
- ☐ deska lokálně podepřená
- ☐ konzola

$$\kappa = 1$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00828$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00828$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0$$

Výpočet podle druhého vzorce

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{aligned} &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 16,43$$

Prvek Horní výztuž trámu stropu nad 1.NP (400/600)

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

lel

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 56,51$ kNm

$m_{Ed,q} = 34,08$ $m_{Ed,ch} = 38,68$ kNm

$V_{Ed} = 247$ kN

Zadání geometrie

h = 600 mm

b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{td} = \frac{f_{ctm}}{\gamma_c} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{td}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}

po výšce λx

$$\eta = \frac{1}{\lambda} \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetožení

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
ϕ i =	14	0	0	0
ks =	2	0	0	0
ci =	60	0	0	0
ai =	308	0	0	0
$a_{s1} =$	308			
$d_1 =$	67			
$d =$	533			

$s_1 = 252$ mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$

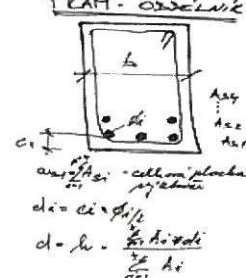
$s_{min} = 37$ mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$ mm

TRAM - ODEŠLÁVÁ



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * \eta * f_{cd}} = 20,9 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0392 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 70,23 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 56,51 < m_{Rd} = 70,23 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$ Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 * f_{ctm} * b_i * d}{f_{yk}}; 0,0013 * b_i * d \right\}$$

$$a_{s1} = 308 > a_{s,min} = 321,1 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$ Nevhovuje !!!

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 24000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 308 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 * f_{ctm} * b_i * d}{f_{yk}} = 321,11 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 * b_i * d = 277,16 \text{ mm}^2$$

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v * f_{cd} * b_w * z * \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 764,156 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$ - volíme

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$ Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu $\cot \Theta = 2,5$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 * \lambda * x = 525 \text{ mm}$$

Třminky

n = 2 počet střihů na třmínku

ϕ i = 8 mm - profil třmínku

a = 150 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 101 \text{ mm}^2$ - plocha třmínků

$a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} * f_{yd}}{s} * z * \cot \Theta = 382,19 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 247 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 382,19 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 * d = 399,8 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{s1,min} = 399,75$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w * s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w * \rho_{w,min}} = 286,79 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{s1,min}, s_w) = 286,79 \text{ mm}$$

Prvek Horní výztuž trámu stropu nad 1.NP (400/500)

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 154,3$ kNm

$m_{Ed,q} = 92,39$ $m_{Ed,ch} = 111,52$ kNm

$V_{Ed} = 392$ kN

Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{td} = \frac{f_{ctm}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{td}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku

ηf_{cd}

po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

$\lambda = 0,8$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	25	0	0	0
ks =	2	0	0	0
ci =	60	0	0	0
ai =	982	0	0	0
$a_{s1} =$	982			
$d_1 =$	73			
$d =$	428			

$s_1 = 230$ mm

$s \leq s_{s1,max}$

Ok

min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$

$= s_{min}$

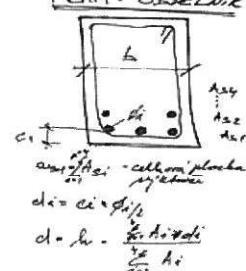
37 mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$ mm

TRAM - ODEŠLUK



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 66,7 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1560 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 171,09 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 154,3 < m_{Rd} = 171,09 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$

Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 982 > a_{s,min} = 257,6 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$ Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2$$

$$> a_{s1} = 982 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 257,55 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 222,30 \text{ mm}^2$$

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 583,818 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$ - volíme

$$|V_{Ed}| < \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 401 \text{ mm}$$

Třminky

n = 2 počet střihů na třmínku

$\phi i = 8$ mm - profil třmínku

a = 100 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 101$ mm² - plocha třmínků

$a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 437,99 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 392 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 437,99 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 320,6 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s_{sv,min} = 320,625$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 286,79 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{sv,min}, s_w) = 286,79 \text{ mm}$$

Prvek Spodní výztuž trámu stropu nad 2.NP (400/500)

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 121,11$ kNm

$m_{Ed,q} = 80,60$ $m_{Ed,ch} = 88,75$ kNm

$V_{Ed} = 156,36$ kN

Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	C30/37	Výztuž :	10 505 R	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa			$f_{yk} = 500$ Mpa		
$\alpha_{cc} = 1$			$\gamma_s = 1,15$		součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$			$E_s = 200,00$ Gpa		
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa			$f_{yd} = 434,78$ Mpa		
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			$\varepsilon_{yd} = 2,17$ [%]		
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [%]					

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}

po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	16	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	30	0	0	0
ai =	804	0	0	0
$a_{s1} =$	804			
$d_1 =$	38			
$d =$	462			

$$s_1 = 92 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max}$$

Ok

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2 \cdot 20 \text{ mm})$$

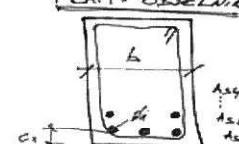
$$s_{min} = 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - OBDELNIK



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 54,6 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1183 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 153,91 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 121,11 < m_{Rd} = 153,91 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Rd} \text{ Vyhovuje}$$

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 804 > a_{s,min} = 278,3 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \text{ Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 804 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 278,34 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 240,24 \text{ mm}^2$$

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 641,095 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 440 \text{ mm}$$

Třminky

$$n = 2 \text{ počet stříhů na třmínku}$$

$$\phi i = 8 \text{ mm - profil třmínku}$$

$$a = 250 \text{ mm - osová vzdálenost třmínků}$$

$$A_{st} = 101 \text{ mm}^2 \text{ - plocha třmínků}$$

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 192,38 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 156,36 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 192,38 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 346,5 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s_{st,min} = 346,5$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 286,79 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{st,min}, s_w) = 286,79 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0.45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0.80$
- pokud je napětí ve výztuži vyvoláno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1.0$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_l = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,20409 \text{ m}^2$$

$$a_{gr} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_l} = 0,254 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gr} - 0,5h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gr})^2 = 0,004347 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gr})} = 51,235 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed,q} \leq m_{cr} \text{ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou}$$

$$m_{Ed,q} = 80,6 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 51,235 \text{ kN/m}$$

Trhliny vzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,0948 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0007741 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 9,874 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 256,399 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlín

Výpočet hodnoty $\frac{\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}}{\sigma_s-k_s\cdot\frac{E_s}{\rho_{p,eff}}\cdot(1+\alpha_s\cdot\rho_{p,eff})}\geq 0,6\cdot\frac{\sigma_s}{E_s}$

Šířku trhlín posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s = \frac{m_{Ed,s}\cdot(d-x)}{\sigma_s = \alpha_s\cdot\frac{m_{Ed,s}\cdot(d-x)}{I_s}}$

$\sigma_s = 232,9 \text{ Mpa}$

$\alpha_s = \frac{a_s}{a_s + \xi^2 \cdot A_p} = \frac{6,091}{(a_s + \xi^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}}$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{b \cdot h_{c,eff}}{A_{c,eff}} = 0,0330$ je účinný stupeň výztužení efektivní tažené oblasti betonu

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

$h_{c,eff} = 95,00$; 250 ; $h_{c,eff} = 95,00 \text{ mm}$

$k_s = 0,4$

$a_s = \frac{804}{\rho_{p,eff}}$

$\rho_{p,eff} = \frac{(a_s)/A_{c,eff}}{2,9} = 0,02116$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhlíny jsou očekávány po 28 dnech

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000855 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0006986$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0008553$

Výpočet $S_{r,max}$

Případ s<5(c+φ/2)

$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_3 \phi / \rho_{p,eff} = 230,518 \text{ mm}$

$c = 30$ krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$ pro ohyb

$k_3 = 3,4$ doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$ doporučená hodnota

$\phi = 16$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $S_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 190 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže $92,00 \text{ mm}$

Případ s<=5(c+φ/2)

$S_{r,max} = 230,52 \text{ mm}$

Kontrola trhlín

$W_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq W_{\text{max}}$

$W_k = 0,1972 \text{ mm}$ $\leq W_{\text{max}} = 0,4 \text{ mm}$

Šířka trhlín pro dané prostředí vyhovuje

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 52,04$ kNm

$m_{Ed,q} = 31,96$ $m_{Ed,ch} = 37,71$ kNm

$V_{Ed} = 156,36$ kN

Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$		$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu	
$\gamma_c = 1,50$		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku ηf_{cd}

po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

$$\lambda = 0,8$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
ϕ_i =	14	0	0	0
ks =	2	0	0	0
ci =	60	0	0	0
ai =	308	0	0	0

$$a_{s1} = 308 \text{ mm}^2$$

$$d_1 = 67 \text{ mm}$$

$$d = 433 \text{ mm}$$

$$s_1 = 252 \text{ mm}$$

$$s \leq s_{s1,max}$$

Ok

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$$

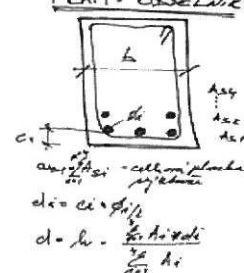
$$= s_{min} \quad 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - obdélník



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 20,9 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0483 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Ed} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 56,84 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 52,04 < m_{Ed} = 56,84 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} < m_{Ed} \quad \text{Vyhovuje}$$

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 308 > a_{s,min} = 260,9 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} > a_{s,min} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} = 308 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 260,87 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 225,16 \text{ mm}^2$$

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 618,501 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$$

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 425 \text{ mm}$$

Třminky

n = 2 počet stříhů na třmínku

ϕ_i = 8 mm - profil třmínku

a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 101 \text{ mm}^2$ - plocha třmínků

$$a \leq s_{min}$$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 185,6 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 156,36 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 185,6 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 324,8 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s_{sv,min} = 324,75$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 286,79 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{sv,min}, s_w) = 286,79 \text{ mm}$$

134



Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

Návrhová životnost

Požární odolnost

Materiály:

XC1

80

REI

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 58,92$ kNm

$m_{Ed,q} = 38,09$ kNm $m_{Ed,sh} = 43,07$ kNm

$V_{Ed} = 148,56$ kN

Zadání geometrie

h = 500 mm

b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$	v ČR se uvažuje hodnotou 1	$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$	součinitel spolehlivosti materiálu	$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku

po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu,3}}{\epsilon_{cu,3} + \epsilon_{cu,3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi_i =$	12	0	0	0
ks =	3	0	0	0
ci =	30	0	0	0
ai =	339	0	0	0
$a_{s1} =$	339			
$d_1 =$	36			
$d =$	464			

$s_1 = 152$ mm

$s \leq s_{s1,max}$ **Ok**

min. vzdálenosti prutů

$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_s, d_g + k_2, 20mm)$

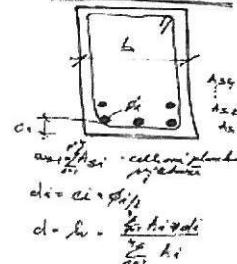
$s_{min} = 37$ mm

$k_1 = 1,2$

$k_2 = 5$

$d_g = 32$ mm

TRAM - ODESLÁV



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 23,0 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0497 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 67,09 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 58,92 < m_{Rd} = 67,09 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Rd}$ **Vyhovuje**

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_i \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 339 > a_{s,min} = 279,5 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$ **Vyhovuje**

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 20000 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} = 339 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}} = 279,54 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_i \cdot d = 241,28 \text{ mm}^2$$

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 662,411 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$ - volime

$$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow \text{Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu } \cot \Theta = 2,5$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 455 \text{ mm}$$

Třmínky

n = 2 počet střihů na třmínku

$\phi_i = 8$ mm - profil třmínku

a = 250 mm - osová vzdálenost třmínků

$A_{sw} = 101$ mm² - plocha třmínků

$a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 198,78 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}| = 148,56 \text{ kN} < V_{Rd,s} = 198,78 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 348,0 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{vr,min} = 348$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 286,79 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{vr,min}, s_w) = 286,79 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $\|\sigma_c\| \leq k_2 \cdot f_{ct}, k_2 = 0,45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $\|\sigma_s\| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0,80$
pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $\|\sigma_s\| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1,0$

Průřez bez trhlin:

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0,20173 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,252 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,004245 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 49,546 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Ed,q} = 38,09 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 49,546 \text{ kN/m}$$

Trhliny nevzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha'_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha'_e \cdot a_s}} \right) = 0,0643 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha'_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0003656 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 6,696 \text{ Mpa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha'_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 286,822 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$

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

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m \cdot \epsilon_{ad, s_t} \cdot (d - x_t)}{l_t}$

$\sigma_s = 253,7 \text{ Mpa}$

$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 0,0360 \text{ m}^2$

$h_{c,eff} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{90,00; 145,24; 250\} h_{c,eff} = 90,00 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0,6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$k_t = 0,4$

$a_s = 339 \text{ mm}^2$

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,00942$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000618 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0007610$

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,0007610$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 318,451 \text{ mm}$

Případ $s > 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 620,04 \text{ mm}$

$c =$	30	krytí podélné výztuže
$k_1 =$	0,8	pruty s velkou soudržností
$k_2 =$	0,5	pro ohyb
$k_3 =$	3,4	doporučená hodnota
$k_4 =$	0,425	doporučená hodnota
$\phi =$	12	profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat

$s_{r,max}$

$5(c+\phi/2) = 180 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže $152,00 \text{ mm}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$s_{r,max} = 318,45 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,2423 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 96,84$$

$$\frac{l}{d} = 12,93$$

$$12,93 \leq \lambda_d = 96,84$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislí na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} =$$

$$1$$

$$\begin{aligned} \bigcirc \quad \kappa_{c1} &= 0,8 \\ \bullet \quad \kappa_{c1} &= 1,0 \end{aligned}$$

pro T průřez s poměrem šířkypříruby kšířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí $l = 6,00$ m

$$\kappa_{c2} = 1,00$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

☒ prostě podepřený nosník, prostě podepřená desk

☐ krajní pole spojitého nosníku nebo desky

☐ vnitřní pole nosníku nebo desky

☐ deska lokálně podepřená

☐ konzola

$$\kappa = 1$$

Součinitel napětí tahové výztuže v exténně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\begin{aligned} \kappa_{c3} &= \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,14 \\ A_{s,req} &= 291,90 \text{ mm}^2 \\ A_{s,prov} &= 339 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Referenční strupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00183$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00183$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho^* = 0$$

Výpočet podle prvního vzorce

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{aligned} &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho^*} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho^*}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 85,05$$

Prvek Hlavní vazník sálu

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 14,98 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

30

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 548$ kNm
 $m_{Ed,q} = 348,00$ kNm
 $V_{Ed} = 302$ kN
 $m_{Ed,ch} = 401,00$ kNm

Zadání geometrie

h = 1300 mm
b = 160 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$ v ČR se uvažuje hodnotou 1		$\gamma_s = 1,15$ součinitel spolehlivosti materiálu	
$\gamma_c = 1,50$ součinitel spolehlivosti materiálu		$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$f_{yk} = 434,78$ Mpa	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa		$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

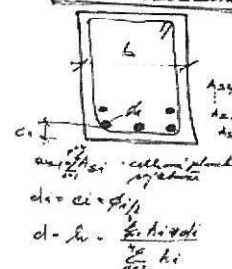
	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	25	18	0	0
ks =	2	2	0	0
ci =	30	60	0	0
ai =	982	509	0	0
$a_{s1} =$	1491			
$d_1 =$	52			
$d =$	1248			
s1 =	50 mm	4 mm		
$s \leq s_{s1,max}$	Ok	Error		

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$$

$s_{min} = 37$ mm
 $k_1 = 1,2$
 $k_2 = 5$
 $d_g = 32$ mm

TRAM - osazení



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 253,2 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,2028 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Ed} = a_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 743,52 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 548 < m_{Ed} = 743,52 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed} < m_{Ed}$ Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_i \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1491 > a_{s,min} = 300,9 \text{ mm}^2$$

$a_{s1} > a_{s,min}$ Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yk}} = 300,86 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_i \cdot d = 259,68 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 52000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 1491 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = V \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 668,373 \text{ kN}$$

$\cot \Theta = 2,5$ - volime

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 1147 \text{ mm}$$

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$ Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu $\cot \Theta = 2,5$

Třmínky

n = 2 počet stříhů na třmínku
 $\phi i = 8$ mm - profil třmínku
a = 200 mm - osová vzdálenost třmínků
 $A_{sw} = 101$ mm² - plocha třmínků
 $a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk} \cdot d}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 626,78 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 302 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 626,78 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 936,3 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{vr,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 716,97 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{vr,min}, s_w) = 400,00 \text{ mm}$$

141

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $\|\sigma_c\| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0,45$
 - tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $\|\sigma_s\| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0,80$
- pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $\|\sigma_s\| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1,0$

Průřez bez trhlin:

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha'_e - 1) a_s = 0,21559 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha'_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,671 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha'_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,031916 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{ctu}}{(h - a_{gi})} = 146,982 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed, q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Edq} = 348 \text{ kNm/m} \leq m_{cr} = 146,982 \text{ kNm/m}$$

Trhliny vzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha'_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha'_e \cdot a_s}} \right) = 0,3239 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha'_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0095734 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betone

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed, q} \cdot x_r}{I_r} = 11,775 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha'_e \frac{m_{Ed, ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 235,869 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$

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

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou $\sigma_s = \alpha_e \frac{m \cdot \epsilon_{ct,eff} \cdot (d - x_r)}{l_r}$

$\sigma_s = 204,7 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0206 \text{ m}^2$

$h_{c,ef} = \min\{ 2,5(h - d), (h - x) / 3, h / 2; \min\{ 128,87; 325,36; 650 \} \} h_{c,ef} = 128,87 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0.6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1491 \text{ mm}^2$

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,07230$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000908 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0006141$

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,0009081$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s \leq 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 203,555 \text{ mm}$

Případ $s > 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1360,87 \text{ mm}$

$c = 45$ krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudržností

$k_2 = 0,5$ pro ohyb

$k_3 = 3,4$ doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$ doporučená hodnota

$\phi = 21,5$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $s_{r,max}$

$5(c + \phi/2) = 257,73709 \text{ mm}$

vzdálenost výztuže $50,00 \text{ mm}$

Případ $s \leq 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 203,56 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \leq w_{max}$

$w_k = 0,1848 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 49,45$$

$$\frac{l}{d} = 12,00 \leq \lambda_d = 49,45$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislí na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

☐ $\kappa_{c1} = 0,8$
☒ $\kappa_{c1} = 1,0$

pro T průřez s poměrem šířky příruby k šířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí $l = 14,98$ m

$$\kappa_{c2} = 2,14$$

Součinitel napětí tahové výztuže v exténně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\kappa_{c3} = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,36$$

$A_{s,req} = 1090,09 \text{ mm}^2$
 $A_{s,prov} = 1491 \text{ mm}^2$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00746$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00746$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

- ☒ prostě podepřený nosník, prostě podepřená deska
☐ krajní pole spojitého nosníku nebo desky
☐ vnitřní pole nosníku nebo desky
☐ deska lokálně podepřená
☐ konzola

$$\kappa = 1$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0$$

Výpočet podle druhého vzorce

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{aligned} &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 17,03$$

Prvek Trám podepření hlediště

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 6,2 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí XC1
Návrhová životnost 80 let
Požární odolnost REI
Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 231$ kNm
 $m_{Ed,q} = 147,00$ kNm
 $V_{Ed} = 649$ kN

Zadání geometrie

h 600 mm
b 400 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$	v ČR se uvažuje hodnotou 1	$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$	součinitel spolehlivosti materiálu	$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 20,00$ Mpa		$f_{yk} = 434,78$ Mpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku
po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví
bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva
Profil ve vrstvě
Počet prutů
Krytí profilu
Plocha na 1 mb
Celková plocha
Teoretická osa plochy výztuže
Účinná výška průřezu
Vzdálenost mezi pruty
Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	18	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	30	0	0	0
ai =	1018	0	0	0
$a_{s1} =$	1018			
$d_1 =$	39			
$d =$	561			

min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$$

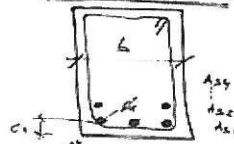
$$s_{min} = 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 5$$

$$d_g = 32 \text{ mm}$$

TRAM - obdélník



$$d = h - \frac{\sum \phi_i}{2}$$

Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 69,1 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1233 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 236,03 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 231 < m_{Rd} = 236,03 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1018 > a_{s,min} = 338,0 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 337,98 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 291,72 \text{ mm}^2$$

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 24000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 1018 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 776,838 \text{ kN}$$

$$\cot \Theta = 2,5 - \text{volíme}$$

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 533 \text{ mm}$$

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$ Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu $\cot \Theta = 2,5$

Třmínky

n = 4 počet střihů na třmínku
 $\phi i = 8$ mm - profil třmínku
a = 170 mm - osová vzdálenost třmínků
 $A_{sk} = 201$ mm² - plocha třmínků
 $a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sk} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 685,64 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 649 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 685,64 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 420,8 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sk}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sk}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 573,57 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 400,00 \text{ mm}$$

145

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0,45$
- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0,80$
- pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1,0$

Průřez bez trhlin:

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,24518 \text{ m}^2$$

$$a_{gr} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,306 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gr} - 0,5 h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gr})^2 = 0,007546 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gr})} = 74,216 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Ed,q} = 147 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 74,216 \text{ kN/m}$$

Trhliny vzniknou

Průřez s trhlinami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,1173 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0014357 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinaci zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 12,008 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 312,479 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

Prvek Trám podepření hlediště

Posouzení obdélníku

Rozpětí stropní kce L = 8,2 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí

XC1

Návrhová životnost

80

let

Požární odolnost

REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 270$ kNm
 $m_{Ed,q} = 170,00$ kNm
 $V_{Ed} = 463$ kN
 $m_{Ed,sh} = 193,00$ kNm

Zadání geometrie

h = 600 mm
b = 400 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	10 505 R
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$	v ČR se uvažuje hodnotou 1	$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$	součinitel spolehlivosti materiálu	$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{ctm} = 20,00$ Mpa		$f_{yk} = 434,78$ Mpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			
$\epsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku
po výšce λx

$$\eta = 1 \quad \xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{cu3}} = 0,617$$

- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví
bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva

Profil ve vrstvě

Počet prutů

Krytí profilu

Plocha na 1 mb

Celková plocha

Teoretická osa plochy výztuže

Účinná výška průřezu

Vzdálenost mezi pruty

Min světlost mezi pruty

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
$\phi i =$	20	0	0	0
ks =	4	0	0	0
ci =	30	0	0	0
ai =	1257	0	0	0
$a_{s1} =$	1257			
$d_1 =$	40			
$d =$	560			

$s_1 = 87$ mm
 $s \leq s_{s1,max}$ **Ok**

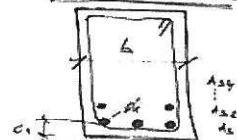
min. vzdálenosti prutů

$$s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi_s + k_2 \cdot 20 \text{ mm}) = s_{min} = 37 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,2$$

 $k_2 = 5$
 $d_s = 32 \text{ mm}$

TRAM - osvětlení



Posouzení

$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 85,4 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,1524 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} \cdot f_{yk} \cdot (d - 0,5 \lambda x) = 287,31 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 270 < m_{Rd} = 287,31 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}, 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 1257 > a_{s,min} = 337,4 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 24000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 1257 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Smyk

$$\min(V_{Rd,max}) = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \left(\frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta} \right) = 765,931 \text{ kN}$$

 $\cot \Theta = 2,5 - \text{volime}$

$|V_{Ed}| \leq \min(V_{Rd,max}) \rightarrow$ **Lze navrhnout smykovou výztuž za předpokladu $\cot \Theta = 2,5$**

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,528$$

$$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 526 \text{ mm}$$

Třminky

n = 4 počet stříhů na třmínku
 $\phi i = 8$ mm - profil třmínku
a = 170 mm - osová vzdálenost třmínků
 $A_{sw} = 201$ mm² - plocha třmínků
 $a \leq s_{min}$

Osová vzdálenost třmínků je OK

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yk}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta = 676,02 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 463 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 676,02 \text{ kN}$$

Navrhnutý třmínek vyhovuje

Návrh konstrukční smykové výztuže

- vzdálenost třmínků

$$s \leq 0,75 \cdot d = 420,0 \text{ mm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} \quad s_{v,min} = 400$$

- omezení stupně vyztužení

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,00088$$

$$s_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = 573,57 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \min(s_{v,min}, s_w) = 400,00 \text{ mm}$$

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezení napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být

$$|\sigma_c| \leq k_z \cdot f_{ck}, k_z = 0,45$$

- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit

$$|\sigma_s| \leq k_s \cdot f_{yk}, k_s = 0,80$$

pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku

$$|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1,0$$

Průřez bez trhlin:

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_t = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,24640 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_t} = 0,307 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,007621 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 75,276 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Ed,q} = 170 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 75,276 \text{ kN/m}$$

Trhliny vzniknou

Průřez s trhlinami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,1285 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0017080 \text{ m}^4$$

Posouzení napětí ve výztuži a v betonu

- Napětí v betonu kvazistálou kombinací zatížení

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 12,790 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- Napětí ve výztuži pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed,ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 296,974 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Napětí splňuje omezující podmínky

2) Kontrola trhlin

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

Šířku trhlin posuzujeme při kvazistálé kombinaci zatížení napětí ve výztuži

$\sigma_s =$ napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou $\sigma_s = \sigma_e \frac{m \cdot \varepsilon_{ct,eff} \cdot (d - x_1)}{l_1}$
 $\sigma_s = 261,6 \text{ Mpa}$

$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,091$ poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$ je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu $A_{c,eff}$

$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 0,0400 \text{ m}^2$

$h_{c,eff} = \min\{2,5(h - d), (h - x) / 3, h / 2\} ; \min\{100,00 ; 157,17 ; 300\} h_{c,eff} = 100,00 \text{ mm}$

Vliv doby trvání zatížení

- ☐ Krátkodobé zatížení, 0.6
☒ Dlouhodobé zatížení, 0.4

$k_t = 0,4$

$a_s = 1257 \text{ mm}^2$
 $a_p =$ předpoklad výztuže

$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,03142$

$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa}$ - trhliny jsou očekávány po 28 dnech $f_{ct,eff} = f_{ctm}$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,001088 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0007847$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0010882$

Výpočet $s_{r,max}$

Případ $s < 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 210,225 \text{ mm}$

Případ $s > 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 669,02 \text{ mm}$

$c = 30$ krytí podélné výztuže
 $k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudržností
 $k_2 = 0,5$ pro ohyb
 $k_3 = 3,4$ doporučená hodnota
 $k_4 = 0,425$ doporučená hodnota
 $\phi = 20$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat $s_{r,max}$

$5(c + \phi/2) = 200 \text{ mm}$
vzdálenost výztuže $86,67 \text{ mm}$

Případ $s < 5(c + \phi/2)$

$s_{r,max} = 210,23 \text{ mm}$

Kontrola trhlin

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

$w_k = 0,2288 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{e1} \cdot \kappa_{e2} \cdot \kappa_{e3} \cdot \lambda_{d,tab} = 23,71$$

$$\frac{l}{d} =$$

$$14,64 \leq \lambda_d = 23,71$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závisí na tvaru průřezu

$$\kappa_{e1} = 1$$

$$\begin{aligned} \text{○ } \kappa_{e1} &= 0,8 \\ \text{● } \kappa_{e1} &= 1,0 \end{aligned}$$

pro T průřez s poměrem šířkyprůřezu kšířce žebra větší než 3

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí $l = 8,20$ m

$$\kappa_{e2} = 1,17$$

Součinitel napětí tahové výztuže v extrémně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\begin{aligned} \kappa_{e3} &= \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 1,06 \\ A_{s,req} &= 1100,94 \text{ mm}^2 \\ A_{s,prov} &= 1257 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

- ☒ prostě podepřený nosník, prostě podepřená desk
- ☐ krajní pole spojitého nosníku nebo desky
- ☐ vnitřní pole nosníku nebo desky
- ☐ deska lokálně podepřená
- ☐ konzola

$$\kappa = 1$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00561$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00561$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0$$

Výpočet podle druhého vzorce

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{aligned} &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ &\kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{aligned} \right\rangle = 19,02$$

Sloup 300/300
1 K/P - L BANKI

BETON B 45

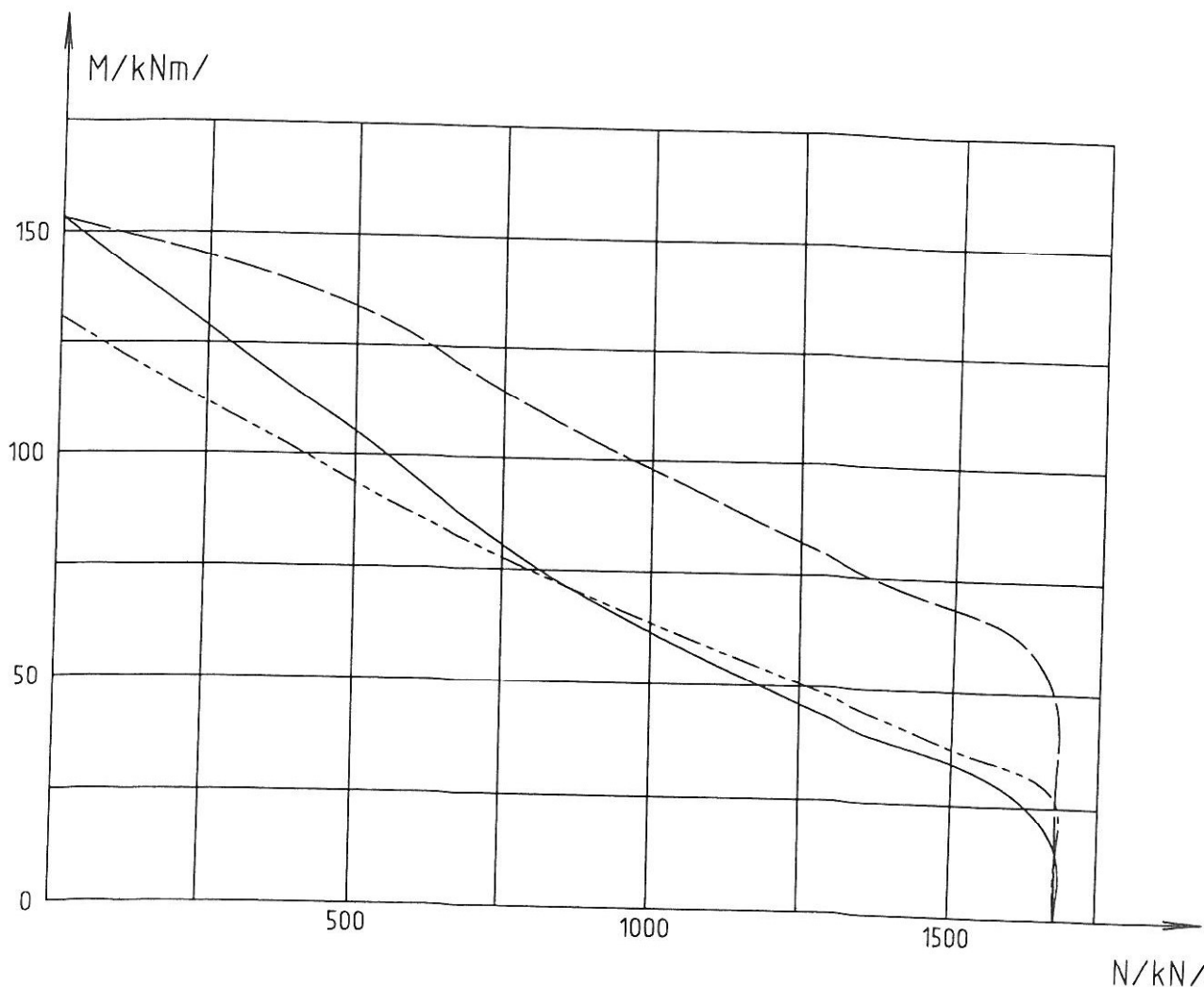
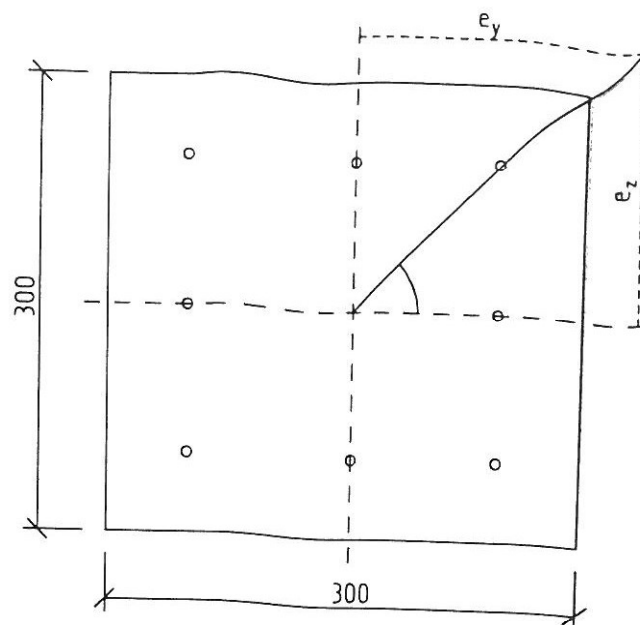
$l = 4,200\text{m}$

$L_y = 4,410\text{m}$

$L_z = 6,300\text{m}$

8 Ø R 25

OCEL 10505/R /
($\mathbb{R}500\mathbb{R}$)



0° ———
 45° - - -
 90° ———

Sloup 300/300
2 KF - LEAVK /

BETON B 45

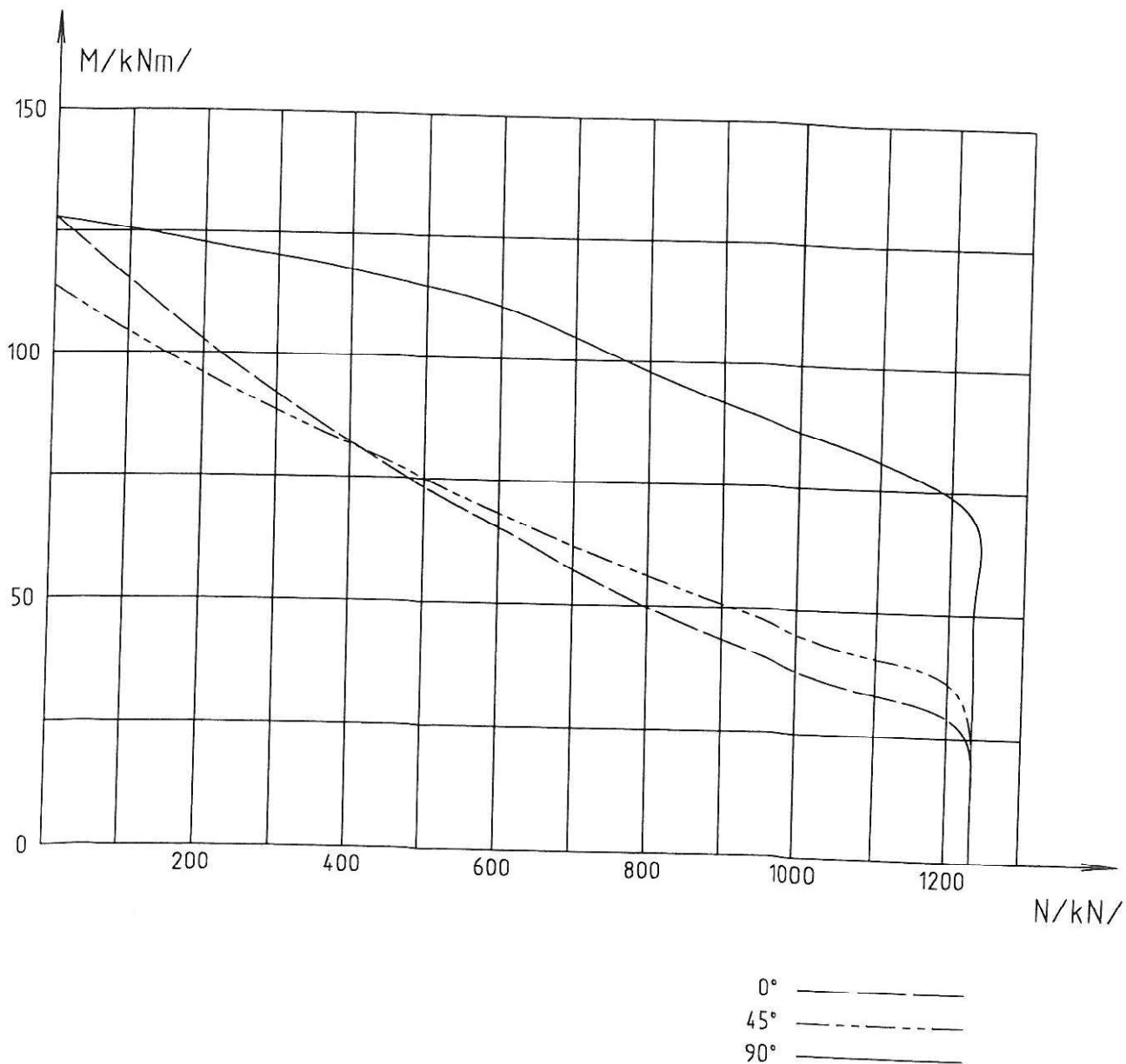
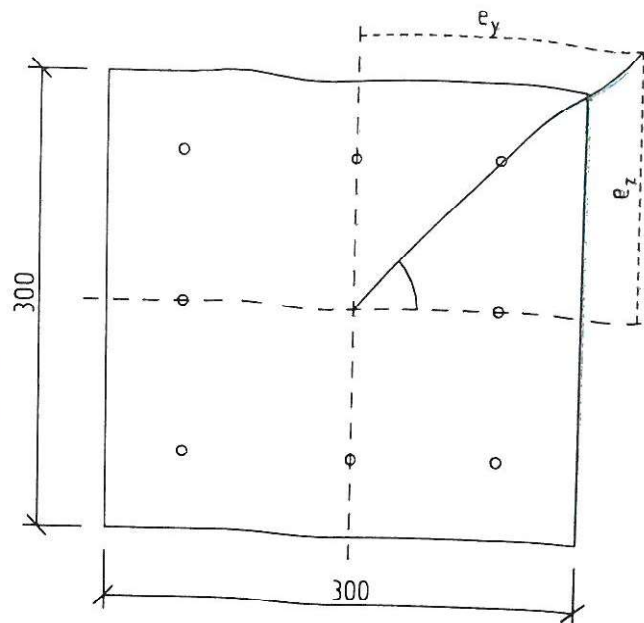
$l = 4,000\text{m}$

$L_y = 7,080\text{m}$

$L_z = 4,200\text{m}$

8 \emptyset R 22

OCEL 10505/R /
(B 500B)



Sloup 400/400

BETON B 45

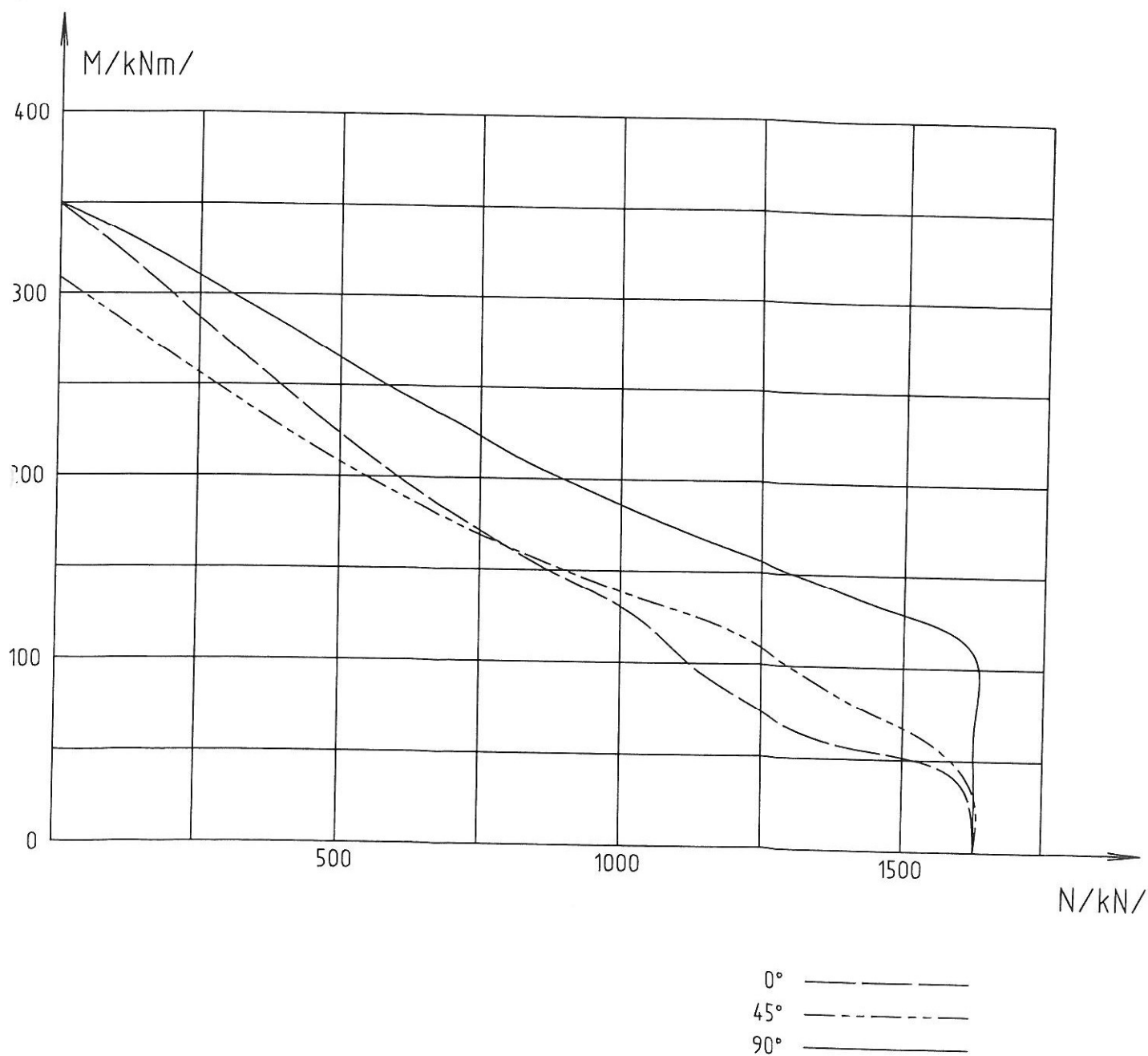
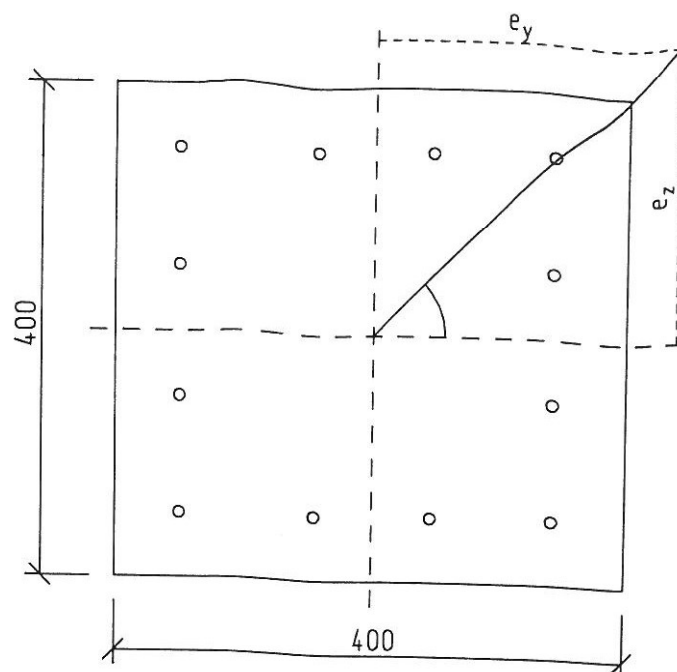
OCEL 10505/R /

$l = 7,900\text{m}$

$L_y = 11,850\text{m}$

$L_z = 10,112\text{m}$

12 \varnothing R 25



Akce: K.Vary, VTP
 Zpracoval: Ing. Martin Šafařík
 Datum: 30.8.2013
 Prvek: Stropní deska nad strojovnou VZT

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI
 OHÝBANÉHO ŽELEZOBETONOVÉHO PRŮŘEZU
 podle ČSN EN 1992-1-1

Posouzení desky

Rozpětí stropní kce L = 2,2 m

Vstupní údaje

Stupeň vlivu prostředí XC1
 Návrhová životnost 80 let
 Požární odolnost 30 REI

Materiály:

Zadání vnitřních sil

$m_{Ed} = 4,41$ kNm
 $m_{Ed,q} = 3,18$ kNm
 $V_{Ed} = 5,8$ kN

Zadání geometrie

h = 150 mm

Třída betonu :	C30/37	Výztuž :	B 505 B
$f_{ck} = 30$ Mpa		$f_{yk} = 500$ Mpa	
$\alpha_{cc} = 1$	v ČR se uvažuje hodnotou 1	$\gamma_s = 1,15$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_c = 1,50$	součinitel spolehlivosti materiálu	$E_s = 200,00$ Gpa	
$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20,00$ Mpa		$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78$ Mpa	
$f_{ctm} = 2,9$ Mpa		$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17$ [‰]	
$E_{cm} = 32,8$ Gpa			
$\varepsilon_{cu3} = 3,5$ [‰]			

Rovnoměrné rozdělení napětí betonu v tlaku
 po výšce λx
 $\eta = 1$
 $\lambda = 0,8$
 $\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{cu3}} = 0,617$

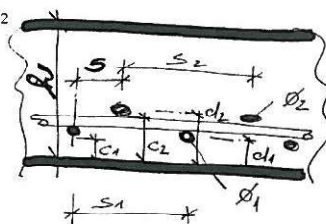
- bilineární pracovní diagram s vodorovnou horní větví bez omezeného přetvoření

Zadání plochy výztuže

Vrstva
 Profil ve vrstvě
 Osová vzdálenost
 Krytí profilu
 Plocha na 1 mb
 Celková plocha
 Teoretická osa plochy výztuže
 Účinná výška průřezu

	37 mm	37 mm	37 mm	37 mm
i =	1	2	3	4
ϕ_i =	6			
si =	150			
ci =	30			
ai =	188	0	0	0
$a_{s1} = 188$ mm ²				
$d_1 = 33$ mm				
$d = 117$ mm				

min. vzdálenosti prutů
 $s_{min} = \max(k_1 \cdot \phi, d_g + k_2, 20mm)$
 $s_{min} = 37$ mm
 $k_1 = 1,2$
 $k_2 = 5$
 $d_g = 32$ mm



$$x = \frac{a_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} = 5,1 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = 0,0437792 < \xi_{bal,1} = 0,617$$

Vyhovuje

$$m_{Rd} = a_{s1} f_{yd} (d - 0,5 \lambda x) = 9,42 \text{ kNm/m}$$

$$m_{Ed} = 4,41 < m_{Rd} = 9,42 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

Kontrola vyztužení

$$a_{s,min} = \max \left\{ \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d \right\}$$

$$a_{s1} = 188 > a_{s,min} = 176,2 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s1} \leq 0,04 A_c = 6000 \text{ mm}^2 > a_{s1} = 188 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

$$a_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} = 176,22 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 152,10 \text{ mm}^2$$

Konstrukční podmínky

Maximální vzdálenost prutů $s_{s1,max} = 2h \leq 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 Výpočet vzdálenosti ze skupiny vložek si $s = 150 \text{ mm}$
 $s \leq s_{s1,max}$ $s = s_{min}$

Osová vzdálenost prutů - OK
 Min. vzdálenost prutů OK

Rozdělovací výztuž

Profil rozdělovací výztuže $\phi_{st} = 6$ mm
 Vzdálenost rozdel.výztuže $s_{st} = 150$ mm
 $A_{st} = 188$ mm²
 Min.rozdel $a_{s,req} = 0,2 \cdot a_{s1} = 38$ mm²
 $A_{st} > a_{s,req}$

Plocha rozdělovací výztuže vyhovuje

Maximální osová vzdálenost
 $s_{max,slab} = \min(3h; 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$
 $s_{st} = 150$ $s_{max,slab} = 400 \text{ mm}$
 $s_{st} > s_{max,slab}$

Vzdálenost rozdel. výztuže vyhovuje

Smyk

*) u desek nebývá obvykle nutné provádět kontrolu smykové únosnosti

Únosnost ve smyku desky bez smykové výztuže

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = 47,48 \text{ kN/m}$$

s minimální hodnotou

$$v_{Rd,c} = v_{min} \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$$

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,0 \quad k = 2$$

$$\rho_1 = a_{s1} / (b_w \cdot d) \leq 0,02 \quad \rho_1 = 0,00161$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,542$$

$$v_{Rd,c} \geq v_{min} \cdot b_w \cdot d = 63,44 \text{ kN/m}$$

$$v_{Rd,c} = 63,44 \text{ kN/m} \geq v_{Ed,red} = 5,80 \text{ kN/m}$$

Smyková výztuž není třeba

Kontrola mezního stavu použitelnosti

1) Omezené napětí

- napětí v betonu při quasi-stálé kombinaci zatížení musí být $|\sigma_c| \leq k_2 \cdot f_{ck}, k_2 = 0,45$

- tahové napětí ve výztuži při charakteristickém zatížení nesmí překročit $|\sigma_s| \leq k_3 \cdot f_{yk}, k_3 = 0,80$

pokud je napětí ve výztuži vyvozeno vynuceným přetvořením, je možné použít podmínku $|\sigma_s| \leq k_4 \cdot f_{yk}, k_4 = 1,0$

Průřez bez trhlin :

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

$$A_i = b \cdot h + (\alpha_e - 1) a_s = 0,15096 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (\alpha_e - 1) \cdot a_s \cdot d}{A_i} = 0,075 \text{ m}$$

$$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h (a_{gi} - 0,5h)^2 + (\alpha_e - 1) a_s \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,000283 \text{ m}^4$$

$$m_{cr} = \frac{I_i \cdot f_{cm}}{(h - a_{gi})} = 10,966 \text{ kNm/m}$$

$m_{Ed,q} \leq m_{cr}$ - Pokud je podmínka splněna trhliny nevzniknou

$$m_{Ed,q} = 3,18 \text{ kN/m} \leq m_{cr} = 10,966 \text{ kNm/m}$$

Trhliny nevzniknou

Průřez s trhlínami:

$$x_r = \frac{\alpha_e \cdot a_s}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot a_s}} \right) = 0,0153 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{b \cdot x_r^3}{3} + \alpha_e \cdot a_s \cdot (d - x_r)^2 = 0,0000131 \text{ m}^4$$

$$\sigma_c = \frac{m_{Ed,q} \cdot x_r}{I_r} = 3,719 \text{ Mpa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,50 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{m_{Ed,q} \cdot (d - x_r)}{I_r} = 150,756 \text{ Mpa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 400,00 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

2) Kontrola trhlin

Výpočet hodnoty $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$

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

σ_s = napětí v tažené výztuži vypočtené na průřezu porušeném trhlinou

$$\sigma_s = 150,756 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \frac{m_{Ed, ch} \cdot (d - x_r)}{I_r} =$$

$$\alpha'_e = E_s / E_{cm} = 6,091$$

poměr modulu pružnosti výztuže a betonu

$$\rho_{p,eff} = (a_s + \xi_1^2 \cdot A_p) / A_{c,eff}$$

je účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti betonu

$$A_{c,eff}$$

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,ef} = 0,0449 \text{ m}^2$$

$$h_{c,ef} = \min\{2,5(h-d), (h-x)/3, h/2\}; \min\{82,50; 44,91; 75\} h_{c,ef} = 44,91 \text{ mm}$$

Vliv doby trvání zatížení

☐ Krátkodobé zatížení, 0,6

☒ Dlouhodobé zatížení, 0,4

$$k_t = 0,4$$

$$a_s = 188 \text{ mm}^2$$

$$a_p = 0 \text{ předpínací výztuž}$$

$$\rho_{p,eff} = (a_s) / A_{c,eff} = 0,00420$$

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ Mpa} - \text{trhliny jsou očekávány po 28 dnech} \quad f_{ct,eff} = f_{ctm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0,000662 \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,0004523$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0004523$$

Výpočet $S_{r,max}$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 344,997 \text{ mm}$$

Případ $s > 5(c+\phi/2)$

$$S_{r,max} = 1,3 \cdot (h-x) = 188,34 \text{ mm}$$

$c = 30$ krytí podélné výztuže

$k_1 = 0,8$ pruty s velkou soudrůžností

$k_2 = 0,5$ pro ohyb

$k_3 = 3,4$ doporučená hodnota

$k_4 = 0,425$ doporučená hodnota

$\phi = 6$ profil prutů

Rozhodnutí podle kterého případu se bude počítat

$S_{r,max}$

$$5(c+\phi/2) = 165 \text{ mm}$$

$$\text{vzdálenost výztuže} = 150 \text{ mm}$$

Případ $s \leq 5(c+\phi/2)$

$$S_{r,max} = 345,00 \text{ mm}$$

Kontrola trhlin

$$w_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_{max}$$

$$w_k = 0,1560 \text{ mm} \leq w_{max} = 0,4 \text{ mm}$$

Šířka trhlin pro dané prostředí vyhovuje

3) Kontrola průhybu

$$\frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 222,36$$

$$\frac{l}{d} = 18,80 \leq \lambda_d = 222,36$$

Není nutné počítat průhyb

Součinitel závislý na tvaru průřezu

$$\kappa_{c1} = 1$$

☐ $\kappa_{c1} = 0,8$

pro T průřez s poměrem šířkyprůřezu kšířce žebra větší než 3

☒ $\kappa_{c1} = 1,0$

v ostatních případech

Součinitel závislý na rozpětí

- rozpětí $l = 2,20$ m

$$\kappa_{c2} = 1,00$$

Součinitel pro zohlednění různých nosných systémů

☒ prostě podepřený nosník, prostě podepřená deska

☐ krajní pole spojitého nosníku nebo desky

☐ vnitřní pole nosníku nebo desky

☐ deska lokálně podepřená

☐ konzola

$$\kappa = 1$$

Součinitel napětí tahové výztuže v extémně namáhaném průřezu při časté kombinaci provozního zatížení

$$\kappa_{c3} = \frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} = 2,14$$

$$A_{s,req} = 88,24 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 188 \text{ mm}^2$$

Referenční stupeň vyztužení

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3} = 0,00548 \geq \rho = 0,00161$$

Geometrický stupeň vyztužení tahovou výztuží

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,00161$$

Požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží

$$\rho' = 0,00E+00$$

Výpočet podle prvního vzorce

$$\lambda_{d,tab} = \left\langle \begin{array}{l} \kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ pro } \rho \leq \rho_0 \\ \kappa \left[11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho'}{\rho_0} \right] \text{ pro } \rho > \rho_0 \end{array} \right\rangle = 104,09$$

Posudek oceli - PŮHLADOVÉ VAZNIKY

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B155 | MSH120x120x5.0 | S 235 | CO2/12 | 0.21

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
112.34	0.00	0.26	-0.02	0.63	-0.04

Kritický posudek v místě 6.63 m

LTB		
Délka klopení	9.94	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.21 < 1
Posudek na smyk (V _y)	0.00 < 1
Posudek na smyk (V _z)	0.00 < 1
Posudek ohybového momentu (M _y)	0.03 < 1
Posudek ohybového momentu (M _z)	0.00 < 1
M	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Klopení	0.03 < 1
Tlak + moment	0.04 < 1
Tlak + moment	0.02 < 1

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B167 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/12 | 0.27

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
79.72	0.00	0.11	-0.00	-0.00	0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB		
Délka klopení	1.99	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na osovou sílu	$0.27 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek

Tlak + moment	$0.01 < 1$
Tlak + moment	$0.00 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B156 | MSH120x120x5.0 | S 235 | CO2/12 | 0.64

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-76.35	0.10	-8.35	0.00	-0.00	0.00

Kritický posudek v místě 9.94 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	158.30	63.15	
Redukovaná štíhlost	1.69	0.67	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.30	0.86	
Délka	1.66	3.31	m
Součinitel vzpěru	4.47	0.89	
Vzpěrná délka	7.41	2.96	m
Kritické Eulerovo zatížení	187.76	1179.79	kN

LTB

Délka klopení	3.31	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.46	
C2	0.96	
C3	1.73	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na tlak	$0.14 < 1$
Posudek na smyk (Vy)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.05 < 1$

Stabilitní posudek

Vzpěr	$0.47 < 1$
Tlak + moment	$0.64 < 1$
Tlak + moment	$0.38 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B166 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/13 | 0.06

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-16.96	0.00	-0.00	-0.02	0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvně	neposuvně	
Štíhlost	40.41	40.41	
Redukovaná štíhlost	0.43	0.43	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.94	0.94	
Délka	1.07	1.07	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.07	1.07	m
Kritické Eulerovo zatížení	1612.23	1612.23	kN

LTB		
Délka klopení	1.07	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	1.73	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.06 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.06 < 1
Tlak + moment	0.06 < 1
Tlak + moment	0.06 < 1

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B165 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/12 | 0.22

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-50.52	-0.00	0.11	-0.01	-0.00	0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvně	neposuvně	
Štíhlost	73.96	73.96	
Redukovaná štíhlost	0.79	0.79	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.80	0.80	
Délka	1.95	1.95	m

Parametry vzpěru	yy	zz	
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.95	1.95	m
Kritické Eulerovo zatížení	481.20	481.20	kN

LTB		
Délka klopení	1.95	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.17 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.21 < 1
Tlak + moment	0.22 < 1
Tlak + moment	0.22 < 1

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B164 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO6/14 | 0.00

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
0.64	-0.00	-0.00	-0.02	-0.00	0.00

Kritický posudek v místě 1.03 m

LTB		
Délka klopení	1.03	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	1.73	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.00 < 1

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B163 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/12 | 0.07

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
22.32	0.00	0.11	-0.01	-0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB		
Délka klopení	1.95	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.07 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Tlak + moment	0.01 < 1
Tlak + moment	0.00 < 1

EC3 : posouzení EN 1993

Pрут B162 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/13 | 0.05

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-15.44	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	37.88	37.88	
Redukovaná štíhlost	0.40	0.40	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.95	0.95	
Délka	1.00	1.00	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.00	1.00	m
Kritické Eulerovo zatížení	1834.35	1834.35	kN

LTB		
Délka klopení	1.00	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	1.73	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na tlak	$0.05 < 1$
-----------------	------------

Stabilitní posudek

Vzpěr	$0.05 < 1$
Tlak + moment	$0.05 < 1$
Tlak + moment	$0.05 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B161 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO1/15 | 0.04

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
10.85	-0.00	-0.11	0.00	-0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 1.92 m

LTB		
Délka klopení	1.92	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na osovou sílu	$0.04 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek

Tlak + moment	$0.01 < 1$
Tlak + moment	$0.00 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B160 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO6/14 | 0.00

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
0.65	-0.00	-0.00	0.01	-0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 0.97 m

LTB		
Délka klopení	0.97	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	1.73	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na osovou sílu: $0.00 < 1$

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B158 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/13 | 0.19

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-45.11	-0.00	-0.11	-0.00	-0.00	0.00

Kritický posudek v místě 1.92 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	72.66	72.66	
Redukovaná štíhlost	0.77	0.77	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.81	0.81	
Délka	1.92	1.92	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.92	1.92	m
Kritické Eulerovo zatížení	498.55	498.55	kN

LTB

Délka klopní	1.92	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na tlak: $0.15 < 1$

Posudek na smyk (Vz): $0.00 < 1$

Stabilitní posudek

Vzpěr	$0.19 < 1$
Tlak + moment	$0.19 < 1$
Tlak + moment	$0.19 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B157 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/13 | 0.07

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-20.71	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvně	neposuvně	
Štíhlost	35.36	35.36	
Redukovaná štíhlost	0.38	0.38	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.96	0.96	
Délka	0.93	0.93	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	0.93	0.93	m
Kritické Eulerovo zatížení	2105.75	2105.75	kN

LTB		
Délka klopení	0.93	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	1.73	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.07 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.07 < 1$
Tlak + moment	$0.07 < 1$
Tlak + moment	$0.07 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B159 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/13 | 0.31

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
91.27	0.00	-0.11	-0.00	-0.00	0.00

Kritický posudek v místě 1.89 m

LTB		
Délka klopení	1.89	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	$0.31 < 1$

POSUDEK ÚNOSNOSTIPosudek na smyk (Vz) $0.00 < 1$ **Stabilitní posudek**Tlak + moment $0.01 < 1$ Tlak + moment $0.00 < 1$ **EC3 : posouzení EN 1993**

Prut B259 | HEB140 | S 235 | CO2/16 | 0.49

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
38.75	-4.28	31.24	-0.48	-24.84	2.17

Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB		
Délka klopení	1.04	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	2.19	
C2	0.01	
C3	0.85	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na osovou sílu	$0.04 < 1$
Posouzení kroucení	$0.21 < 1$
Posudek na smyk (Vy)	$0.01 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.19 < 1$
Posudek ohybového momentu (My)	$0.43 < 1$
Posudek ohybového momentu (Mz)	$0.08 < 1$
M	$0.26 < 1$

Stabilitní posudek

Klopení	$0.43 < 1$
Tlak + moment	$0.49 < 1$
Tlak + moment	$0.36 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B260 | HEB140 | S 235 | CO2/17 | 0.49

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
38.59	4.05	-31.21	0.47	-24.79	1.93

Kritický posudek v místě 1.04 m

LTB		
Délka klopení	1.04	m
k	1.00	

LTB	
kw	1.00
C1	2.19
C2	0.01
C3	0.85

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	$0.04 < 1$
Posouzení kroucení	$0.21 < 1$
Posudek na smyk (V_y)	$0.01 < 1$
Posudek na smyk (V_z)	$0.19 < 1$
Posudek ohybového momentu (M_y)	$0.43 < 1$
Posudek ohybového momentu (M_z)	$0.07 < 1$
M	$0.25 < 1$

Stabilitní posudek	
Klopení	$0.43 < 1$
Tlak + moment	$0.49 < 1$
Tlak + moment	$0.35 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B132 | MSH120x120x5.0 | S 235 | CO2/13 | 0.17

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
90.61	0.00	-0.32	-0.02	0.00	0.00

Kritický posudek v místě 1.89 m

LTB	
Délka klopení	1.89 m
k	1.00
kw	1.00
C1	1.67
C2	0.13
C3	0.98

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	$0.17 < 1$
Posudek na smyk (V_y)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (V_z)	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek	
Tlak + moment	$0.01 < 1$
Tlak + moment	$0.01 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B126 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/13 | 0.07

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
-21.08	-0.00	-0.00	0.04	0.00	0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	35.36	35.36	
Redukovaná štíhlost	0.38	0.38	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.96	0.96	
Délka	0.93	0.93	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	0.93	0.93	m
Kritické Eulerovo zatížení	2105.77	2105.77	kN

LTB		
Délka klopení	0.93	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	0.99	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.07 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.07 < 1
Tlak + moment	0.07 < 1
Tlak + moment	0.07 < 1

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B131 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/13 | 0.18

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
-42.44	0.00	-0.11	-0.01	-0.00	0.00

Kritický posudek v místě 1.92 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	72.65	72.65	
Redukovaná štíhlost	0.77	0.77	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.81	0.81	

Parametry vzpěru	yy	zz	
Délka	1.92	1.92	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.92	1.92	m
Kritické Eulerovo zatížení	498.65	498.65	kN

LTB		
Délka klopení	1.92	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.14 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.18 < 1$
Tlak + moment	$0.18 < 1$
Tlak + moment	$0.18 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Přut B121 | MSH120x120x5.0 | S 235 | CO2/18 | 0.65

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-81.22	0.10	-8.18	0.01	-0.00	0.00

Kritický posudek v místě 9.94 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	155.64	63.39	
Redukovaná štíhlost	1.66	0.67	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.31	0.86	
Délka	1.66	3.31	m
Součinitel vzpěru	4.40	0.90	
Vzpěrná délka	7.29	2.97	m
Kritické Eulerovo zatížení	194.23	1170.83	kN

LTB		
Délka klopení	3.31	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.46	

LTB	
C2	0.96
C3	1.73

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.15 < 1$
Posudek na smyk (V_y)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (V_z)	$0.05 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.49 < 1$
Tlak + moment	$0.65 < 1$
Tlak + moment	$0.39 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B120 | MSH120x120x5.0 | S 235 | CO2/13 | 0.22

NEd [kN]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	TEd [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
116.07	0.00	0.26	-0.01	0.66	-0.05

Kritický posudek v místě 4.97 m

LTB	
Délka klopení	8.28 m
k	1.00
kw	1.00
C1	1.33
C2	0.33
C3	1.73

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	$0.22 < 1$
Posudek na smyk (V_y)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (V_z)	$0.00 < 1$
Posudek ohybového momentu (M_y)	$0.03 < 1$
Posudek ohybového momentu (M_z)	$0.00 < 1$
M	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek	
Klopení	$0.03 < 1$
Tlak + moment	$0.04 < 1$
Tlak + moment	$0.02 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B125 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO5/19 | 0.00

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
0.41	0.00	-0.00	0.01	-0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 0.97 m

LTB		
Délka klopení	0.97	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	0.99	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.00 < 1

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B130 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO1/15 | 0.03

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
9.79	-0.00	-0.11	0.01	-0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 1.92 m

LTB		
Délka klopení	1.92	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.03 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Tlak + moment	0.01 < 1
Tlak + moment	0.00 < 1

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B124 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/13 | 0.05

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-15.50	-0.00	-0.00	-0.02	0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvně	neposuvně	
Štíhlost	37.88	37.88	
Redukovaná štíhlost	0.40	0.40	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.95	0.95	
Délka	1.00	1.00	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.00	1.00	m
Kritické Eulerovo zatížení	1834.36	1834.36	kN

LTB		
Délka klopení	1.00	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	0.99	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.05 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.05 < 1$
Tlak + moment	$0.05 < 1$
Tlak + moment	$0.05 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B129 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/12 | 0.08

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
23.57	0.00	0.11	-0.01	-0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB		
Délka klopení	1.95	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	$0.08 < 1$

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na smyk (Vz) | 0.00 < 1

Stabilitní posudek

Tlak + moment | 0.01 < 1

Tlak + moment | 0.00 < 1

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B123 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO6/20 | 0.00

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
0.61	0.00	-0.00	-0.02	-0.00	0.00

Kritický posudek v místě 1.03 m

LTB		
Délka klopení	1.03	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	0.99	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na osovou sílu | 0.00 < 1

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B128 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/12 | 0.22

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-51.58	-0.00	0.11	-0.01	-0.00	0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	73.96	73.96	
Redukovaná štíhlost	0.79	0.79	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.80	0.80	
Délka	1.95	1.95	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.95	1.95	m
Kritické Eulerovo zatížení	481.18	481.18	kN

LTB		
Délka klopení	1.95	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.17 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.22 < 1$
Tlak + moment	$0.22 < 1$
Tlak + moment	$0.22 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B122 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/13 | 0.06

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-16.99	-0.00	-0.00	-0.02	0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	40.41	40.41	
Redukovaná štíhlost	0.43	0.43	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce	0.21	0.21	
Redukční součinitel	0.94	0.94	
Délka	1.07	1.07	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.07	1.07	m
Kritické Eulerovo zatížení	1612.23	1612.23	kN

LTB		
Délka klopení	1.07	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	1.73	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.06 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.06 < 1$
Tlak + moment	$0.06 < 1$
Tlak + moment	$0.06 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B127 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO2/12 | 0.27

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
80.82	-0.00	0.11	-0.00	-0.00	0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB	
Délka klopní	1.99 m
k	1.00
k _w	1.00
C1	1.13
C2	0.45
C3	0.53

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	$0.27 < 1$
Posudek na smyk (V _z)	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek	
Tlak + moment	$0.01 < 1$
Tlak + moment	$0.00 < 1$

Akce: K.Vary, Vědeckotechnický park
 Zpracoval: ing. M. Šafařík
 Datum: říjen 11, 2012
 Objekt: Objekt IV
 Prvek: Příčel hlavního ok rámu

NAVRHUJI HEB 360 TRÍDA PRŮŘEZU 1

Ocel S 235

A=	18,06	*	10 ³	mm ²	
I _y =	431,934	*	10 ⁶	mm ⁴	
I _z =	101,412	*	10 ⁶	mm ⁴	
I _t =	2924,53	*	10 ³	mm ⁴	
I _w =	2883,25	*	10 ⁹	mm ⁶	
W _{ply} =	2682,99	*	10 ³	mm ³	
W _y =	2399,63	*	10 ³	mm ³	
E=	210	*	10 ⁹	Pa	
G=	80,7	*	10 ⁹	Pa	

β_w = 1,00

Seznam použitých vzorců

$$\lambda_y = \frac{L_y}{i_y} \quad \lambda_z = \frac{L_z}{i_z}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

χ - z tabulek

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y * (2 * \beta_{My} - 4) + \frac{W_{ply} * \beta_w - W_{ely}}{W_{ely}} \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y * N_{sd}}{\chi_y * A * f_y} \leq 1,5$$

POSOUZENÍ :

$$\frac{N_{sd} * \gamma_{M1}}{\chi_{min} * A * f_y} + \frac{k_y * M_{y sd} * \gamma_{M1}}{W_{ply} * \beta_w * f_y} \leq 1$$

pro třídu 1;2 β_w=1
 pro třídu 3 β_w=W_y/W_{ply}

Délka prvku L= 11800 mm
 L_y= 1,33 * 11800 = 15694 mm
 L_z= 0,84 * 11800 = 9912 mm
 i_y= 154,6 mm λ_y= 101,5
 i_z= 74,9 mm λ_z= 132,3

λ₁= 93,90 Souč. imperf α
 λ_y(s pruhem)= 1,08 0,34 křivka b χ_y= 0,547
 λ_z(s pruhem)= 1,41 0,49 křivka c χ_z= 0,346
 χ_{min}= 0,346

β_{My}= 1,8
 μ_y= -0,314 k_y= 1,010

M_{sd}= 370,62 kNm
 N_{sd}= 73,2 kN

Posouzení: 0,643 ≤ 1
 (plasticky) ↓

VYHOVUJE

Může-li prut ztratit stabilitu při ohybu:

Charakteristika prutu a zatížení

k=	1	C1=	1
k _w =	1	C2=	0
Délka posuzované části L=	1600 mm	z _g =	180 mm

M_{cr}= 14527,08 kNm Součinitel imperfekce α= 0,21
 λ_{1,1}(s pruhem)= 0,208 křivka a
 χ_{1,1}= 0,998

β_{M1,1}= 1,8
 μ_{1,1}= 0,230 k_{1,1}= 0,989

Posouzení: 0,719 ≤ 1
 (plasticky) ↓

VYHOVUJE

Seznam použitých vzorců

POSOUZENÍ :

$$\frac{N_{sd} * \gamma_{M1}}{\chi * A * f_y} + \frac{k_{1,1} * M_{y sd} * \gamma_{M1}}{\chi_{1,1} * W_{ply} * \beta_w * f_y} \leq 1$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} * N_{sd}}{\chi * A * f_y} \leq 1,0 \quad \mu_{LT} = 0,15 * \bar{\lambda}_z * \beta_{M1,1} - 0,15 \leq 0,9$$

χ_{1,1} - z tabulek

$$\bar{\lambda}_{1,1} = \sqrt{\frac{\beta_w * W_{ply} * f_y}{M_{cr}}}$$

$$M_{cr} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(k * L)^2} * \left[\sqrt{\frac{I_w}{I_z} * \left(\frac{k}{k_w} \right)^2 + \frac{(k * L)^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z}} + (C_2 * z_g)^2 - C_2 * z_g \right]$$

Akce: K.Vary, Vědeckotechnický park
 Zpracoval: ing. M. Šafařík
 Datum: říjen 11, 2012
 Objekt: Objekt IV
 Prvek: Sloup hlavního ok rámu
NAVRHUJI HEB 260 **TRÍDA PRŮŘEZU 1**

Ocel S 235

A=	11,84	*	10 ³	mm ²	$\beta_w = 1,00$
I _y =	149,194	*	10 ⁶	mm ⁴	
I _z =	51,345	*	10 ⁶	mm ⁴	
I _t =	1237,78	*	10 ³	mm ⁴	
I _w =	753,65	*	10 ⁹	mm ⁶	
W _{ply} =	1282,91	*	10 ³	mm ³	
W _y =	1147,65	*	10 ³	mm ³	
E=	210	*	10 ⁹	Pa	
G=	80,7	*	10 ⁹	Pa	

Délka prvku L= 6780 mm
 L_y= 1,88 * 6780 = 12746 mm
 L_z= 0,66 * 6780 = 4474,8 mm

i_y= 112,2 mm $\lambda_y = 113,6$
 i_z= 65,8 mm $\lambda_z = 68,0$

$\lambda_1 = 93,90$ Souč. imperf α
 λ_y (s pruhem)= 1,21 0,34 křivka b $\chi_y = 0,473$
 λ_z (s pruhem)= 0,72 0,49 křivka c $\chi_z = 0,710$
 $\chi_{min} = 0,473$

$\beta_{My} = 1,8$
 $\mu_y = -0,366$ $k_y = 1,054$

M_{sd}= 194,92 kNm
 N_{sd}= 195 kN

Posouzení: 0,830 ≤ 1
 (plasticky) ↓
VYHOVUJE

Může-li prut ztratit stabilitu při ohybu:

Charakteristika prutu a zatížení

k= 0,7 C1= 1,879
 kw= 0,7 C2= 0
 Délka posuzované části L= 1980 mm z_g= 130 mm

M_{cr}= 13363,31 kNm Součinitel imperfekce $\alpha = 0,21$
 $\lambda_{1,1}$ (s pruhem)= 0,150 křivka a
 $\chi_{1,1} = 1,000$

$\beta_{M1,1} = 1,8$
 $\mu_{1,1} = 0,045$ $k_{1,1} = 0,996$

Posouzení: 0,839 ≤ 1
 (plasticky) ↓
VYHOVUJE

Seznam použitých vzorců

$$\lambda_y = \frac{L_y}{i_y} \quad \lambda_z = \frac{L_z}{i_z}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

χ - z tabulek

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y * (2 * \beta_{My} - 4) + \frac{W_{ply} * \beta_w - W_{ely}}{W_{ely}} \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y * N_{sd}}{\chi_y * A * f_y} \leq 1,5$$

POSOUZENÍ :

$$\frac{N_{sd} * \gamma_{M1}}{\chi_{min} * A * f_y} + \frac{k_y * M_{y, sd} * \gamma_{M1}}{W_{ply} * \beta_w * f_y} \leq 1$$

pro třídu 1;2 $\beta_w = 1$
 pro třídu 3 $\beta_w = W_y / W_{ply}$

Seznam použitých vzorců

POSOUZENÍ :

$$\frac{N_{sd} * \gamma_{M1}}{\chi_y * A * f_y} + \frac{k_{1,1} * M_{y, sd} * \gamma_{M1}}{\chi_{1,1} * W_{ply} * \beta_w * f_y} \leq 1$$

$$k_{1,1} = 1 - \frac{\mu_{1,1} * N_{sd}}{\chi_{1,1} * A * f_y} \leq 1,0 \quad \mu_{1,1} = 0,15 * \bar{\lambda}_z * \beta_{M1,1} - 0,15 \leq 0,9$$

$\chi_{1,1}$ - z tabulek

$$\bar{\lambda}_{1,1} = \sqrt{\frac{\beta_w * W_{ply} * f_y}{M_{cr}}}$$

$$M_{cr} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(k * L)^2} * \left[\sqrt{\frac{I_w}{I_z} * \left(\frac{k}{k_w} \right)^2 + \frac{(k * L)^2 * G * I_t}{\pi^2 * E * I_z} + (C_2 * z_g)^2} - C_2 * z_g \right]$$

Akce: K.Vary, Vědeckotechnický park
Zpracoval: ing. M. Šafařík
Datum: říjen 11, 2012
Objekt: Objekt IV
Prvek: Nosník zastřešení balkonu

NAVRHUJI HEB 160

Ocel S 235

(plastické posouzení)

TRÍDA PRŮŘEZU 1

Msd= 35,91 kNm
Mc.Rd= 83,2 kNm

Počet nosníků 1

↓
VYHOVUJE

Pružný návrh

NAVRHUJI HEB 160

Ocel S 235

(pružné posouzení)

TRÍDA PRŮŘEZU 1

Msd= 35,91 kNm
Mc.Rd= 73,2 kNm

Počet nosníků 1

↓
VYHOVUJE

Seznam použitých vzorců

Třída 1 ; 2

Třída 3

$$M_{c Rd} = M_{pl Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c Rd} = M_{el Rd} = \frac{W_{el} * f_y}{\gamma_{M0}}$$

Při použití více nosníků vedle sebe (spojených)
je I_y ; W_{pl} ; W_{el} součtem jednotlivých průřezových charakteristik

Posudek oceli - požární odolnost

EC3 : posouzení EN 1993

Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B113 | HEB120 | S 235 | CO27/21 | 0.16

Nf,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
-31.03	0.04	0.55	0.00	1.40	0.08

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	418.09	°C
ky,Teta	0.96	
kE,Teta	0.68	

Kritický posudek v místě 3.90 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	88.59	66.16	
Redukovaná štíhlost	1.12	0.84	
Redukční součinitel	0.40	0.54	
Délka	3.90	3.90	m
Součinitel vzpěru	1.15	0.52	
Vzpěrná délka	4.47	2.02	m
Kritické Eulerovo zatížení	898.15	1610.22	kN

LTB		
Délka klopení	3.90	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	2.70	
C2	0.00	
C3	0.68	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.04 < 1$
Posudek na smyk (Vy)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.00 < 1$
Posudek ohybového momentu (My)	$0.03 < 1$
Posudek ohybového momentu (Mz)	$0.00 < 1$
M	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.10 < 1$
Klopení	$0.05 < 1$
Tlak + moment	$0.14 < 1$
Tlak + moment	$0.16 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B112 | HEB120 | S 235 | CO27/21 | 0.15

N _{fi,Ed} [kN]	V _{y,fi,Ed} [kN]	V _{z,fi,Ed} [kN]	M _{t,fi,Ed} [kNm]	M _{y,fi,Ed} [kNm]	M _{z,fi,Ed} [kNm]
-30.84	0.04	0.54	0.00	1.34	0.09

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu $T_{e,t}$	418.09	°C
$k_y, T_{e,t}$	0.96	
$k_E, T_{e,t}$	0.68	

Kritický posudek v místě 3.90 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	84.15	66.37	
Redukovaná štíhlost	1.06	0.84	
Redukční součinitel	0.43	0.53	
Délka	3.90	3.90	m
Součinitel vzpěru	1.09	0.52	
Vzpěrná délka	4.24	2.03	m
Kritické Eulerovo zatížení	995.48	1600.24	kN

LTB		
Délka klopení	3.90	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	2.70	
C2	0.00	
C3	0.68	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.04 < 1$
Posudek na smyk (V_y)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (V_z)	$0.00 < 1$
Posudek ohybového momentu (M_y)	$0.03 < 1$
Posudek ohybového momentu (M_z)	$0.00 < 1$
M	$0.01 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.09 < 1$
Klopení	$0.05 < 1$
Tlak + moment	$0.13 < 1$
Tlak + moment	$0.15 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B155 | MSH120x120x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.11

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
53.06	0.00	0.15	-0.01	0.29	-0.02

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.**Data pro požární odolnost**

Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	424.59	°C
ky,Teta	0.95	
kE,Teta	0.68	

Kritický posudek v místě 6.63 m

LTB		
Délka klopení	9.94	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na osovou sílu	$0.11 < 1$
Posudek na smyk (Vy)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.00 < 1$
Posudek ohybového momentu (My)	$0.01 < 1$
Posudek ohybového momentu (Mz)	$0.00 < 1$
M	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek

Klopení	$0.02 < 1$
Tlak + moment	$0.01 < 1$
Tlak + moment	$0.02 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993**Požární odolnost podle EN 1993-1-2**

Prut B167 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.14

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
39.14	0.00	0.08	-0.00	-0.00	0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.**Data pro požární odolnost**

Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	

Data pro požární odolnost		
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB		
Délka klopení	1.99	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.14 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B156 | MSH120x120x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.48

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
-35.03	0.04	0.57	0.00	1.08	-0.04

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase t = 15.0 min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	424.59	°C
ky,Teta	0.95	
kE,Teta	0.68	

Kritický posudek v místě 9.11 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	158.30	63.15	
Redukovaná štíhlost	1.99	0.80	
Redukční součinitel	0.18	0.56	
Délka	1.66	3.31	m
Součinitel vzpěru	4.47	0.89	
Vzpěrná délka	7.41	2.96	m
Kritické Eulerovo zatížení	187.76	1179.79	kN

LTB		
Délka klopení	3.31	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.48	

LTB	
C2	0.95
C3	2.64

zatižení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.07 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.04 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.00 < 1
M	0.01 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.39 < 1
Klopení	0.06 < 1
Tlak + moment	0.48 < 1
Tlak + moment	0.44 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B166 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.04

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
-8.36	0.00	-0.00	-0.01	0.00	-0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	40.41	40.41	
Redukovaná štíhlost	0.51	0.51	
Redukční součinitel	0.71	0.71	
Délka	1.07	1.07	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.07	1.07	m
Kritické Eulerovo zatížení	1612.23	1612.23	kN

LTB	
Délka klopení	1.07 m
k	1.00
kw	1.00

LTB	
C1	1.35
C2	0.55
C3	1.73

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.03 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.04 < 1$
Tlak + moment	$0.04 < 1$
Tlak + moment	$0.04 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B165 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.19

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
-24.35	-0.00	0.00	-0.00	0.04	0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 0.98 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	73.96	73.96	
Redukovaná štíhlost	0.93	0.93	
Redukční součinitel	0.49	0.49	
Délka	1.95	1.95	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.95	1.95	m
Kritické Eulerovo zatížení	481.20	481.20	kN

LTB	
Délka klopení	1.95 m
k	1.00
kw	1.00
C1	1.13
C2	0.45
C3	0.53

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.09 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.01 < 1
M	0.01 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.18 < 1
Klopení	0.01 < 1
Tlak + moment	0.19 < 1
Tlak + moment	0.19 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B164 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.00

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
0.42	-0.00	-0.00	-0.01	-0.00	0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 1.03 m

LTB		
Délka klopení	1.03	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	1.73	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.00 < 1

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B163 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.04

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
9.99	0.00	0.08	-0.01	-0.00	-0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB		
Délka klopení	1.95	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.04 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993

Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B162 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.04

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
-7.51	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase t = 15.0 min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	37.88	37.88	
Redukovaná štíhlost	0.48	0.48	
Redukční součinitel	0.73	0.73	
Délka	1.00	1.00	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.00	1.00	m
Kritické Eulerovo zatížení	1834.35	1834.35	kN

LTB		
Délka klopení	1.00	m

LTB	
k	1.00
kw	1.00
C1	1.35
C2	0.55
C3	1.73

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.03 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.04 < 1
Tlak + moment	0.04 < 1
Tlak + moment	0.04 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B161 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.02

N _{fi,Ed} [kN]	V _{y,fi,Ed} [kN]	V _{z,fi,Ed} [kN]	M _{t,fi,Ed} [kNm]	M _{y,fi,Ed} [kNm]	M _{z,fi,Ed} [kNm]
5.34	-0.00	-0.08	0.00	-0.00	-0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase t = 15.0 min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 1.92 m

LTB	
Délka klopení	1.92 m
k	1.00
kw	1.00
C1	1.13
C2	0.45
C3	0.53

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.02 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B160 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.00

N _{fi,Ed} [kN]	V _{y,fi,Ed} [kN]	V _{z,fi,Ed} [kN]	M _{t,fi,Ed} [kNm]	M _{y,fi,Ed} [kNm]	M _{z,fi,Ed} [kNm]
0.41	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 0.97 m

LTB		
Délka klopení	0.97	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	1.73	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.00 < 1

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B158 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.17

N _{fi,Ed} [kN]	V _{y,fi,Ed} [kN]	V _{z,fi,Ed} [kN]	M _{t,fi,Ed} [kNm]	M _{y,fi,Ed} [kNm]	M _{z,fi,Ed} [kNm]
-22.31	-0.00	-0.00	-0.01	0.04	0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 0.96 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	72.66	72.66	
Redukovaná štíhlost	0.91	0.91	
Redukční součinitel	0.50	0.50	
Délka	1.92	1.92	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.92	1.92	m

Parametry vzpěru	yy	zz	
Kritické Eulerovo zatížení	498.55	498.55	kN

LTB		
Délka klopení	1.92	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.08 < 1
Posudek ohybového momentu (M _y)	0.00 < 1
M	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.16 < 1
Klopení	0.01 < 1
Tlak + moment	0.17 < 1
Tlak + moment	0.17 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B157 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.04

N _{fi,Ed} [kN]	V _{y,fi,Ed} [kN]	V _{z,fi,Ed} [kN]	M _{t,fi,Ed} [kNm]	M _{y,fi,Ed} [kNm]	M _{z,fi,Ed} [kNm]
-8.31	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase t = 15.0 min.

Data pro požární odolnost	
Požadovaná požární odolnost	15.00 min
Teplota materiálu T _{eta} , t	431.03 °C
k _y , T _{eta}	0.93
k _E , T _{eta}	0.67

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	35.36	35.36	
Redukovaná štíhlost	0.44	0.44	
Redukční součinitel	0.75	0.75	
Délka	0.93	0.93	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	0.93	0.93	m
Kritické Eulerovo zatížení	2105.75	2105.75	kN

LTB		
Délka klopení	0.93	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	1.73	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.03 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.04 < 1$
Tlak + moment	$0.04 < 1$
Tlak + moment	$0.04 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B159 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.15

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
41.60	0.00	-0.08	-0.01	-0.00	0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 1.89 m

LTB		
Délka klopení	1.89	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	$0.15 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B115 | HEB140 | S 235 | CO27/21 | 0.32

N _{fi,Ed} [kN]	V _{y,fi,Ed} [kN]	V _{z,fi,Ed} [kN]	M _{t,fi,Ed} [kNm]	M _{y,fi,Ed} [kNm]	M _{z,fi,Ed} [kNm]
-15.42	-0.38	6.80	0.00	12.43	-0.39

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	402.18	°C
ky,Teta	1.00	
kE,Teta	0.70	

Kritický posudek v místě 6.78 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	71.01	29.40	
Redukovaná štíhlost	0.90	0.37	
Redukční součinitel	0.50	0.79	
Délka	1.98	1.98	m
Součinitel vzpěru	2.13	0.53	
Vzpěrná délka	4.21	1.05	m
Kritické Eulerovo zatížení	1766.06	10302.10	kN

LTB		
Délka klopení	1.98	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	2.00	
C2	0.00	
C3	0.94	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.02 < 1$
Posudek na smyk (Vy)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.04 < 1$
Posudek ohybového momentu (My)	$0.18 < 1$
Posudek ohybového momentu (Mz)	$0.01 < 1$
M	$0.05 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.03 < 1$
Klopení	$0.28 < 1$
Tlak + moment	$0.26 < 1$
Tlak + moment	$0.32 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B259 | HEB140 | S 235 | CO27/21 | 0.25

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
14.36	-1.73	14.02	-0.21	-11.10	0.91

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	402.18	°C
ky,Teta	1.00	
kE,Teta	0.70	

Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB		
Délka klopení	1.04	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	2.19	
C2	0.01	
C3	0.85	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	$0.01 < 1$
Posouzení kroucení	$0.09 < 1$
Posudek na smyk (Vy)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.08 < 1$
Posudek ohybového momentu (My)	$0.16 < 1$
Posudek ohybového momentu (Mz)	$0.03 < 1$
M	$0.05 < 1$

Stabilitní posudek	
Klopení	$0.22 < 1$
Tlak + moment	$0.23 < 1$
Tlak + moment	$0.25 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B260 | HEB140 | S 235 | CO27/21 | 0.25

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
14.42	1.64	-14.06	0.21	-11.15	0.83

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	402.18	°C
ky,Teta	1.00	
kE,Teta	0.70	

Kritický posudek v místě 1.04 m

LTB		
Délka klopení	1.04	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	2.19	
C2	0.01	
C3	0.85	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.01 < 1
Posouzení kroucení	0.09 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.08 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.16 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.02 < 1
M	0.05 < 1

Stabilitní posudek	
Klopení	0.22 < 1
Tlak + moment	0.22 < 1
Tlak + moment	0.25 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B132 | MSH120x120x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.08

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
41.33	0.00	-0.18	-0.02	0.00	0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,l	424.59	°C
ky,Teta	0.95	
kE,Teta	0.68	

Kritický posudek v místě 1.89 m

LTB		
Délka klopení	1.89	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.50	
C2	0.23	
C3	2.64	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.08 < 1

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na smyk (V_y)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (V_z)	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993

Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B131 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.16

N _{fi,Ed} [kN]	V _{y,fi,Ed} [kN]	V _{z,fi,Ed} [kN]	M _{t,fi,Ed} [kNm]	M _{y,fi,Ed} [kNm]	M _{z,fi,Ed} [kNm]
-21.17	0.00	-0.00	-0.01	0.04	0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.**Data pro požární odolnost**

Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu T _{ela} a, t	431.03	°C
k _{y, Teta}	0.93	
k _{E, Teta}	0.67	

Kritický posudek v místě 0.96 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	72.65	72.65	
Redukovaná štíhlost	0.91	0.91	
Redukční součinitel	0.50	0.50	
Délka	1.92	1.92	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.92	1.92	m
Kritické Eulerovo zatížení	498.65	498.65	kN

LTB

Délka klopní	1.92	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na tlak	$0.08 < 1$
Posudek ohybového momentu (M _y)	$0.00 < 1$
M	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek

Vzpěr	$0.15 < 1$
Klopní	$0.01 < 1$

Stabilitní posudek	
Tlak + moment	$0.16 < 1$
Tlak + moment	$0.16 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B121 MSH120x120x5.0 S 235 CO27/21 0.49

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
-36.99	0.04	4.39	0.01	-1.07	-0.07

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	424.59	°C
ky,Teta	0.95	
kE,Teta	0.68	

Kritický posudek v místě 8.28 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	155.64	63.39	
Redukovaná štíhlost	1.96	0.80	
Redukční součinitel	0.18	0.55	
Délka	1.66	3.31	m
Součinitel vzpěru	4.40	0.90	
Vzpěrná délka	7.29	2.97	m
Kritické Eulerovo zatížení	194.23	1170.83	kN

LTB		
Délka klopení	3.31	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.48	
C2	0.94	
C3	2.64	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.07 < 1$
Posudek na smyk (Vy)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.03 < 1$
Posudek ohybového momentu (My)	$0.04 < 1$
Posudek ohybového momentu (Mz)	$0.00 < 1$
M	$0.01 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.40 < 1$

Stabilitní posudek	
Klopení	0.06 < 1
Tlak + moment	0.49 < 1
Tlak + moment	0.46 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B120 | MSH120x120x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.11

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
54.52	0.00	0.17	-0.01	0.30	-0.02

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	424.59	°C
ky,Teta	0.95	
kE,Teta	0.68	

Kritický posudek v místě 4.97 m

LTB		
Délka klopení	8.28	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.25	
C2	0.38	
C3	0.75	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.11 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.01 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.00 < 1
M	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Klopení	0.02 < 1
Tlak + moment	0.02 < 1
Tlak + moment	0.02 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B125 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO26/22 | 0.00

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
0.20	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00

Výsledky jsou uvedny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu $T_{a,t}$	431.03	°C
$k_y, T_{a,t}$	0.93	
$k_E, T_{a,t}$	0.67	

Kritický posudek v místě 0.97 m

LTB		
Délka klopení	0.97	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	0.99	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.00 < 1

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B130 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.02

N _{fi,Ed} [kN]	V _{y,fi,Ed} [kN]	V _{z,fi,Ed} [kN]	M _{t,fi,Ed} [kNm]	M _{y,fi,Ed} [kNm]	M _{z,fi,Ed} [kNm]
4.94	-0.00	-0.08	0.00	-0.00	-0.00

Výsledky jsou uvedny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu $T_{a,t}$	431.03	°C
$k_y, T_{a,t}$	0.93	
$k_E, T_{a,t}$	0.67	

Kritický posudek v místě 1.92 m

LTB		
Délka klopení	1.92	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.02 < 1
Posudek na smyk (V _z)	0.00 < 1

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993

Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B124 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.04

Nf,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
-7.54	-0.00	-0.00	-0.01	0.00	-0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	37.88	37.88	
Redukovaná štíhlost	0.48	0.48	
Redukční součinitel	0.73	0.73	
Délka	1.00	1.00	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.00	1.00	m
Kritické Eulerovo zatížení	1834.36	1834.36	kN

LTB		
Délka klopení	1.00	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	0.99	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.03 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.04 < 1$
Tlak + moment	$0.04 < 1$
Tlak + moment	$0.04 < 1$

EC3 : posouzení EN 1993

Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B129 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.04

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
10.53	0.00	0.08	-0.01	-0.00	-0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost

Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB		
Délka klopení	1.95	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na osovou sílu	$0.04 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993

Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B123 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.00

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
0.41	0.00	-0.00	-0.01	-0.00	0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost

Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 1.03 m

LTB		
Délka klopení	1.03	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	0.99	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.00 < 1

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993

Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B128 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.19

Nf,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
-24.80	-0.00	0.00	-0.00	0.04	0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	431.03	°C
ky,Teta	0.93	
kE,Teta	0.67	

Kritický posudek v místě 0.98 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	73.96	73.96	
Redukovaná štíhlost	0.93	0.93	
Redukční součinitel	0.49	0.49	
Délka	1.95	1.95	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.95	1.95	m
Kritické Eulerovo zatížení	481.18	481.18	kN

LTB		
Délka klopní	1.95	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.09 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.01 < 1
M	0.01 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.18 < 1
Klopní	0.01 < 1
Tlak + moment	0.19 < 1

Stabilitní posudek	
Tlak + moment	0.19 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B122 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.04

N _{fi,Ed} [kN]	V _{y,fi,Ed} [kN]	V _{z,fi,Ed} [kN]	M _{t,fi,Ed} [kNm]	M _{y,fi,Ed} [kNm]	M _{z,fi,Ed} [kNm]
-8.37	-0.00	-0.00	-0.01	0.00	-0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase t = 15.0 min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu T _{ea,t}	431.03	°C
k _{y,Teta}	0.93	
k _{E,Teta}	0.67	

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	40.41	40.41	
Redukovaná štíhlost	0.51	0.51	
Redukční součinitel	0.71	0.71	
Délka	1.07	1.07	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	1.07	1.07	m
Kritické Eulerovo zatížení	1612.23	1612.23	kN

LTB		
Délka klopení	1.07	m
k	1.00	
k _w	1.00	
C1	1.35	
C2	0.55	
C3	1.73	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.03 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.04 < 1
Tlak + moment	0.04 < 1
Tlak + moment	0.04 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B127 | MSH70x70x5.0 | S 235 | CO27/21 | 0.14

Nf,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
39.60	-0.00	0.08	-0.00	-0.00	-0.00

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost

Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu $T_{a,t}$	431.03	°C
$k_y, T_{a,t}$	0.93	
$k_E, T_{a,t}$	0.67	

Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB		
Délka klopení	1.99	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Posudek na osovou sílu	$0.14 < 1$
Posudek na smyk (Vz)	$0.00 < 1$

Stabilitní posudek

EC3 : posouzení EN 1993

Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B611 | HEB140 | S 235 | CO27/21 | 0.43

Nf,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
-4.22	-0.02	11.63	-0.00	-12.90	0.10

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost

Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu $T_{a,t}$	402.18	°C
$k_y, T_{a,t}$	1.00	
$k_E, T_{a,t}$	0.70	

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	222.84	111.26	
Redukovaná štíhlost	2.83	1.41	
Redukční součinitel	0.10	0.30	
Délka	4.95	4.95	m
Součinitel vzpěru	2.67	0.80	
Vzpěrná délka	13.21	3.98	m

Parametry vzpěru	yy	zz	
Kritické Eulerovo zatížení	179.31	719.32	kN

Upozornění : štíhlost 222.84 je větší než 200.00 !

LTB		
Délka klopení	4.95	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.61	
C2	0.52	
C3	2.64	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.07 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.19 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.00 < 1
M	0.04 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.04 < 1
Klopení	0.39 < 1
Tlak + moment	0.30 < 1
Tlak + moment	0.43 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Přut B623 | HEB140 | S 235 | CO27/21 | 0.41

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
-4.88	-0.11	11.06	-0.00	-12.45	0.20

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost	
Požadovaná požární odolnost	15.00 min
Teplota materiálu Teta a,t	402.18 °C
ky,Teta	1.00
kE,Teta	0.70

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	posuvné	neposuvné	
Štíhlost	162.27	79.42	
Redukovaná štíhlost	2.06	1.01	
Redukční součinitel	0.17	0.45	
Délka	4.88	4.88	m

Parametry vzpěru	yy	zz	
Součinitel vzpěru	1.97	0.58	
Vzpěrná délka	9.62	2.84	m
Kritické Eulerovo zatížení	338.17	1411.63	kN

LTB		
Délka klopení	4.88	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.53	
C2	0.58	
C3	2.64	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.06 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.18 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.01 < 1
M	0.04 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.03 < 1
Klopení	0.38 < 1
Tlak + moment	0.27 < 1
Tlak + moment	0.41 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Přut B609 | HEB360 | S 235 | CO27/21 | 0.30

N _{fi,Ed} [kN]	V _{y,fi,Ed} [kN]	V _{z,fi,Ed} [kN]	M _{t,fi,Ed} [kNm]	M _{y,fi,Ed} [kNm]	M _{z,fi,Ed} [kNm]
-27.79	1.94	3.32	-1.16	147.44	9.70

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase t = 15.0 min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	279.56	°C
ky,Teta	1.00	
kE,Teta	0.82	

Kritický posudek v místě 5.90 m

Parametry vzpěru	yy	zz
typ	posuvně	neposuvně
Štíhlost	100.41	3.68
Redukovaná štíhlost	1.18	0.04
Redukční součinitel	0.38	0.97

Parametry vzpěru	yy	zz	
Délka	11.80	0.38	m
Součinitel vzpěru	1.32	0.73	
Vzpěrná délka	15.53	0.28	m
Kritické Eulerovo zatížení	3712.52	2757293.02	kN

LTB		
Délka klopení	0.38	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.00	
C2	0.00	
C3	1.00	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.01 < 1
Posouzení kroucení	0.07 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.20 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.03 < 1
M	0.07 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.02 < 1
Klopení	0.24 < 1
Tlak + moment	0.30 < 1
Tlak + moment	0.30 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B278 | HEB260 | S 235 | CO27/21 | 0.43

N _{fi,Ed} [kN]	V _{y,fi,Ed} [kN]	V _{z,fi,Ed} [kN]	M _{t,fi,Ed} [kNm]	M _{y,fi,Ed} [kNm]	M _{z,fi,Ed} [kNm]
-69.47	5.88	21.15	0.01	81.86	10.27

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase t = 15.0 min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu T _{eta a,t}	320.19	°C
k _{y,Teta}	1.00	
k _{E,Teta}	0.78	

Kritický posudek v místě 6.78 m

Parametry vzpěru	yy	zz
typ	posuvné	neposuvné
Štíhlost	37.76	21.82

Parametry vzpěru	yy	zz	
Redukovaná štíhlost	0.46	0.26	
Redukční součinitel	0.74	0.85	
Délka	1.98	1.98	m
Součinitel vzpěru	2.14	0.73	
Vzpěrná délka	4.24	1.44	m
Kritické Eulerovo zatížení	17209.53	51542.64	kN

LTB		
Délka klopení	1.98	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.32	
C2	0.00	
C3	0.99	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.02 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.04 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.23 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.06 < 1
M	0.11 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.03 < 1
Klopení	0.33 < 1
Tlak + moment	0.38 < 1
Tlak + moment	0.43 < 1

EC3 : posouzení EN 1993
Požární odolnost podle EN 1993-1-2

Prut B119 | HEB260 | S 235 | CO27/21 | 0.40

Nfi,Ed [kN]	Vy,fi,Ed [kN]	Vz,fi,Ed [kN]	Mt,fi,Ed [kNm]	My,fi,Ed [kNm]	Mz,fi,Ed [kNm]
-78.62	-2.22	22.32	-0.04	83.74	-3.83

Výsledky jsou uvedeny pro posouzení v čase $t = 15.0$ min.

Data pro požární odolnost		
Požadovaná požární odolnost	15.00	min
Teplota materiálu Teta a,t	320.19	°C
ky,Teta	1.00	
kE,Teta	0.78	

Kritický posudek v místě 6.78 m

Parametry vzpěru	yy	zz
typ	posuvné	neposuvné

Parametry vzpěru	yy	zz	
Štíhlost	40.07	18.04	
Redukovaná štíhlost	0.48	0.22	
Redukční součinitel	0.73	0.87	
Délka	1.98	1.98	m
Součinitel vzpěru	2.27	0.60	
Vzpěrná délka	4.50	1.19	m
Kritické Eulerovo zatížení	15283.97	75425.95	kN

LTB		
Délka klopení	1.98	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.33	
C2	0.00	
C3	0.99	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.03 < 1$
Posudek na smyk (V_y)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (V_z)	$0.04 < 1$
Posudek ohybového momentu (M_y)	$0.24 < 1$
Posudek ohybového momentu (M_z)	$0.02 < 1$
M	$0.08 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.04 < 1$
Klopení	$0.33 < 1$
Tlak + moment	$0.35 < 1$
Tlak + moment	$0.40 < 1$