

Projekt

Akce : Rekonstrukce výpravní budovy v ŽST Havířov
Část : SO 01 - D.1.2 Stavebně konstrukční řešení
Popis : ŽB průvlak P1 300/400 mm, $L_s = 5,8$ m pro q_{max}
Odběratel : Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, Praha 1
Vypracoval : Ing. Dalibor Macura
Datum : 16.08.2018
Číslo zakázky : ST/2018

Norma

Norma **EN 1992-1-1/Česko**.

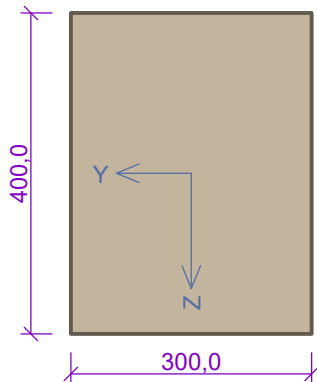
Únosnost betonu - základní kombinace zatížení : $\gamma_C = 1,500$
Únosnost výztuže - základní kombinace zatížení : $\gamma_S = 1,150$
Únosnost betonu - mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_C = 1,200$
Únosnost výztuže - mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_S = 1,000$
Modul pružnosti betonu : $\gamma_{cE} = 1,200$
Tlaková pevnost betonu : $\alpha_{cc} = 1,000$
Minimální stupeň vyztužení desky dle ČSN 73 1201

1 Řez 1

1.1 Vstupní data

Typ prvku: nosník
Prostředí: XC1
Délka dílce: 5,80m

Průřez



Materiály

Beton: C 20/25

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 20,0$ MPa
Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,2$ MPa
Modul pružnosti $E_{cm} = 30000$ MPa

Ocel podélná: 10505 (R)B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa
Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Ocel příčná: 10505 (R)

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa
Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	0,00	158,90	109,70	1,000

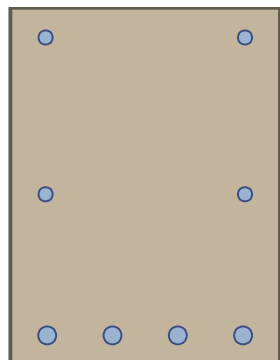
Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	0,00	122,20	1,000

Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
2	16	25,0	horní výztuž
2	16	200,0	horní výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
4	20	25,0	dolní výztuž

	2x16-kr.25,0
	2x16-kr.184,0
	4x20-kr.25,0

Podélná výztuž - podrobnosti

Číslo	Y [mm]	Z [mm]	Profil [mm]
1	39,0	367,0	16
2	261,0	367,0	16
3	39,0	192,0	16
4	261,0	192,0	16
5	41,0	35,0	20
6	259,0	35,0	20
7	113,7	35,0	20
8	186,3	35,0	20

Počátek souřadného systému je v levém dolním rohu obálky průřezu

S tlačnou výztuží je počítáno.

Smyková výztuž

Obvodové třmínky

Profil: 6 mm; Vzdálenost: 150,0 mm; Krytí: 25,0 mm

Spony, vnitřní třmínky

Profil: 6 mm; Vzdálenost: 150,0 mm; Střihy: 2

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

Provzdušnění betonu je větší než 4%

Výsledná třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(20; 15; 10) = 20 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

1.2 Výsledky

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,667$

Průřezová plocha: $A = 134 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$$y_t = 150 \text{ mm}; z_t = 192,9 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 1,90 \cdot 10^9 \text{ mm}^4; I_z = 1,02 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = 14,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$

2: **Zat. případ 2** - základní návrhová

$$N=0,00\text{kN}; M_y=158,90\text{kNm}; V_z=109,70\text{kN}$$

Podrobné posouzení OHYB: Zat. případ 2

Výpočet imperfekce

$$e_i = l_0 / 400 = 5,8 / 400 = 0,0145 \text{ m}$$

$$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| = 158,9 + 0,0145 \times |0| = 158,9 \text{ kNm}$$

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$$\rho_{s,t} = A_{s,t} / (b_t \times d) = 1\,257 / (300 \times 365) = 0,0115$$

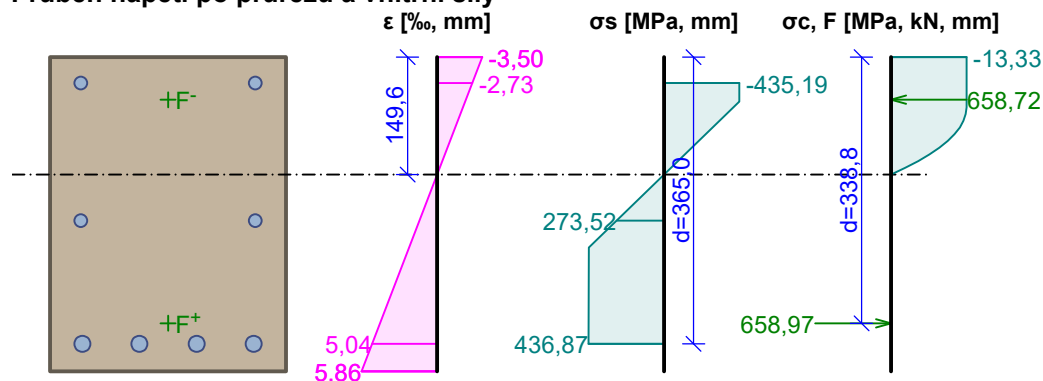
$$\rho_s = A_s / A_c = 2\,061 / 120 \cdot 10^3 = 0,0172$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 2,2 / 500; 0,0013) = \max(0,00114; 0,0013) = 0,0013$$

$$\rho_{s,t} = 0,0115 \geq \rho_{s,min} = 0,0013 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0172 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 5,86 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -2,73 ‰

Největší deformace ve výztuži: 5,04 ‰

Směr neutrálné osy: 0,00 °

Výška tlačené části průřezu: $x = 149,6 \text{ mm}$

Efektivní výška průřezu: $d = 365,0 \text{ mm}$

$$\xi = 0,41 \leq \xi_{max} = 0,58 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$M_{Edy} = 158,90 \leq M_{Rdy} = 187,37 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na ohyb Vyhovuje

Využití: 84,8 %

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 2

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$$\rho_w = A_{sw} / b_w / s + A_{sw} / b_w / s = 56,55 / 300 / 150 + 56,55 / 300 / 150 = 0,00251$$

$$\rho_{w,min} = 80 \times \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 80 \times \sqrt{20} / 500 = 0,000716$$

$$\rho_{w,min} = 0,000716 \leq \rho_w = 0,00251 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Maximální vzdálenost třmínků $s_{l,max} = 275,3 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$

Maximální vzdálenost větví třmínků $s_{t,max} = 275,3 \text{ mm}$

Použit model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály: $\theta = 29,74^\circ$

Únosnost betonu

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 365)}; 2) = \min(1,74; 2) = 1,74$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1\,257 / (300 \times 365); 0,02) = \min(0,0115; 0,02) = 0,0115$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,74^{1,5} \times \sqrt{20} = 0,359 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = \max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck}); v_{min}}) \times b_w \times d = \max(0,12 \times 1,74 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,0115 \times 20)}; 0,359) \times 300 \times 365 = 64,98 \text{ kN}$$

Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta + A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 56,55 / 150 \times 310,5 \times 434,8 \times 1,75 + 56,55 / 150 \times 310,5 \times 434,8 \times 1,75 = 178,1 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 300 \times 310,5 \times 0,552 \times 13,33 / (1,75 + 0,571) = 295,4 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(64,98; \min(295,4; 178,1)) = \max(64,98; 178,1) = 178,1 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 109,7 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 178,1 \text{ kN} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 61,6 %

1: **Zat. případ 1** - charakteristická

$N=0,00\text{kN}$; $M_y=122,20\text{kNm}$

Podrobné posouzení - Omezení napětí: Zat. případ 1

Výpočet imperfekce

$$e_i = l_0 / 400 = 5,8 / 400 = 0,0145 \text{ m}$$

$$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| = 122,2 + 0,0145 \times |0| = 122,2 \text{ kNm}$$

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,667$

Průřezová plocha: $A = 134.10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

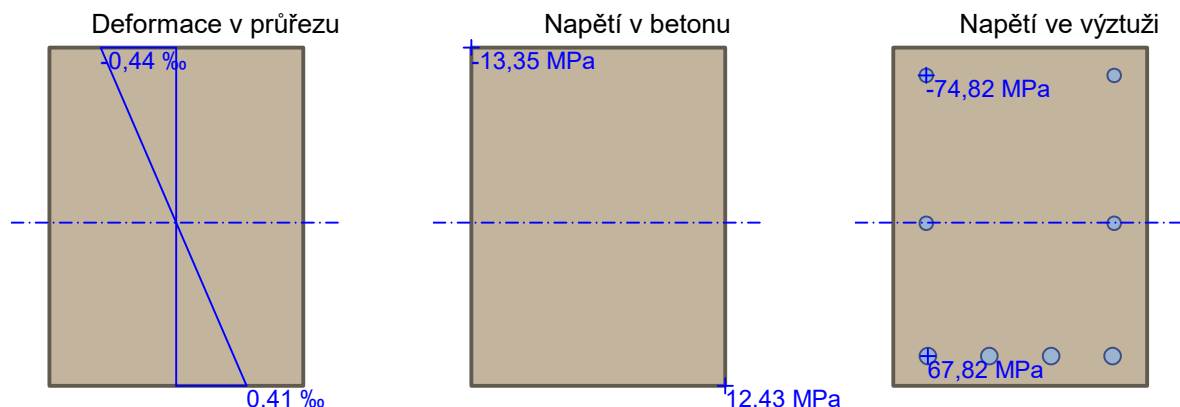
$y_t = 150 \text{ mm}$; $z_t = 192,9 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 1,90.10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 1,02.10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 14,7.10^6 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$



Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 49\,310 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 150 \text{ mm}$; $z_t = 282,1 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 716.10^6 \text{ mm}^4$; $I_z = 388.10^6 \text{ mm}^4$

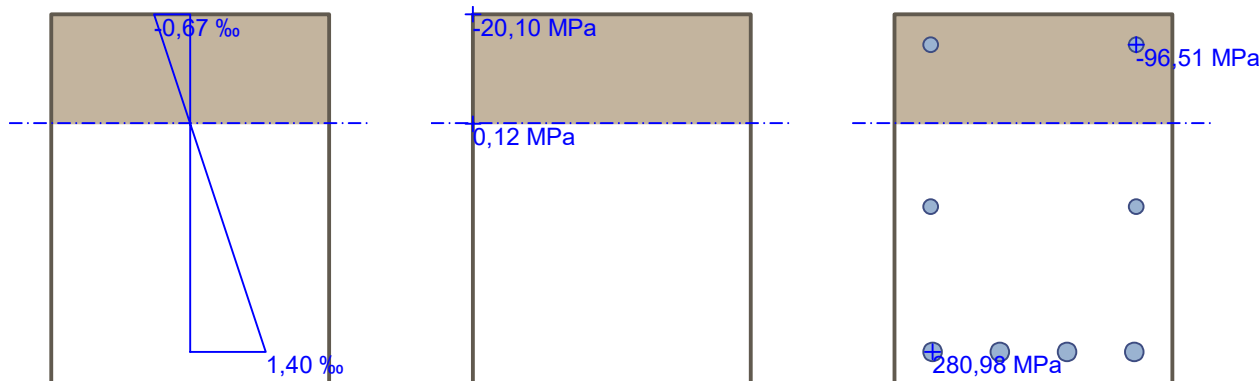
Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = -169.10^6 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

Deformace v průřezu

Napětí v betonu

Napětí ve výztuži



Maximální tlakové napětí v betonu $\sigma_c = 20,10 \text{ MPa}$

Prostředí: XC1 \Rightarrow Posouzení napětí betonu v tlaku není potřeba

Maximální tahové napětí v betonu $\sigma_{c,max} = 12,43 \text{ MPa}$

Maximální tlakové napětí ve výztuži $\sigma_{s,min} = 96,51 \text{ MPa}$

Maximální tahové napětí ve výztuži $\sigma_{s,max} = 280,98 \text{ MPa}$

Omezení tahového napětí ve výztuži $k_3 \times f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$

Výška tlačené části průřezu $h = 117,9 \text{ mm}$

Využití průřezu: 70,2 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení napětí Vyhovuje

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$\rho_{s,t} = 0,0115 \geq \rho_{s,min} = 0,0013 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$\rho_s = 0,0172 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení vzdáleností vložek

Vzdálenosti mezi vložkami vyhovují.

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$\rho_{w,min} = 0,000716 \leq \rho_w = 0,00251 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třmíneků $s_{l,max} = 275,3 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost větví třmíneků $s_{t,max} = 275,3 \text{ mm}$

Posouzení mezního stavu únosnosti

Č.	Název	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Rdy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	V_{Rdz} [kN]	Využití [%]	Posouzení
2	Zat. případ 2	0,00	0,00	158,90	187,37	109,70	178,15	84,8	Vyhovuje

Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 84,8 %

Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezní stav omezení napětí

Č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 1	0,00	122,20	20,10	280,98	96,51	70,2	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_3 \times f_{yk}$					400,00			

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 70,2 %

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití: 84,8 %

Interakční diagram

