

Projekt

Akce : Rekonstrukce výpravní budovy v ŽST Havířov
 Část : SO 01 - D.1.2 Stavebně konstrukční řešení
 Popis : ŽB integrovaný průvlak iP1.2 700/240 mm
 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**.

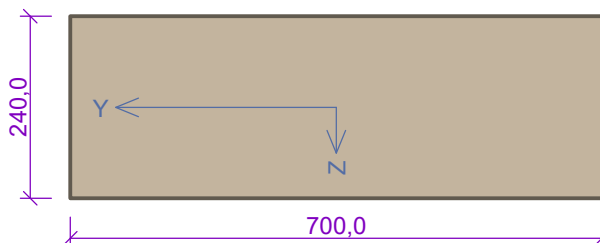
Únosnost betonu - základní kombinace zatížení : $\gamma_C = 1,500$
 Únosnost výztuže - základní kombinace zatížení : $\gamma_S = 1,150$
 Únosnost betonu - mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_C = 1,200$
 Únosnost výztuže - mimořádná kombinace zatížení : $\gamma_S = 1,000$
 Modul pružnosti betonu :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

1 Řez 1

1.1 Vstupní data

Typ prvku: deska
 Prostředí: XC1
 Délka dílce: 6,09m

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)

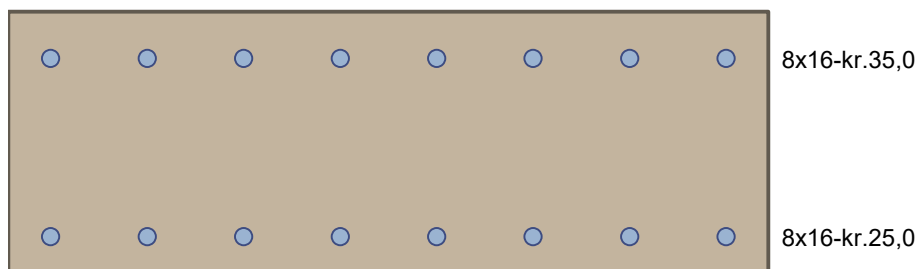
č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	0,00	102,30	84,70	1,000

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	0,00	88,20	1,000

Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
8	16	35,0	horní výztuž
8	16	25,0	dolní výztuž

**Podélná výztuž - podrobnosti**

Číslo	Y [mm]	Z [mm]	Profil [mm]
1	39,0	197,0	16
2	661,0	197,0	16
3	127,9	197,0	16
4	572,1	197,0	16
5	216,7	197,0	16
6	483,3	197,0	16
7	305,6	197,0	16
8	394,4	197,0	16
9	39,0	33,0	16
10	661,0	33,0	16
11	127,9	33,0	16
12	572,1	33,0	16
13	216,7	33,0	16
14	483,3	33,0	16
15	305,6	33,0	16
16	394,4	33,0	16

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

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

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

Provzdušnění betonu je větší než 4%

Výsledná třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(16; 15; 10) = 16 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 16 + 10 = 26 \text{ mm}$$

1.2 Výsledky**Ideální průřez**

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

Průřezová plocha: $A = 189.10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 350 \text{ mm}$; $z_t = 119,4 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 951.10^6 \text{ mm}^4$; $I_z = 7,75.10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 1,82.10^6 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

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

$N=0,00\text{kN}$; $M_y=102,30\text{kNm}$; $V_z=84,70\text{kN}$

Podrobné posouzení OHYB: Zat. případ 2

Výpočet imperfekce

$$e_i = l_0 / 400 = 6,09 / 400 = 0,0152 \text{ m}$$

$$M_{0\text{Edy}} = M_y + e_i \times |N_{\text{Ed}}| = 102,3 + 0,0152 \times |0| = 102,3 \text{ kNm}$$

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

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

$$\rho_{s,t} = A_{s,t} / (b_t \times d) = 1\,608 / (700 \times 207) = 0,0111$$

$$\rho_s = A_s / A_c = 3\,217 / 168.10^3 = 0,0191$$

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

$$\rho_{s,t,\text{CSN}} = A_{s,t} / A_c = 1\,608 / 168.10^3 = 0,00957$$

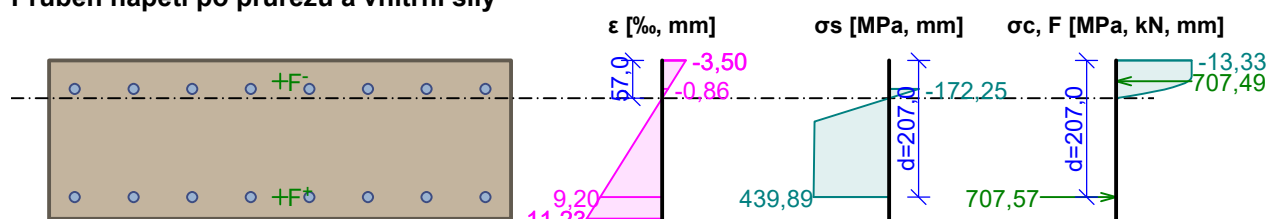
$$\rho_{s,\min,\text{CSN}} = \max(0,0018 \times f_{yk} / 500; 0,0014) = \max(0,0018 \times 500 / 500; 0,0014) = \max(0,0018; 0,0014) = 0,0018$$

$$\rho_{s,t} = 0,0111 \geq \rho_{s,\min} = 0,0013$$

$$\rho_{s,t,\text{CSN}} = 0,00957 \geq \rho_{s,\min,\text{CSN}} = 0,0018 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0191 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 11,23 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -0,86 ‰

Největší deformace ve výztuži: 9,20 ‰

Směr neutrálné osy: 360,00 °

Výška tlačené části průřezu: $x = 57,0 \text{ mm}$

Efektivní výška průřezu: $d = 207,0 \text{ mm}$

$$\xi = 0,28 \leq \xi_{\max} = 0,58 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$M_{\text{Edy}} = 102,30 \leq M_{\text{Rdy}} = 124,34 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na ohyb Vyhovuje

Využití: 82,3 %

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 2

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$$\rho_w = A_{sw} / b_w / s + A_{sw} / b_w / s = 56,55 / 700 / 150 + 56,55 / 700 / 150 = 0,00108$$

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

$$\rho_{w,\min} = 0,000716 \leq \rho_w = 0,00108 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmíneků } s_{l,\max} = 155,2 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost větví třmíneků } s_{t,\max} = 310,5 \text{ mm}$$

Použití model náhradní příhradoviny

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

Únosnost betonu

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

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 207)}; 2) = \min(1,983; 2) = 1,983$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1\,608 / (700 \times 207); 0,02) = \min(0,0111; 0,02) = 0,0111$$

$$v_{\min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,983^{1,5} \times \sqrt{20} = 0,437 \text{ MPa}$$

$$V_{\text{Rdc}} = \max(C_{\text{Rd,c}} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck}); v_{\min}}) \times b_w \times d = \max(0,12 \times 1,983 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,0111 \times 20)}; 0,437) \times 700 \times 207 = 96,91 \text{ kN}$$

Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta + A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 56,55 / 150 \times 175,7 \times 434,8 \times 1,75 + 56,55 / 150 \times 175,7 \times 434,8 \times 1,75 = 100,8 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

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

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 700 \times 175,7 \times 0,552 \times 13,33 / (1,75 + 0,571) = 390 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(96,91; \min(390; 100,8)) = \max(96,91; 100,8) = 100,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 84,7 \text{ kN} \leq V_{Rdc} = 96,91 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 84,0 %

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

$$N=0,00\text{kN}; M_y=88,20\text{kNm}$$

Podrobné posouzení - Omezení napětí: Zat. případ 1

Výpočet imperfekce

$$e_i = l_0 / 400 = 6,09 / 400 = 0,0152 \text{ m}$$

$$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| = 88,2 + 0,0152 \times |0| = 88,2 \text{ kNm}$$

Ideální průřez

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

Průřezová plocha: $A = 189.10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

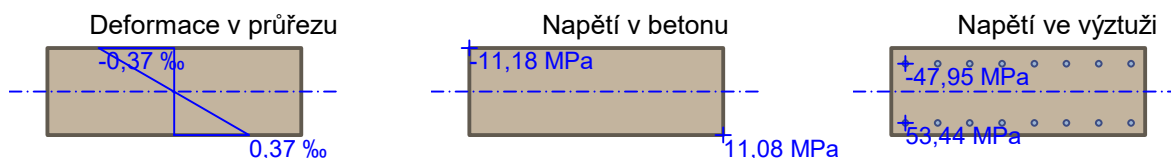
$$y_t = 350 \text{ mm}; z_t = 119,4 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 951.10^6 \text{ mm}^4; I_z = 7,75.10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = 1,82.10^6 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$



Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 65\,339 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

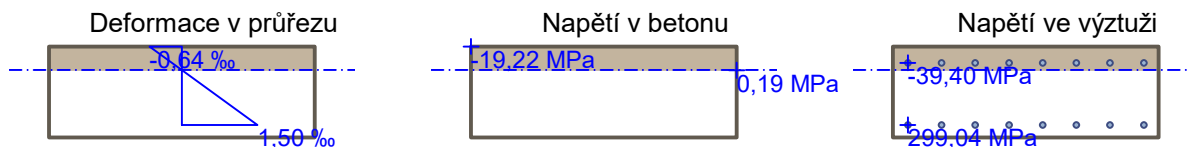
$$y_t = 350 \text{ mm}; z_t = 177,9 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 285.10^6 \text{ mm}^4; I_z = 2,68.10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = -186.10^6 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$



Maximální tlakové napětí v betonu

$$\sigma_c = 19,22 \text{ MPa}$$

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

Maximální tahové napětí v betonu

$$\sigma_{c,max} = 11,08 \text{ MPa}$$

Maximální tlakové napětí ve výztuži

$$\sigma_{s,min} = 39,40 \text{ MPa}$$

Maximální tahové napětí ve výztuži

$$\sigma_{s,max} = 299,04 \text{ MPa}$$

Omezení tahového napětí ve výztuži

$$k_3 \times f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$$

Výška tlačené části průřezu

$$h = 62,1 \text{ mm}$$

Využití průřezu: 74,8 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení napětí Vyhovuje

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

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

$$\rho_{s,t} = 0,0111 \geq \rho_{s,min} = 0,0013$$

$$\rho_{s,t,CSN} = 0,00957 \geq \rho_{s,min,CSN} = 0,0018 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0191 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení vzdáleností vložek

Vzdálenosti mezi vložkami vyhovují.

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$$\rho_{w,min} = 0,000716 \leq \rho_w = 0,00108 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků } s_{l,max} = 155,2 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost větví třmínků } s_{t,max} = 310,5 \text{ mm}$$

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	102,30	124,34	84,70	100,82	84,0	Vyhovuje

Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 84,0 %

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	88,20	19,22	299,04	39,40	74,8	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_3 \times f_{yk}$					400,00			

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 74,8 %

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití: 84,0 %

Interakční diagram

