

1 Dimenzace - Ing. Jiří Novotný

Součinitele výpočtu

Uvažovány dle normy ČSN EN 1992-1-1.

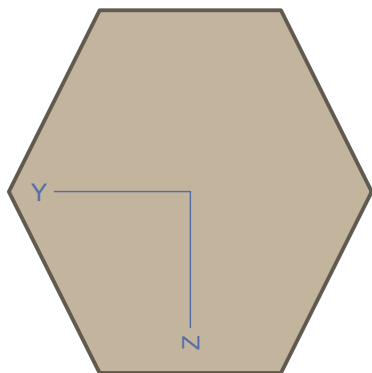
Součinitel spolehlivosti betonu	$\gamma_C = 1,5 [-]$
Součinitel spolehlivosti oceli	$\gamma_S = 1,15 [-]$
Součinitel tlakové pevnosti betonu	$\alpha_{cc} = 1 [-]$
Součinitel spolehlivosti modulu pružnosti betonu	$\gamma_{CE} = 1,2 [-]$

2 Sloup 3

2.1 Vstupní data

Typ prvku: sloup
 Prostředí: X0 - bez nebezpečí koroze
 Požadovaná třída betonu: C12/15

Průřez



BETON, OBECNÝ POLYGON - ŠESTIÚHELNÍK

Souřadnice bodů polygonu (počet bodů 6)	
Bod č.1	[Y: -0,5500 m, Z: 0,5000 m]
Bod č.2	[Y: -0,4500 m, Z: 0,5000 m]
Bod č.3	[Y: -0,4000 m, Z: 0,4000 m]
Bod č.4	[Y: -0,4500 m, Z: 0,3000 m]
Bod č.5	[Y: -0,5500 m, Z: 0,3000 m]
Bod č.6	[Y: -0,6000 m, Z: 0,4000 m]

Materiály

Beton : C 30/37

$f_{ck} = 30,0\text{MPa}$; $f_{ct} = 2,9\text{MPa}$; $E_{cm} = 32000,0\text{MPa}$

Ocel podélná : B500

$f_{yk} = 500,0\text{MPa}$; $f_{tk} = 500,0\text{MPa}$; $E = 200000,0\text{MPa}$

Ocel příčná : B500

$f_{yk} = 500,0\text{MPa}$; $f_{tk} = 500,0\text{MPa}$; $E = 200000,0\text{MPa}$

Vnitřní síly - základní (MSU)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	V_{Edz} [kN]	V_{Edy} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	T_{Ed} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	-200,00	20,00	0,00	4,86	0,00	0,00	1,000
2	Zat. případ 2	-200,00	0,00	30,00	0,00	3,20	0,00	1,000

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	T_{Ed} [kNm]
1	Zat. případ 3	-150,00	5,00	0,00	0,00

Vzpěr

Délka prvku [m]	Koef. vzpěru [-]	Vzpěrná délka [m]	Kolmo k ose
3,00	0,50	1,50	Y
3,00	0,50	1,50	Z

Vyztužení průřezu

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
2	14,0	24,0	horní výztuž
2	14,0	93,0	horní výztuž
2	14,0	24,0	dolní výztuž

Vyztužení průřezu - podrobnosti

Číslo	Y [m]	Z [m]	Profil [mm]
1	-0,029	0,069	14,0
2	0,029	0,069	14,0
3	-0,063	0,000	14,0
4	0,063	0,000	14,0
5	-0,029	-0,069	14,0
6	0,029	-0,069	14,0

S tlačnou výztuží není počítáno.

Smyková výztuž

Třmínky

Profil: 6,0 mm; Vzdálenost: 0,20 m; Svislé stříhy: 2; Vodor. stříhy: 2

Třmínky jsou otevřené (nepůsobí proti kroucení)

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(14; 10; 10) = 14\text{mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 14 + 10 = 24\text{mm}$$

2.2 Výsledky

Posouzení min. a max. plochy výztuže

Sloup (celková výztuž):

$$A_{s,\min} = 60,0\text{mm}^2 \leq A_s = 923,6\text{mm}^2 \leq A_{s,\max} = 1200,0\text{mm}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Stupeň vyztužení smykovou výztuží - Posouzení svisle

Minimální průměr třmínků $d = 6,0\text{ mm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Maximální vzdálenost třmínků $s_{cl,\max} = 0,20\text{ m} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Stupeň vyztužení smykovou výztuží - Posouzení vodorovně

Minimální průměr třmínků $d = 6,0\text{ mm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Maximální vzdálenost třmínků $s_{cl,\max} = 0,20\text{ m} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed}	V_{Edz}	V_{Edy}	M_{0Edy}	M_{Edy}	M_{0Edz}	M_{Edz}	T_{Ed}	Posouzení
		N_{Rd} [kN]	V_{Rdz} [kN]	V_{Rdy} [kN]	[kNm]	M_{Rdy} [kNm]	[kNm]	M_{Rdz} [kNm]	T_{Rd} [kNm]	
1	Zat. případ 1	-200,00	20,00	0,00	4,86	6,29	0,00	0,00	0,00	Vyhovuje
		-600,00	34,87	0,00	-	18,95	-	0,00	0,00	
2	Zat. případ 2	-200,00	0,00	30,00	0,00	0,00	-3,20	-5,11	0,00	Vyhovuje
		-600,00	0,00	43,57	-	0,00	-	-14,68	0,00	

Mezní stav únosnosti (ohyb, smyk, kroucení) VYHOVUJE

Posouzení mezního stavu použitelnosti

č.	Název	σ_c [MPa]	σ_r [MPa]	Posouzení
1	Zat. případ 3	9,42	-4,92	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_1 f_{ck} / k_3 f_{yk}$		18,00	400,00	

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití průřezu: 68,9 %

Podrobné posouzení OHYB: Zat. případ 2

Součinitel dotvarování:

$$h_0 = 2 \times A_c / u = 2 \times 30\,000 / 647,2 = 92,71 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = (35 / f_{cm})^{0,7} = (35 / 38)^{0,7} = 0,944$$

$$\varphi_{RH} = [1 + (1 - RH / 100) / (0,1 \times \sqrt[3]{h_0}) \times \alpha_1] \times \alpha_1 = [1 + (1 - 50 / 100) / (0,1 \times \sqrt[3]{92,71}) \times 0,944] \times 0,984 = 2,01$$

$$\beta(f_{cm}) = 1,68 \cdot 10^7 / \sqrt{f_{cm}} = 1,68 \cdot 10^7 / \sqrt{38} = 2,725$$

$$\beta(t_0) = 1 / (0,1 + \sqrt[5]{t_0}) = 1 / (0,1 + \sqrt[5]{28}) = 0,488$$

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t_0) = 2,01 \times 2,725 \times 0,488 = 2,675$$

$$\beta_H = \min(1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)^{18}] \times h_0 + 250 \times \alpha_1; 1\,500 \times \alpha_1) = \min(1,5 \times [1 + (0,012 \times 50)^{18}] \times 92,71 + 250 \times 0,96; 1\,500 \times 0,96) = 379$$

$$\beta(t/t_0) = [(t - t_0) / (\beta_H + t - t_0)]^{0,3} = [(25\,550 - 28) / (379 + 25\,550 - 28)]^{0,3} = 0,996$$

$$\varphi = \varphi_0 \times \beta(t/t_0) = 2,675 \times 0,996 = 2,663$$

Vzpěr

Pro výpočet vlivu vzpěru použita metoda založená na jmenovité tuhosti.

Štíhlost kolmo k ose z:

$$L_{0z} = 1,5 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{(I_z / A)} = \sqrt{(7,13 \cdot 10^{-5} / 0,0347)} = 0,0453 \text{ m}$$

$$\lambda_z = L_{0z} / i_z = 1,5 / 0,0453 = 33,09$$

Směr y:

$$k_1 = \sqrt{(f_{ck} / 20)} = \sqrt{(30 / 20)} = 1,225$$

$$n = -N_{Ed} / (A_c \times f_{cd}) = -(-200) / (0,03 \times 20) = 0,333$$

$$k_2 = \min(n \times \lambda_z / 170; 0,2) = \min(0,333 \times 33,09 / 170; 0,2) = 0,0649$$

$$\varphi_{eff.} = \varphi \times 1 = 2,663 \times 1 = 2,663$$

$$K_c = k_1 \times k_2 / (1 + \varphi_{eff.}) = 1,225 \times 0,0649 / (1 + 2,663) = 0,0217$$

$$EI = K_c \times E_{cd} \times I_{cz} + K_s \times E_s \times I_{sz} = 0,0217 \times 27\,500 \times 6,25 \cdot 10^{-5} + 1 \times 2,0 \cdot 10^5 \times 1,73 \cdot 10^{-6} = 3,83 \cdot 10^5 \text{ Nm}^4$$

$$N_B = \pi \times EI / L_{0z}^2 = 3,142 \times 3,83 \cdot 10^5 / 1,5^2 = 535,1 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = M_{0Edy} / (1 - N_{Ed} / N_B) = 0 / (1 - (-200) / 535,1) = 0 \text{ kNm}$$

Směr z:

$$n = -N_{Ed} / (A_c \times f_{cd}) = -(-200) / (0,03 \times 20) = 0,333$$

$$k_2 = \min(n \times \lambda_z / 170; 0,2) = \min(0,333 \times 33,09 / 170; 0,2) = 0,0649$$

$$\varphi_{eff.} = \varphi \times 1 = 2,663 \times 1 = 2,663$$

$$K_c = k_1 \times k_2 / (1 + \varphi_{eff.}) = 1,225 \times 0,0649 / (1 + 2,663) = 0,0217$$

$$EI = K_c \times E_{cd} \times I_{cz} + K_s \times E_s \times I_{sz} = 0,0217 \times 27\,500 \times 6,25 \cdot 10^{-5} + 1 \times 2,0 \cdot 10^5 \times 1,73 \cdot 10^{-6} = 3,83 \cdot 10^5 \text{ Nm}^4$$

$$N_B = \pi \times EI / L_{0z}^2 = 3,142 \times 3,83 \cdot 10^5 / 1,5^2 = 535,1 \text{ kN}$$

$$M_{Edz} = M_{0Edz} / (1 - N_{Ed} / N_B) = (-3,2) / (1 - (-200) / 535,1) = -5,11 \text{ kNm}$$

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 2,60 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -2,38 ‰

Největší deformace ve výztuži: 1,47 ‰
 Směr neutrálné osy: 270,00 °

Posouzení průřezu na ohyb VYHOVUJE

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 2

Použití model náhradní příhradoviny

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

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 150,6)}; 2) = 2$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(461,8 / (197,8 \times 150,6); 0,02) = 0,0155$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 2^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,542$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-(-200) / 30\,000; 0,2 \times 20) = 4\text{MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck})}; v_{min}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 2 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,0155 \times 30)}; 0,542) + 0,15 \times 4) \times 197,8 \times 150,6 = 43,57\text{kN}$$

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} \times (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) = 1 \times 197,8 \times 91,4 \times 0,528 \times 20 \times (2,5 + 0) / (1 + 2,5^2) = 65,83\text{kN}$$

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times (\cot \theta + \cot \alpha) \times \sin \alpha = 56,55 / 200 \times 91,4 \times 434,8 \times (2,5 + 0) \times 1 = 28,09\text{kN}$$

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(43,57; \min(65,83; 28,09)) = 43,57\text{kN}$$

$V_{Ed} \leq V_{Rdc} \Rightarrow$ Pouze konstrukční smyková výztuž.

Únosnost průřezu ve smyku VYHOVUJE.

Podrobné posouzení KROUCENÍ: Zat. případ 1

Průřez není namáhán kroucením.

Interakční diagram

