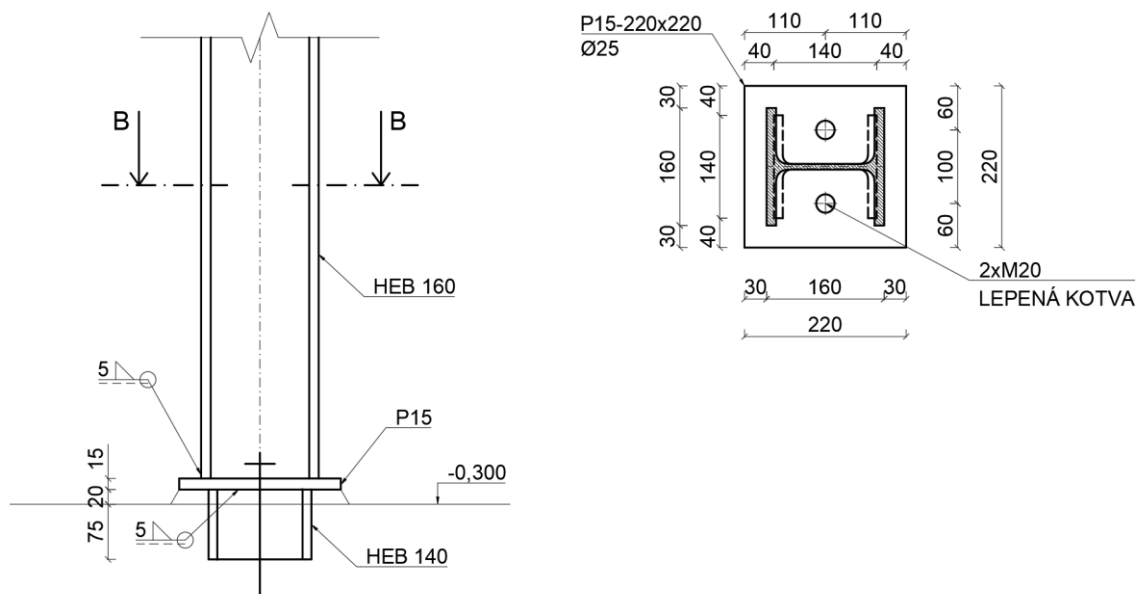


Navrhnete patku kloubově uloženého sloupu průřezu HEB zatíženého normálovou a posouvací silou. Použijte ocel S235 a beton C 20/25.



1. Vnitřní síly

Maximální tlaková síla v patě sloupu

$$N_{\max,Ed} = 508,12 \text{ kN}$$

Minimální tlaková síla v patě sloupu

$$N_{\min,Ed} = 78,16 \text{ kN}$$

Posouvací síla v patě sloupu

$$V_{Ed} = 146,54 \text{ kN}$$

2. Návrh rozměrů patky

Zjednodušený návrh rozměrů patky můžeme provést např. pomocí tabulkové výpočtové únosnosti zemin dle ČSN 73 101.

Hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti R_{dt} [kPa] zemin písčítých při hloubce založení 1 m, dle ČSN 73 1001

Třída	Symbol	Tabulková únosnost R_d [kPa]			
		Šířka základu - b [m]			
		0,5	1,0	3,0	6,0
S1	SW	300	500	800	600
S2	SP	250	350	600	500
S3	S-F	225	275	400	325
S4	SM	175	225	300	250
S5	SC	125	175	225	175

Pro zeminy třídy S2 s předpokládanou šířkou základu cca 1 m je uvažována únosnost zeminy $R_d = 350$ kPa.

$$a_c = b_c \cong \sqrt{\frac{N_{\max,Ed}}{R_d}} = \sqrt{\frac{508\,120}{0,35}} = 1\,205 \text{ mm}$$

Navrhují betonovou patku o půdorysných rozměrech $a_c = b_c = 1\,250$ mm s výškou $h = 800$ mm. Patní plech navrhují o rozměrech $a_0 = b_0 = 220$ mm s tloušťkou $t = 15$ mm.

3. Stanovení návrhové únosnosti patky v tlaku

Započitatelné rozměry patky

$$a_1 = b_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 3 \cdot a_0 \\ a_0 + h \\ a_c \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3 \cdot 220 \\ 220 + 800 \\ 1\,250 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 660 \\ 1\,020 \\ 1\,250 \end{array} \right\} = 660 \text{ mm}$$

Návrhová pevnost betonu v uložení

$$f_{Rdu} = f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c,1}}{A_{c,0}}} = \frac{20,00}{1,5} \cdot \sqrt{\frac{435\,600}{48\,400}} = 40,00 \text{ MPa} \leq 3,0 \cdot f_{cd} = 3,0 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 3,0 \cdot \frac{20,00}{1,5} = 40,00 \text{ MPa}$$

$$A_{c,0} = a_0 \cdot b_0 = 220 \cdot 220 = 48\,400 \text{ mm}^2$$

$$A_{c,1} = a_1 \cdot b_1 = 660 \cdot 660 = 435\,600 \text{ mm}^2$$

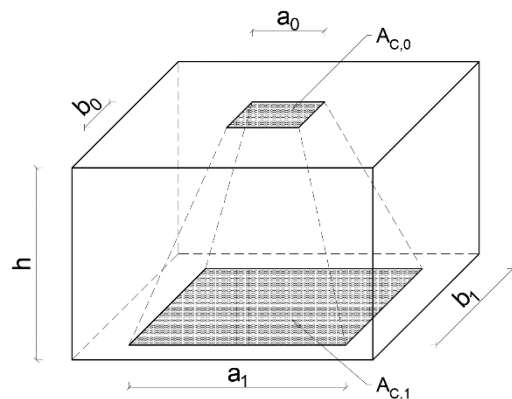
Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \beta_j \cdot f_{Rdu} = \frac{2}{3} \cdot 40,00 = 26,66 \text{ MPa}$$

β_j ... součinitel vlivu podlití

$$\beta_j = \frac{2}{3} \text{ pokud platí:}$$

- výška podlití $p \leq 0,2 \cdot b_0$ (výška podlití se většinou navrhuje jako $p \approx 0,1 \cdot b_0$, kde b_0 je menší rozměr patního plechu)
- $f_{ck,malty} \geq 0,2 \cdot f_{ck,betonu}$



Účinná šířka patního plechu

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 15,0 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 26,66 \cdot 1,00}} = 25,7 \text{ mm}$$

Účinná plocha patního plechu

Účinná plocha patního plechu se stanoví rozšířením profilu o účinnou šířku patního plechu. Účinná plocha je stanovena graficky – viz vyšrafovaná plocha na obrázku.

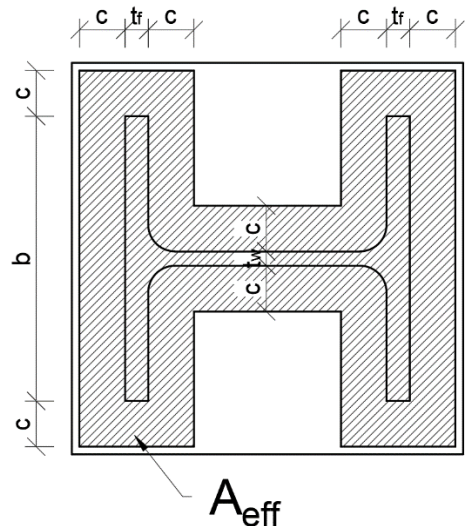
$$A_{\text{eff}} = 32\,134 \text{ mm}^2$$

$$N_{\text{Rd}} = A_{\text{eff}} \cdot f_{\text{jd}} = 32\,134 \cdot 26,66 = 856,69 \text{ kN}$$

4. Posouzení patky v tlaku

$$N_{\text{Rd}} = 856,69 \text{ kN} \geq N_{\text{max,Ed}} = 508,12 \text{ kN}$$

Navržená patka na únosnost v tlaku VYHOVUJE.



5. Návrh a posouzení svaru sloupu a patního plechu

Tlaková síla se přenesou kontaktem. Tahová síla v patě sloupu nepůsobí pro žádnou kombinaci zatížení. Svar bude navržen s účinnou tloušťkou 5 mm. Pro návrh svaru bude konzervativně uvažován přenos posouvací síly pouze svarem na stojině sloupu.

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{\text{Ed}}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = \frac{146\,540}{5,0 \cdot 2 \cdot 92,0} = 159,28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 0,00 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{\text{M2}}} = \frac{0,9 \cdot 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

Korelační součinitel β_w pro koutové svary

Třída oceli	Korelační součinitel β_w
S 235	0,80
S 275	0,85
S 355	0,90
S 420	1,0

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = \sqrt{0,00^2 + 3 \cdot (159,28^2 + 0,00^2)} = 275,88 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{\text{M2}}} = \frac{360,00}{0,8 \cdot 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

Navržený svar VYHOVUJE.

6. Stanovení návrhové únosnosti patky ve smyku

Smyková únosnost ve spáře mezi betonem a ocelí v důsledku tření

$$V_{\text{Rd}} = C_{f,d} \cdot N_{\text{min,Ed}} = 0,2 \cdot 78,16 = 15,63 \text{ kN} < V_{\text{Ed}} = 146,54 \text{ kN}$$

$C_{f,d}$... součinitel tření mezi ocelí a cemento – pískovou maltou

NEVYHOVUJE, je třeba navrhnout smykovou zarážku.

Síla, na kterou je třeba navrhnout smykovou zarážku

$$F_{v,Ed} = V_{Ed} - C_{f,d} \cdot N_{min,Ed} = 146,54 - 0,2 \cdot 78,16 = 130,91 \text{ kN}$$

$$\text{Navrhuji HEB 140} \quad W_{pl,y} = 245,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{v,z} = 1\,308 \text{ mm}^2$$

$$b = 140 \text{ mm}$$

třída průřezu 1 (S235, ohyb kolem osy y-y)

Přenos vodorovných sil lze uvažovat pouze v kontaktu s betonem základové patky. Přenos podlitím nelze uvažovat. Minimální délku smykové zarážky lze stanovit jako

$$h \geq \frac{F_{v,Ed}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{130,91 \cdot 10^3}{140 \cdot \frac{20,00}{1,5}} = 70,1 \text{ mm}, h = 75 \text{ mm}$$

Ohyb

$$M_{Ed} = F_{v,Ed} \cdot e = 130\,910 \cdot 57,5 = 7,52 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$e = p + 0,5 \cdot h = 20,0 + 0,5 \cdot 75,0 = 57,5 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y \cdot \frac{1}{\gamma_{M0}} = 245,4 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot \frac{1}{1,0} = 57,66 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{7,52 \cdot 10^6}{57,66 \cdot 10^6} = 0,13 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

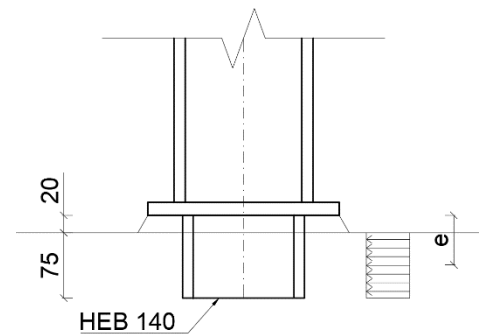
Smyk

Jestliže je smyková síla menší než polovina plastické smykové únosnosti, je možné její účinek na únosnost v ohybu zanedbat, kromě případů, kdy smykové boulení snižuje únosnost průřezu, viz EN 1993-1-5.

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{1\,308 \cdot 235,00}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 177\,465 \text{ N} \geq F_{v,Ed} = 130\,910 \text{ N}$$

VYHOVUJE

$$V_{pl,z,Rd} = 177\,465 \text{ N} \geq 2 \cdot F_{v,Ed} = 2 \cdot 130\,910 \text{ N} = 261\,820 \text{ N} \quad \text{podmínka NENÍ splněna}$$



Pro I průřezy se stejnými pásnicemi, ohýbané okolo osy větší tuhosti, je možné únosnost průřezu v ohybu, redukovanou v důsledku smykové síly, alternativně stanovit z výrazu:

$$M_{y,V,Rd} = \left(W_{pl,y} - \frac{\rho \cdot A_w^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot \frac{f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \left(245,4 \cdot 10^3 - \frac{0,22 \cdot 980^2}{4 \cdot 7,0} \right) \cdot \frac{235}{1,0} = 55,89 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

ale

$$M_{y,V,Rd} = 55,89 \cdot 10^3 \leq M_{y,c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245,4 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0} = 57,66 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \quad \text{podmínka splněna}$$

kde

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot F_{v,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 \cdot 130\,910}{177\,465} - 1 \right)^2 = 0,22$$

$$A_w = h_w \cdot t_w = 140 \cdot 7,0 = 980 \text{ mm}^2$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{y,V,Rd}} = \frac{7,52 \cdot 10^6}{55,89 \cdot 10^6} = 0,14 \leq 1,0$$

Navržený průřez HEB 140 VYHOVUJE.

7. Návrh a posouzení svaru smykové zarážky a patního plechu

Svarový obrazec je namáhán kombinací smyku s ohybem. Svar bude navržen s účinnou tloušťkou 5 mm. Moment setrvačnosti svarového obrazce $I_w = 1\,400,84 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$.

Posouzení v bodě 1.

$$\tau_{\parallel} = 0,00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{F_{v,Ed} \cdot e}{I_w} \cdot z_1 = \frac{130\,910 \cdot 57,5}{1\,400,84 \cdot 10^4} \cdot \frac{150,0}{2} = 40,30 \text{ MPa}$$

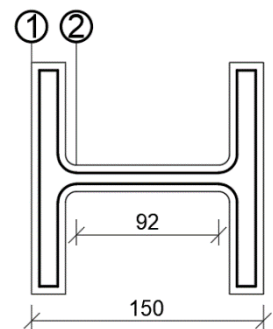
$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{40,30}{\sqrt{2}} = 28,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 28,50 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = \sqrt{28,50^2 + 3 \cdot (0,00^2 + 28,50^2)} = 49,65 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360,00}{0,8 \cdot 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE



Posouzení v bodě 2.

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{v,Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = \frac{130\,910}{5,0 \cdot 2 \cdot 92,0} = 142,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{F_{v,Ed} \cdot e}{I_w} \cdot z_2 = \frac{130\,910 \cdot 57,5 \cdot 92,0}{1\,400,84 \cdot 10^4 \cdot 2} = 24,72 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{24,72}{\sqrt{2}} = 17,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 17,48 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = \sqrt{17,48^2 + 3 \cdot (142,29^2 + 17,48^2)} = 248,34 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360,00}{0,8 \cdot 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

Navržený koutový svar VYHOVUJE.