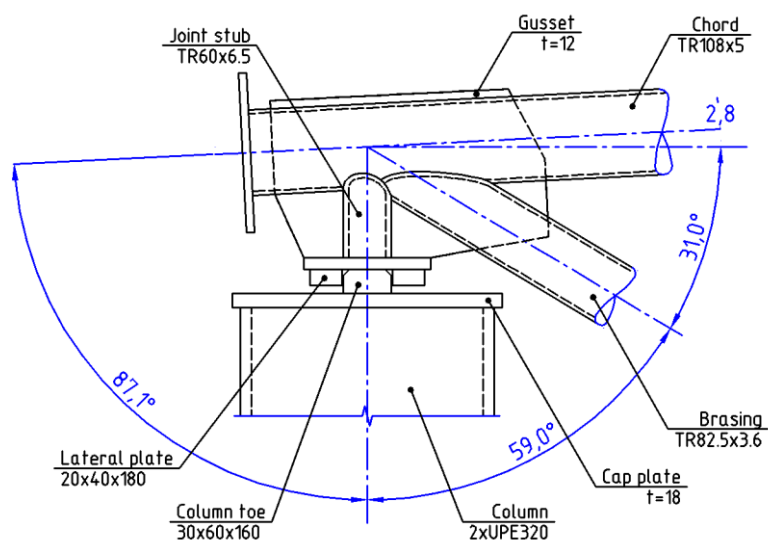
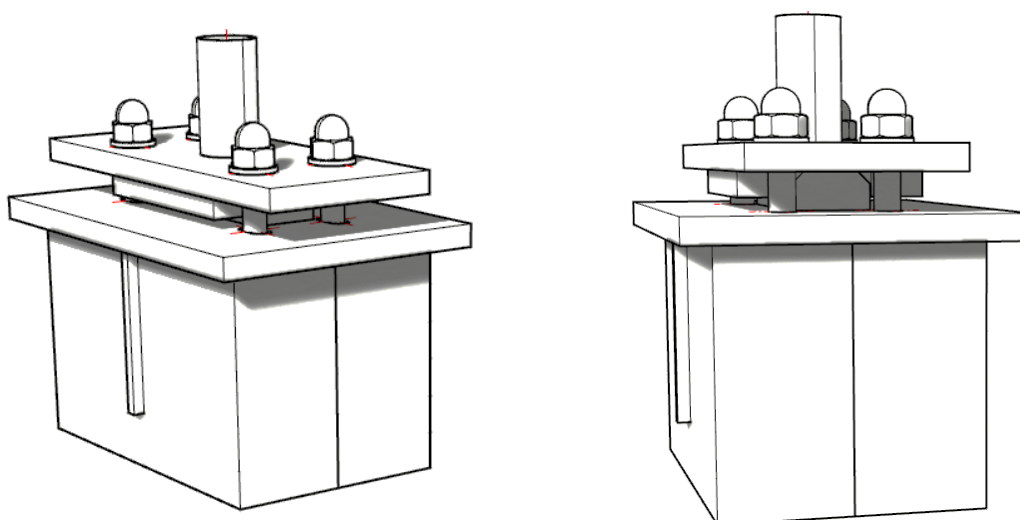


1. Uložení příhradového vazníku na sloup



Obrázek 1.1. Detail styčnicku
(styčnickový plech a prvky příhradového vazníku nejsou zobrazeny ve 3D modelu)

1.1. Vstupní data

Materiálové vlastnosti:

pás příhradového vazníku, mezipásové pruty, styčnickový plech (S355): $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$, $E_s = 210000 \text{ MPa}$.
svary (S275): $f_{yk} = 275 \text{ MPa}$, $f_u = 430 \text{ MPa}$.

Dílčí součinitele spolehlivosti materiálu (2.2(2), Tab.2.1, EN 1993-1-8:2003; 6.1(1), EN 1993-1-1:2005):

$\gamma_{M0}=1.0$, $\gamma_{M2}=1.25$, $\gamma_{M5}=1.0$

1.2. Vnitřní síly

Sloup:

Kombinace zatížení	Vnitřní síla	
	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]
LG1	-140.8	-4.8
LG2	36.4	20.3

Příhradový vazník:

Kombinace zatížení	Vnitřní síla		
	$N_{t,Ed}$ [kN]		
	KZS(1)	KZS(4)	KZS(5)
Mezipásové pruty	213.9	31.5	61.3
Pás	- 182.8	-41.2	-47.1

1.3. Průřezové charakteristiky

Sloup 2[] UPE 320: $h_w = 0.32\text{m}$, $b_w = 0.2\text{m}$, $t_w = 0.014\text{m}$, $A_c = 0.01515\text{m}^2$.

Ložisko: $l_t = 0.12\text{m}$, $b_t = 0.6\text{m}$, $A_t = 0.0072\text{m}^2$.

Pás: TR 108 x 5: $d_0 = 0.108\text{m}$, $t_0 = 0.005\text{m}$, $A_{ch} = 0.001618\text{m}^2$.

Mezipásový prut: TR 82.5 x 3.6: $d_1 = 0.0825\text{m}$, $t_1 = 0.004\text{m}$, $A_b = 0.000892\text{m}^2$.

Stojka: TR 60 x 6.5: $d_{01} = 0.06\text{m}$, $t_{01} = 0.0065\text{m}$, $A_{st} = 0.000579\text{m}^2$.

Styčnickový plech: $t_g = 0.012\text{m}$.

1.4. Návrhová únosnost styčnicku (styčnick N, EN 1993-1-8:2006)

Rozsah platnosti:

$d_1/d_0 = 0.0825 / 0.108 = 0.764$ – vyhovuje (7.4.1(3), Tab.7.1),

$d_0/t_0 = 0.108 / 0.005 = 21.6$ – vyhovuje (třída 2, 7.4.1(3), Tab.7.1)

$d_1/t_1 = 0.0825 / 0.004 = 22.9$ – vyhovuje (třída 2, 7.4.1(3), Tab.7.1)

1.4.1. Porušení pásu dle 7.4.2(1) EN 1993-1-8 (Tabulka 7.2)

Úhly dle obrázku 1.1.: $\theta_1 = 87.1^\circ$, $\theta_2 = 33.8^\circ$

poměr průměru pásu ke dvojnásobku jeho tloušťky: $\gamma = d_0/2t_0 = 10.8$

Překrytí styčnicku (viz obrázek 1.1): $g = -0.02\text{m}$; $g/t_0 = 4$

Součinitel překrytí (7.4.2(1), Tab.7.2):

$$k_g = \gamma^{0.2} \times \left(1 + \frac{0.024 \times \gamma^{0.2}}{1 + \exp(g/2t_0 - 1.33)}\right) = 10.8^{0.2} \times \left(1 + \frac{0.024 \times 10.8^{0.2}}{1 + \exp(4/2 - 1.33)}\right) = 2.258$$

Stanovení napětí v pásu:

$$N_{p,Ed} = N_{t,ch,Ed} - N_{t,br,Ed} \cos \theta_2 - N_{t,c,Ed} \cos \theta_1 = \\ = | -182.8 - 213.9 \times \cos(33.8^\circ) - (-140.8 \times \cos(87.1^\circ)) | = 354.776 \text{ kN} \quad (7.2.1 (3), \text{Eq.7.2})$$

$$n_p = \frac{N_{p,Ed}}{N_{p0,Ed}} = 182.8/354.8 = 0.515$$

$$k_p = 1 - 0.3 n_p \times (1 + n_p) = 1 - 0.3 \times 0.515 \times (1 + 0.515) = 0.766$$

Únosnost styčnicku v případě porušení povrchu pásu (7.4.2(1), Tab.7.2):

$$N_{1,Rd} = \frac{k_g k_p f_{y0} t_0^2}{\sin \theta_1} \left(1.8 + 10.2 \frac{d_1}{d_0}\right) * \frac{1}{\gamma_{M5}} = \\ = 1/[\sin(87.12^\circ)] \times 2.258 \times 0.515 \times 355000 \times 0.0052 \times (1.8 + 10.2 \times 0.06/0.108) \times 1/1.0 = 114.7 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = N_{1,Rd} \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = 114.7 \times \sin(87.12^\circ) / \sin(33.8^\circ) = 205.9 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\eta = \frac{N_{1,Ed}}{2N_{1,Rd}} = 213.9/(2 \times 114.7) = 0.932 - \text{Eq.7.3, EN 1993-1-8 vyhovuje}$$

1.4.2. Porušení pásu dle 7.4.2(1) EN 1993-1-8 (Tabulka 7.2)

Rozsah platnosti pro porušení styčnicku smykem:

$$d_1 = 0.0825 < d_0 - 2 \times t_0 = 0.108 - 2 \times 0.005 = 0.098 - \text{vyhovuje (7.4.2(1), Tab.7.2)}$$

Únosnost styčnicku v případě prolomení styčnicku smykem (7.4.2(1), Tab.7.2):

$$N_{1p,Rd} = \frac{f_{y,0}}{\gamma_{M5} \sqrt{3}} t_0 \pi d_1 \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \sin^2 \theta_1} = \frac{355000}{1.0 \times \sqrt{3}} \times 0.005 \times \pi \times 0.0825 \times \frac{1 + \sin(33.8)}{2 \sin^2(33.8)} = 273.3 \text{ kN}$$

$$N_{2p,Rd} = \frac{f_{y,0}}{\gamma_{M5} \sqrt{3}} t_0 \pi d_{01} \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \sin^2 \theta_1} = \frac{355000}{1.0 \times \sqrt{3}} \times 0.005 \times \pi \times 0.06 \times \frac{1 + \sin(87.1)}{2 \sin^2(87.1)} = -952.4 \text{ kN}$$

$$\eta_1 = \frac{N_{1,Ed}}{N_{1p,Rd}} = 213.9 / 273.3 = 0.783 - \text{Eq.7.3, EN 1993-1-8 vyhovuje}$$

$$\eta_2 = \frac{N_{2,Ed}}{N_{2p,Rd}} = -140.8 / -952.4 = 0.148 - \text{Eq.7.3, EN 1993-1-8 vyhovuje}$$

1.5. Svar prvků příhradového vazníku a styčnickového plechu 4.5.3.2 EN 1993-1-8

1.5.1. Svar stojky a styčnickového plechu

Účinná tloušťka svaru: $a = 0.005\text{m}$.

Délka svaru: $l_{\text{eff}} = 2 \times (l_{\text{side}} - 2 \times 0.01\text{m}) = 2 \times (0.12 - 2 \times 0.01\text{m}) = 0.2\text{m}$.

Normálové napětí kolmé na účinný rozměr svaru: $\sigma_{\perp} = \frac{N_{1,Ed}}{\sqrt{2} \times a \times l_{\text{eff}}} = \frac{140.2}{\sqrt{2} \times 0.005 \times 0.2} = 199121 \text{ kN/m}^2$.

Smykové napětí kolmé na osu svaru: $\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 199121.3 \text{ kN/m}^2$.

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru: $\tau_{\parallel} = 0 \text{ kN/m}^2$.

Korelační součinitel: $\beta_w = 0.9$.

Napětí s koutovým svaru dle (4.5.3.2(6), Eq. 4.1).

$$\sigma_{Ed,w} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{199121.3^2 + 3 \times (199121.3^2 + 0)} = 398242.5 \text{ kN/m}^2$$

Návrhová únosnost koutového svaru (4.5.3.2(6), Eq. 4.1).

$\sigma_{Rd,w} = f_u / (\gamma_{M2} \times \beta_w) = 490000 / 1.25 / 0.9 = 435555.6 \text{ kN/m}^2$.

$$\eta_{w1} = \frac{\sigma_{Ed,w}}{\sigma_{Rd,w}} = 398242.5 / 435555.6 = 0.914 < 1.000$$

1.5.2. Svar mezipásového prutu a styčnickového plechu

Účinná tloušťka svaru: $a = 0.005\text{m}$.

Délka svaru: $l_{\text{eff}} = 2 \times (l_{\text{side}} - 2 \times 0.01\text{m}) = 2 \times (0.18 - 2 \times 0.01\text{m}) = 0.32\text{m}$.

Normálové napětí kolmé na účinný rozměr svaru: $\sigma_{\perp} = \frac{N_{1,Ed}}{\sqrt{2} \times a \times l_{\text{eff}}} = \frac{213.9}{\sqrt{2} \times 0.004 \times 0.32} = 189062.7 \text{ kN/m}^2$.

Smykové napětí kolmé na osu svaru: $\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 189062.7 \text{ kN/m}^2$.

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru: $\tau_{\parallel} = 0 \text{ kN/m}^2$.

Korelační součinitel: $\beta_w = 0.9$.

Napětí s koutovým svaru dle (4.5.3.2(6), Eq. 4.1).

$$\sigma_{Ed,w} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{189062.7^2 + 3 \times (189062.7^2 + 0)} = 378125.4 \text{ kN/m}^2$$

Návrhová únosnost koutového svaru (4.5.3.2(6), Eq. 4.1).

$\sigma_{Rd,w} = f_u / (\gamma_{M2} \times \beta_w) = 490000 / 1.25 / 0.9 = 435555.6 \text{ kN/m}^2$.

$$\eta_w = \frac{\sigma_{Ed,w}}{\sigma_{Rd,w}} = 378125.4 / 435555.6 = 0.868 < 1.000$$

1.6. Návrhová únosnost oslabeného průřezu dle 6.2.4 EN 1993-1-1

1.6.1. Únosnost oslabeného průřezu mezipásového prutu

$$A_{b,net} = A_b - 2 \times t_w \times t_1 = 0.000892 - 2 \times 0.012 \times 0.004 = 0.000806 \text{ m}^2$$

$$N_{Rd,b,net} = f_y / \gamma_{M0} \times A_{b,net} = 355000 / 1.0 \times 0.000806 = 285.9 \text{ kN}$$

$$\eta_{net,1} = N_{t,Ed,bracing} / N_{Rd,b,net} = 213.9 / 285.9 = 0.748 < 1.000$$

1.6.2. Únosnost oslabeného průřezu pásu

$$A_{ch,net} = A_{ch} - 2 \times t_w \times t_0 = 0.001618 - 2 \times 0.012 \times 0.005 = 0.001498 \text{ m}^2$$

$$N_{Rd,ch,net} = f_y / \gamma_{M0} \times A_{ch,net} = 355000 / 1.0 \times 0.001498 = 531.8 \text{ kN}$$

$$\eta_{net,1} = N_{t,Ed,chord} / N_{Rd,cb,net} = 182.8 / 531.8 = 0.344 < 1.000$$

1.6.3. Únosnost oslabeného průřezu stojky

$$A_{st,net} = A_{st} - 2 \times t_w \times t_{01} = 0.000579 - 2 \times 0.012 \times 0.0065 = 0.000423 \text{ m}^2$$

$$N_{Rd,st,net} = f_y / \gamma_{M0} \times A_{st,net} = 355000 / 1.0 \times 0.000423 = 150.3 \text{ kN}$$

$$\eta_{net,1} = N_{t,Ed,stub} / N_{Rd,st,net} = 140.8 / 150.3 = 0.937 < 1.000$$

1.7. Návrh ložiska

1.7.1. Svary ložiska

Účinná tloušťka svaru: $a = 0.004 \text{ m}$.

Délka svaru: $l_{eff} = 2 \times (l_{side} - 2 \times 0.01 \text{ m}) = 2 \times (0.18 - 2 \times 0.01 \text{ m}) = 0.32 \text{ m}$.

Normálové napětí kolmé na účinný rozměr svaru: $\sigma_{\perp} = \frac{N_{1,Ed}}{\sqrt{2} \times a \times l_{eff}} = \frac{140.2}{\sqrt{2} \times 0.005 \times 0.2} = 22428.5 \text{ kN/m}^2$.

Smykové napětí kolmé na osu svaru: $\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 22428.5 \text{ kN/m}^2$.

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru: $\tau_{\parallel} = 0 \text{ kN/m}^2$.

Korelační součinitel: $\beta_w = 0.9$.

Napětí s koutovým svaru dle (4.5.3.2(6), Eq. 4.1).

$$\sigma_{Ed,w} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{22428.5^2 + 3 \times (22428.5^2 + 0)} = 44857.1 \text{ kN/m}^2$$

Návrhová únosnost koutového svaru (4.5.3.2(6), Eq. 4.1).

$$\sigma_{Rd,w} = f_u / (\gamma_{M2} \times \beta_w) = 490000 / 1.25 / 0.9 = 435555.6 \text{ kN/m}^2.$$

$$\eta_w = \frac{\sigma_{Ed,w}}{\sigma_{Rd,w}} = 44857.1 / 435555.6 = 0.103 < 1.000$$

1.7.2. Porušení ložiska

Plocha ložiska - $A_{toe} = 0.0072 \text{ m}^2$, mez kluzu oceli - $f_y = 255 \text{ MPa}$, dílčí součinitel spolehlivosti materiálu - $\gamma_{M2} = 1.25$.

$$N_{Rd,toe} = f_y / \gamma_{M2} \times A_{toe} = 275000 / 1.25 \times 0.0072 = 1224 \text{ kN}$$

$$\eta_{toe} = N_{t,Ed,stub} / N_{Rd,toe} = 140.8 / 1224 = 0.115 < 1.000$$

1.8. Návrh čelní desky sloupu

1.8.1. Svar čelní desky a sloupu

Účinná tloušťka svaru: $a = 0.004 \text{ m}$.

Délka svaru: $l_{eff} = 2 \times (l_{side} - 2 \times 0.01 \text{ m}) = 2 \times (0.32 - 2 \times 0.01 \text{ m}) = 0.60 \text{ m}$.

Normálové napětí kolmé na účinný rozměr svaru: $\sigma_{\perp} = \frac{N_{1,Ed}}{\sqrt{2} \times a \times l_{eff}} = \frac{140.8}{\sqrt{2} \times 0.004 \times 0.6} = 82967.2 \text{ kN/m}^2$.

Smykové napětí kolmé na osu svaru: $\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 82967.2 \text{ kN/m}^2$.

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru: $\tau_{\parallel} = 0 \text{ kN/m}^2$.

Korelační součinitel: $\beta_w = 0.9$.

Napětí s koutovým svaru dle (4.5.3.2(6), Eq. 4.1).

$$\sigma_{Ed,w} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{82967.2^2 + 3 \times (82967.2^2 + 0)} = 165934.4 \text{ kN/m}^2.$$

Návrhová únosnost koutového svaru (4.5.3.2(6), Eq. 4.1).

$$\sigma_{Rd,w} = f_u / (\gamma_{M2} \times \beta_w) = 490000 / 1.25 / 0.9 = 435555.6 \text{ kN/m}^2.$$

$$\eta_w = \frac{\sigma_{Ed,w}}{\sigma_{Rd,w}} = 165934.4 / 435555.6 = 0.381 < 1.000$$

1.8.2. Tloušťka čelní desky

Design width of column section: $a_{c,o} = a_c - s = 0.2 - 2 \times 0.0175 = 0.165 \text{ m}$

Design length of column section: $b_{c,o} = b_c - t_w = 0.32 - 2 \times 0.014 = 0.292 \text{ m}$

poměr : $b_{c,o} / a_{c,o} = 0.292 / 0.165 = 1.770$

zatížení: $q = N_{1,Ed} / a_{c,o} / b_{c,o} = 140.8 / 0.165 / 0.292 = 2922.4 \text{ kPa}$

ohybový moment v rovině: $M_1 = \alpha_1 \times q \times (a_{c,o})^2 = 0.0931 \times 2922.4 \times (0.165)^2 = 7.407 \text{ kNm/m}$,

$$M_2 = \alpha_2 \times q \times (a_{c,o})^2 = 0.0480 \times 2922.4 \times (0.165)^2 = 3.819 \text{ kNm/m}$$

Data pro interpolaci:

b/a	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
α_1	0.048	0.055	0.063	0.069	0.075	0.081	0.086	0.091	0.094	0.098	0.1
α_2	0.048	0.049	0.05	0.05	0.05	0.05	0.049	0.048	0.048	0.047	0.046

$$t_{w,d} = \sqrt{\frac{6 \times M_1}{f_{yo}}} = \sqrt{[(6 \times 7.407) / 275000]} = 0.0132 \text{ m}$$

Navržená tloušťka čelní desky: $t_w = 0.018 \text{ m}$.

$$\eta_t = \frac{t_{w,d}}{t_w} = 0.0132 / 0.018 = 0.733 < 1.000$$

1.9. Návrh šroubů

Šrouby jsou použity pouze z konstrukčních důvodů, není třeba provést jejich návrh. Byly použity šrouby 4 x M20. V čelní desce jsou provedeny oválné otvory pro šrouby ve směru z roviny vazníku, umožňující posun z důvodu teplotní roztažnosti konstrukce.

Z důvodu uzavřeného průřezu sloupu musí být matice přivařeny bodovými svary tak, aby byla možná montáž konstrukce.