



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# **OVĚŘENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ RUČNÍM VÝPOČTEM A DIMENZOVÁNÍ SPOJŮ**

**Hala Pro sportovní účely v Lipníku nad Bečvou**

**Bakalářská práce**

**Jiří Kožík**

**Brno 2013**

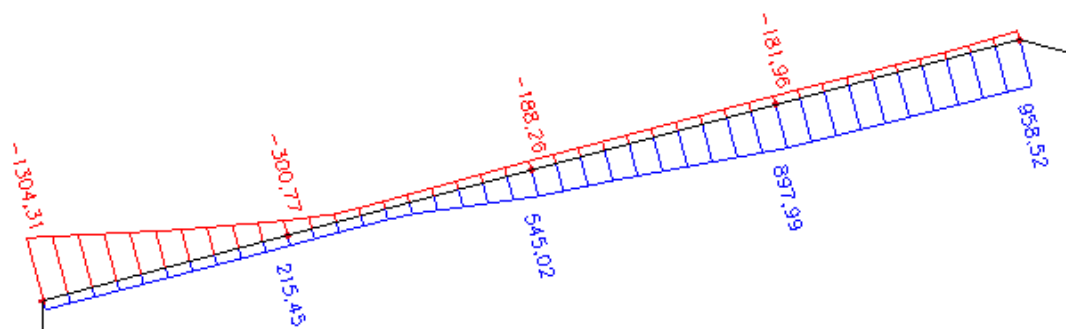
# **OBSAH**

1. Posouzení příčle rámu .....	3
2. Posouzení sloupu rámu .....	11
3. Posouzení spoje sloupu a příčle rámu.....	19
4. Posouzení svařovaného spoje ve vrcholu rámu.....	24
5. Posouzení uložení sloupu na betonovou patku.....	26

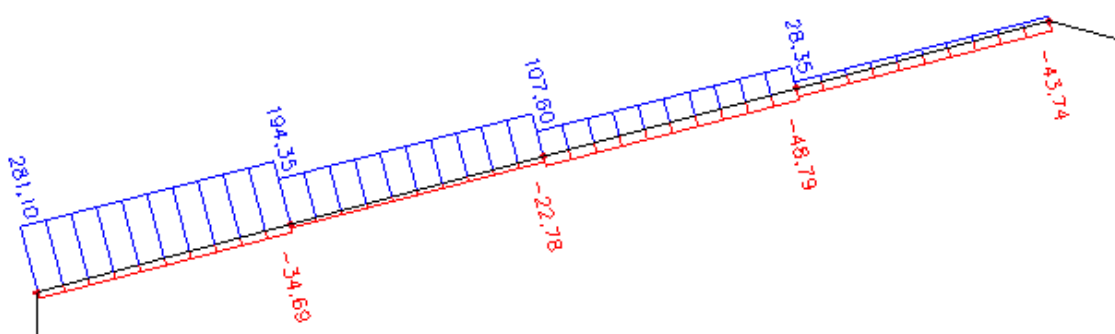
## Posouzení příčle rámu

$$M_{y\_Ed} := 1307.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

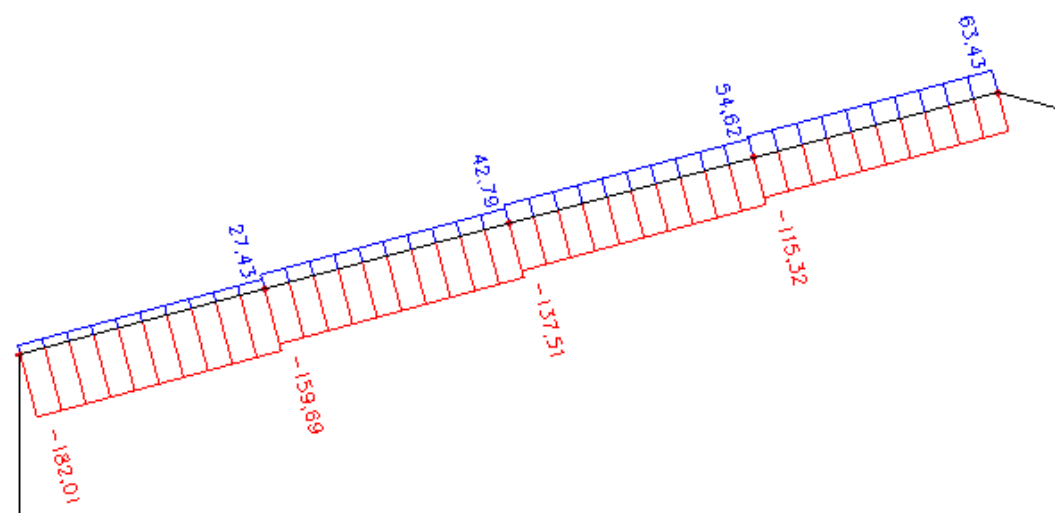
$$M_{y\_Ed\_f} := 958.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



$$V_{z\_Ed} := 281.84 \text{ kN}$$



$$N_{Ed} := 182.25 \text{ kN}$$



$$M_{z\_Ed} := 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Ocel:

S235

$$f_{yk} := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\varepsilon_w := \sqrt{\frac{235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{f_{yk}}} = 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$E := 21000 \text{MPa}$$

$$G_s := 8100 \text{MPa}$$

Návrh Průřezu:

HEB600

$$I_w := 15.530 \text{m}^6$$

Návrhové charakteristiky průřezu:

$$h := 600 \text{mm}$$

$$b := 300 \text{mm}$$

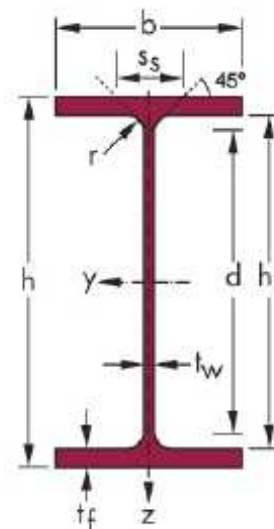
$$t_w := 15.5 \text{mm}$$

$$t_f := 30 \text{mm}$$

$$r := 27 \text{mm}$$

$$h_i := 486 \text{mm}$$

$$d := 486 \text{mm}$$



$$A_s := 270 \text{cm}^2$$

$$I_y := 17100 \text{cm}^4$$

$$W_{el_y} := 570 \text{cm}^3$$

$$W_{pl_y} := 6420 \text{cm}^3$$

$$I_z := 13530 \text{cm}^4$$

$$W_{el_z} := 902 \text{cm}^3$$

$$W_{pl_z} := 1390 \text{cm}^3$$

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_s}} = 25.166 \text{cm}$$

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A_s}} = 7.079 \text{cm}$$

$$I_t := 667.2 \text{cm}^4$$

$$I_w := 1097000 \text{cm}^6$$

### Třída průřezu:

tlačená pásnice:

$$c_{t_{pasnice}} := \frac{0.5b - r}{t_f} = 4.1$$

$$c_{t_{semelle}} < 9 \cdot \varepsilon$$

třída 1

stojina:

$$c_{t_{stojna}} := \frac{d}{t_w} = 31.355$$

$$c_{t_{ame}} < 72 \cdot \varepsilon$$

třída 1

### Posouzení na smyk

$$A_v := A_s - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 110.85 \text{cm}^2$$

$$V_{pl\_Rd} := \frac{A_v \cdot \left( \frac{f_{yk}}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 1.504 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

Protože  $V_{Z\_Ed} = 281.10 \text{ kN} < V_{pl\_Rd}/2 = 752 \text{ kN}$ , můžeme smyk v kombinaci s dalšími vlivy zanedbat.

## Posouzení na ohyb a osovou sílu:

$$N_{pl\_Rd} := A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 6.345 \times 10^3 \cdot \text{kN} \quad M_{pl\_Rd} := W_{pl\_y} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 1.509 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl\_Rd}} = 0.029 \quad \text{vyhovuje} \quad \frac{M_{y\_Ed}}{M_{pl\_Rd}} = 0.867 \quad \text{vyhovuje}$$

Pro dvojose symetrický průřez H, není nutné uvažovat působení osově síly na plastický moment únosnosti při ohybu platí-li:

ve směru osy y-y

$$N_{pl\_Rd\_025} := N_{pl\_Rd} \cdot 0.25 = 1.586 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{pl\_Rd\_025} = 1$$

$$\text{podminka}_1 := 0.5 \cdot d \cdot t_w \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 8.851 \times 10^5 \text{ N} \quad \text{ok}$$

$$N_{Ed} \leq \text{podminka}_1 = 1 \quad \text{ok}$$

ve směru osy z-z

$$\text{podminka}_2 := d \cdot t_w \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 1.77 \times 10^6 \text{ N} \quad \text{ok}$$

$$N_{Ed} \leq \text{podminka}_2 = 1$$

## Stabilita průřezu

Odvození vzpěrných délek viz. SV SCIA str.32

### a) Vzpěr

#### 1) vůči tuhé ose y-y

$$l_{fy} := 13.2 \text{ m} \quad \text{křivka vzpěrné pevnosti a}$$

$$N_{cr\_y} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l_{fy}^2} = 2.034 \times 10^4 \cdot \text{kN} \quad \lambda_{by} := \sqrt{\frac{A_s \cdot f_{yk}}{N_{cr\_y}}} = 0.559$$

N.cr\_y ze SCIA Engineer  
20341 KN  
Posudek souhlasí

$$\text{-součinitel imperfekce: } \alpha_y := 0.21$$

$$\Phi_y := 0.5 \left[ 1 + \alpha_y (\lambda_{by} - 0.2) + \lambda_{by}^2 \right] = 0.694$$

$$\chi_y := \min \left( 1, \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_{by}^2}} \right) = 0.905$$

$$N_{brd\_y} := \chi_y \cdot A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 5.743 \times 10^6 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{brd\_y}} = 0.032 \quad \text{vyhovuje}$$

## 2) vůči měkké ose z-z

$$l_{fz} := 3.882 \text{ m}$$

-křivka vzpěrné pevnosti b

$$N_{cr\_z} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{l_{fz}^2} = 1.861 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$\lambda_{bz} := \sqrt{\frac{A_s \cdot f_{yk}}{N_{cr\_z}}} = 0.584$$

N.cr\_y ze SCIA Engineer  
18605 KN  
Posudek souhlasí

-součinitel imperfekce:

$$\alpha_z := 0.34$$

$$\Phi_z := 0.5 \left[ 1 + \alpha_z \cdot (\lambda_{bz} - 0.2) + \lambda_{bz}^2 \right] = 0.736$$

$$\chi_z := \min \left( 1, \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_{bz}^2}} \right) = 0.845$$

$$N_{brd\_z} := \chi_z \cdot A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 5.362 \times 10^6 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{brd\_z}} = 0.034 \quad \text{vyhovuje}$$

## b) Prostorový vzpěr

$$i_C := \frac{I_y + I_z}{A_s} = 683.444 \text{ cm}^2 \quad K_{\text{vzp}} := \frac{1}{3} \cdot (2 \cdot b \cdot t_f^3 + h_i \cdot t_w^3) = 600.327 \text{ cm}^4$$

$$N_{crT} := \frac{1}{i_C} \cdot \left( 81000 \text{ MPa} \cdot K + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{3.88^2 \cdot \text{m}^2} \right) = 2.921 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$N_{cr\_yz} := \min(N_{cr\_y}, N_{crT}) = 2.034 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$\lambda_{byz} := \sqrt{\frac{A_s \cdot f_{yk}}{N_{cr\_yz}}} = 0.559$$

-součinitel imperfekce:

$$\alpha_{zy} := 0.34$$

$$\Phi_{yz} := 0.5 \left[ 1 + \alpha_{zy} \cdot (\lambda_{bz} - 0.2) + \lambda_{bz}^2 \right] = 0.736$$

$$\chi_{zy} := \min \left( 1, \frac{1}{\Phi_{yz} + \sqrt{\Phi_{yz}^2 - \lambda_{byz}^2}} \right) = 0.823$$

$$N_{brd\_yz} := \chi_z \cdot A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 5.362 \times 10^6 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{brd\_yz}} = 0.034$$

vyhovuje

### c) Klopení

#### Vybočení horní pásnice

Výpočet kritického momentu:

$$k_z := 1 \quad k_w := 1 \quad \text{součinitelé vzpěrné délky}$$

$$C_1 := 1 \quad C_2 := 0 \quad C_3 := 1$$

$$L := 3.882 \text{ m}$$

$$z_a := 300 \text{ mm}$$

$$z_s := 0 \text{ mm} \quad z_j := 0 \text{ mm}$$

$$z_g := z_a - z_s = 0.3 \text{ m}$$

$$\zeta_j := \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G_s \cdot I_t}} = 0 \quad k_{wt} := \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{E \cdot \frac{I_w}{G_s \cdot I_t}} = 1.671$$

$$\zeta_g := \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G_s \cdot I_t}} = 1.76$$

$$\mu_{cr} := \frac{C_1}{k_z} \cdot \left[ \sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right] = 1.947$$

$$M_{cr} := \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G_s \cdot I_t}}{L} = 6.175 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$M_{cr}$  ze SCIA Engineer je 9901 kNm

Odchylka je dána přesnějším výpočtem v programu. Při ručním výpočtu jsem uvažoval horší vykreslení ohybového obrazce. Takže odchylka je na stranu bezpečnou.

Pro válcovaný průřez o poměru  $\frac{h}{b} = 2$  uvažuji křivku klopení a  $\alpha_{LT} := 0.21$

$$\lambda_{bLT} := \sqrt{\frac{W_{pl_y} \cdot f_{yk}}{M_{cr}}} = 0.494$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\lambda_{bLT} - 0.2) + \lambda_{bLT}^2 \right] = 0.653$$

$$\chi_{LT} := \min \left( 1, \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{bLT}^2}} \right) = 0.926$$

$$M_{brd} := \chi_{LT} W_{pl_y} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 1.397 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y\_Ed\_f}}{M_{brd}} = 0.686$$

## Vybočení dolní pásnice

### Výpočet kritického momentu:

$$k_{z\_2} := 0.30$$

$$k_{w\_2} := 1$$

součinitelé vzpěrné délky

$$C_{1\_2} := 1.875$$

$$C_{2\_2} := 0$$

$$C_{3\_2} := 0.977$$

$$L\_2 := 15.530 \text{ m}$$

$$z_{a\_2} := 300 \text{ mm}$$

$$z_{s\_2} := 0 \text{ mm} \quad z_{j\_2} := 0 \text{ mm}$$

$$z_{g\_2} := z_a - z_s = 0.3 \text{ m}$$

$$\zeta_{j\_2} := \frac{\pi \cdot z_{j\_2}}{k_{z\_2} \cdot L\_2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G_s \cdot I_t}} = 0$$

$$k_{wt\_2} := \frac{\pi}{k_{w\_2} \cdot L\_2} \cdot \sqrt{E \cdot \frac{I_w}{G_s \cdot I_t}} = 0.418$$

$$\zeta_{g\_2} := \frac{\pi \cdot z_{g\_2}}{k_{z\_2} \cdot L\_2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G_s \cdot I_t}} = 1.467$$

$$\mu_{cr\_2} := \frac{C_{1\_2}}{k_z} \cdot \left[ \sqrt{1 + k_{wt\_2}^2 + (C_{2\_2} \cdot \zeta_{g\_2} - C_{3\_2} \cdot \zeta_{j\_2})^2} - (C_{2\_2} \cdot \zeta_{g\_2} - C_{3\_2} \cdot \zeta_{j\_2}) \right] = 2.036$$

$$M_{cr\_2} := \mu_{cr\_2} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G_s \cdot I_t}}{L} = 6.458 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Pro válcovaný průřez o poměru

$$\frac{h}{b} = 2$$

uvažují křivku klopení a

$$\alpha_{LT\_2} := 0.21$$

$$\lambda_{bLT\_2} := \sqrt{\frac{W_{pl\_y} \cdot f_{yk}}{M_{cr\_2}}} = 0.483$$

$$\Phi_{LT\_2} := 0.5 \left[ 1 + \alpha_{LT\_2} (\lambda_{bLT\_2} - 0.2) + \lambda_{bLT\_2}^2 \right] = 0.647$$

$$\chi_{LT\_2} := \min \left( 1, \frac{1}{\Phi_{LT\_2} + \sqrt{\Phi_{LT\_2}^2 - \lambda_{bLT\_2}^2}} \right) = 0.929$$

$$M_{brd\_2} := \chi_{LT\_2} \cdot W_{pl\_y} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 1.402 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y\_Ed}}{M_{brd\_2}} = 0.933$$

Vyhovuje



### určení interakčního součinitele $k_{yy}$ et $k_{zy}$

$$\delta_{y\max\_1} := 44.37 \text{ mm} \quad \text{maximální průhyb}$$

$$C_{my\_0\_1} := 1 + \left( \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y \cdot \delta_{y\max\_1}}{M_{y\_Ed} \cdot l^2} - 1 \right) \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_y}} = 0.996$$

$$\delta_{z\max\_1} := 0 \text{ cm} \quad \text{maximální průhyb}$$

$$C_{mz\_0\_1} := 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_z}} = 0.99 \quad (M_z = 0) \quad \text{Protože } M_z = 0: \quad b_{LT} := 0 \quad d_{LT} := 0$$

$$\lambda_{b\max} := \max(\lambda_{by}, \lambda_{bz}) = 0.584$$

Výpočet limitní štíhlosti při klopení:

$$\lambda_{b\_LT\_limit\_1} := 0.2 \cdot \sqrt{C_1} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_z}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_y}}\right)} = 0.199$$

$$C_{1\_0} := 1 \quad C_{2\_0} := 0 \quad C_{3\_0} := 1$$

$$\mu_{cr\_0} := \frac{C_{1\_0}}{k_z} \cdot \left[ \sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right] = 1.947$$

$$M_{cr\_0} := \mu_{cr\_0} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G_s \cdot I_t}}{L} = 6.175 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda_{b0} := \sqrt{\frac{W_{pl\_y} \cdot f_{yk}}{M_{cr\_0}}} = 0.494$$

Protože platí:  $\lambda_{b0} > \lambda_{b\_LT\_limit\_1} = 1$

$$\varepsilon_{y\_1} := \frac{M_{y\_Ed}}{N_{Ed}} \cdot \frac{A_s}{W_{pl\_y}} = 30.179 \quad a_{LT} := \max\left(0, 1 - \frac{I_t}{I_y}\right) = 0.996$$

$$C_{my\_1} := C_{my\_0\_1} + (1 - C_{my\_0\_1}) \cdot \frac{\sqrt{\varepsilon_{y\_1}} \cdot a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_{y\_1}} \cdot a_{LT}} = 0.999$$

$$C_{mz\_1} := C_{mz\_0\_1}$$

$$C_{mLT\_1} := \max\left[C_{my\_1}^2 \cdot \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_z}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crT}}\right)}}, 1\right] = 1.003$$

$$\mu_{y_1} := \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr_y}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr_y}}} = 0.999$$

$$\mu_{z_1} := \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr_z}}}{1 - \chi_z \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr_z}}} = 0.998$$

$$w_y := \min\left(1.5, \frac{W_{pl_y}}{W_{el_y}}\right) = 1.126$$

$$w_z := \min\left(1.5, \frac{W_{pl_z}}{W_{el_z}}\right) = 1.5$$

$$n_{pl_1} := \frac{N_{Ed}}{A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}}} = 0.029$$

$$c_{yy_1} := \max\left[\frac{W_{el_y}}{W_{pl_y}}, 1 + (w_y - 1) \cdot \left[2 - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my_1}^2 (\lambda_{bmax} + \lambda_{bmax}^2)\right] \cdot n_{pl_1} - b_{LT}\right] = 1.002$$

$$c_{zy_1} := \max\left[0.6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \cdot \frac{W_{el_y}}{W_{pl_y}}, 1 + (w_y - 1) \cdot \left[2 - 14 \frac{C_{my_1}^2 \cdot \lambda_{bmax}^2}{w_y^5}\right] \cdot n_{pl_1} - d_{LT}\right] = 0.998$$

$$k_{yy_1} := C_{my_1} \cdot C_{mLT_1} \cdot \frac{\mu_{y_1}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr_y}}} \cdot \frac{1}{c_{yy_1}} = 1.008$$

$$k_{zy_1} := C_{my_1} \cdot C_{mLT_1} \cdot \frac{\mu_{z_1}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr_y}}} \cdot \frac{1}{c_{zy_1}} \cdot 0.6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 0.526$$

#### d)Ověření pro kombinaci ohybu a osové síly

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot f_{yk} \cdot A_s}}{\gamma_{M1}} + k_{yy_1} \cdot \frac{\frac{M_{y_Ed}}{f_{yk} \cdot W_{pl_y}}}{\chi_{LT} \cdot \gamma_{M1}} = 0.975$$

-hodnota menší než 1 => ok

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot f_{yk} \cdot A_s}}{\gamma_{M1}} + k_{zy_1} \cdot \frac{\frac{M_{y_Ed}}{f_{yk} \cdot W_{pl_y}}}{\chi_{LT} \cdot \gamma_{M1}} = 0.526$$

hodnota menší než 1 => ok

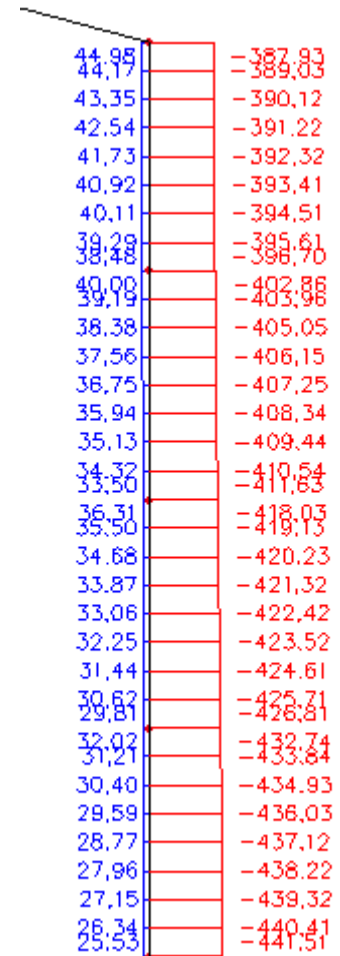
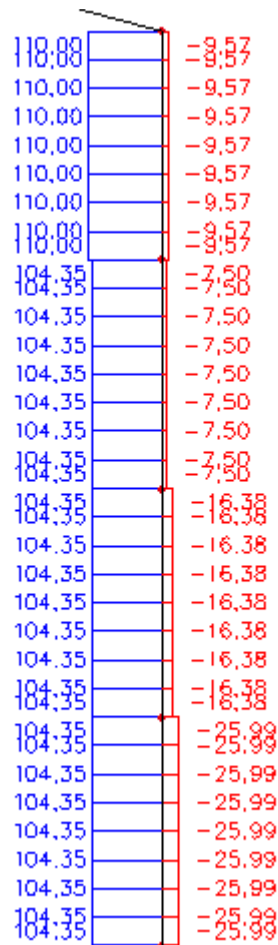
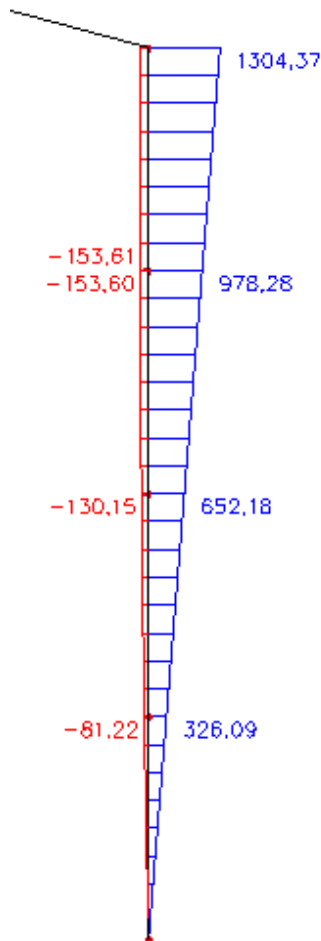
## Posouzení sloupu rámu

Maximální namáhání v rohu rámu:

$$M_{y\_Ed} := 1304.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{z\_Ed\_f} := 110 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := 387.93 \text{ kN}$$



Materiálové charakteristiky:

Ocel:

S235

$$f_{yk} := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} := 1 \quad \gamma_{M1} := 1$$

$$\varepsilon_{\text{w}} := \sqrt{\frac{235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{f_{yk}}} = 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$E := 21000 \text{MPa}$$

$$G_s := 8100 \text{MPa}$$

Návrh Průřezu:

HEB600

$$l_{\text{w}} := 15.53 \text{m}$$

Návrhové charakteristiky průřezu:

$$h := 600 \text{mm}$$

$$b := 300 \text{mm}$$

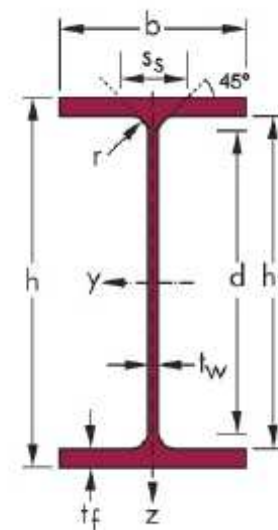
$$t_w := 15.5 \text{mm}$$

$$t_f := 30 \text{mm}$$

$$r := 27 \text{mm}$$

$$h_i := 486 \text{mm}$$

$$d := 486 \text{mm}$$



$$A_s := 270 \text{cm}^2$$

$$I_y := 17100 \text{cm}^4$$

$$W_{el_y} := 570 \text{cm}^3$$

$$W_{pl_y} := 642 \text{cm}^3$$

$$I_z := 1353 \text{cm}^4$$

$$W_{el_z} := 902 \text{cm}^3$$

$$W_{pl_z} := 1390 \text{cm}^3$$

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_s}} = 25.166 \text{cm} \quad i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A_s}} = 2.239 \text{cm}$$

$$I_t := 667.2 \text{cm}^4$$

$$I_w := 1097000 \text{cm}^6$$

### Třída průřezu:

tlačená pásnice:

$$c_{\text{t pasnice}} := \frac{0.5b - r}{t_f} = 4.1$$

$$c_{\text{t pasnice}} < 9 \cdot \varepsilon$$

třída 1

stojina:

$$c_{\text{t stojna}} := \frac{d}{t_w} = 31.355$$

$$c_{\text{t stojna}} < 72 \cdot \varepsilon$$

třída 1

### Posouzení na smyk

$$A_v := A_s - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 110.85 \text{cm}^2$$

$$V_{pl\_Rd} := \frac{A_v \cdot \left( \frac{f_{yk}}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 1.504 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

### **Posouzení na ohyb a osovou sílu:**

$$N_{pl\_Rd} := A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 6.345 \times 10^3 \cdot \text{kN} \quad M_{pl\_Rd} := W_{pl\_y} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 1.509 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl\_Rd}} = 0.061 \quad \text{Vyhovuje} \quad \frac{M_{y\_Ed}}{M_{pl\_Rd}} = 0.865 \quad \text{Vyhovuje}$$

Pro dvojse symetrický průřez H , není nutné uvažovat působení osově síly na plastický moment únosnosti při ohybu platí-li:

ve směru osy y-y

$$N_{pl\_Rd\_025} := N_{pl\_Rd} \cdot 0.25 = 1.586 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{pl\_Rd\_025} = 1 \quad \text{ok}$$

$$\text{podminka}_1 := 0.5 \cdot d \cdot t_w \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 8.851 \times 10^5 \text{ N}$$

$$N_{Ed} \leq \text{podminka}_1 = 1 \quad \text{ok}$$

ve směru osy z-z

$$\text{podminka}_2 := d \cdot t_w \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 1.77 \times 10^6 \text{ N}$$

$$N_{Ed} \leq \text{podminka}_2 = 1 \quad \text{ok}$$

## Stabilita průřezu

### a) Vzpěr

Vzpěrné délky jsou vypočteny. viz SV SCIA str.32

#### 1) vůči tuhé ose y-y

$$l_{fy} := 17.325 \text{ m}$$

křivka vzpěrné pevnosti a

$$N_{cr\_y} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l_{fy}^2} = 1.181 \times 10^4 \cdot \text{kN} \quad \lambda_{by} := \sqrt{\frac{A_s \cdot f_{yk}}{N_{cr\_y}}} = 0.733$$

N.cr\_y ze SCIA ENGINEER  
11807KNm

Posudek souhlasí

-součinitel imperfekce:  $\alpha_y := 0.21$

$$\Phi_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_y \cdot (\lambda_{by} - 0.2) + \lambda_{by}^2 \right] = 0.825$$

$$\chi_y := \min \left( 1, \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_{by}^2}} \right) = 0.832$$

$$N_{brd\_y} := \chi_y \cdot A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 5.277 \times 10^6 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{brd\_y}} = 0.074 \quad \text{Vyhovuje}$$

#### 2) vůči měkké ose z-z

$$l_{fz} := 3.125 \text{ m}$$

-křivka vzpěrné pevnosti b

$$N_{cr\_z} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{l_{fz}^2} = 2.872 \times 10^3 \cdot \text{kN} \quad \lambda_{bz} := \sqrt{\frac{A_s \cdot f_{yk}}{N_{cr\_z}}} = 1.486$$

N.cr\_y ze SCIA ENGINEER  
28715 KNm

-součinitel imperfekce:  $\alpha_z := 0.34$

Posudek souhlasí

$$\Phi_z := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_z \cdot (\lambda_{bz} - 0.2) + \lambda_{bz}^2 \right] = 1.824$$

$$\chi_z := \min \left( 1, \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_{bz}^2}} \right) = 0.347$$

$$N_{brd\_z} := \chi_z \cdot A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 2.203 \times 10^6 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{brd\_z}} = 0.176 \quad \text{Vyhovuje}$$

### **b) Prostorový vzpěr**

$$i_C := \frac{I_y + I_z}{A_s} = 638.344 \text{ cm}^2 \quad \underline{K} := \frac{1}{3} \cdot \left( 2 \cdot b \cdot t_f^3 + h_i \cdot t_w^3 \right) = 600.327 \text{ cm}^4$$

$$N_{crT} := \frac{1}{i_C} \cdot \left( 81000 \text{ MPa} \cdot K + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{3.125^2 \cdot \text{m}^2} \right) = 4.409 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$y_0$  - vzdálenost středu smyku od težiště  $y_0 := 0$

$$N_{cr_{yz}} := N_{crT} = 4.409 \times 10^4 \cdot \text{kN}$$

$$\lambda_{byz} := \sqrt{\frac{A_s \cdot f_{yk}}{N_{cr_{yz}}}} = 0.379$$

-součinitel imperfekce:  $\alpha_{zy} := 0.34$

$$\Phi_{yz} := 0.5 \left[ 1 + \alpha_{zy} \cdot (\lambda_{bz} - 0.2) + \lambda_{bz}^2 \right] = 1.824$$

$$\chi_{zy} := \min \left( 1, \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_{yz}^2 - \lambda_{byz}^2}} \right) = 0.277$$

$$N_{brd_{yz}} := \chi_z \cdot A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 2.203 \times 10^6 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{brd_{yz}}} = 0.176 \quad \text{Vyhovuje}$$

### c) Klopení

Výpočet kritického momentu:

$$k_z := 0.5 \quad k_w := 1 \quad \text{součinitelé vzpěrné délky}$$

$$C_1 := 1.75 \quad C_2 := 0 \quad C_3 := 1$$

$$L := 3.125\text{m} \quad \text{délka mezi prvky bránícími klopení}$$

$$z_a := 300\text{mm}$$

$$z_s := 0\text{mm} \quad z_j := 0\text{mm}$$

$$z_g := z_a - z_s = 0.3\text{m}$$

$$\zeta_j := \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G_s \cdot I_t}} = 0 \quad k_{wt} := \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{E \cdot \frac{I_w}{G_s \cdot I_t}} = 2.076$$

$$\zeta_g := \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G_s \cdot I_t}} = 1.383$$

$$\mu_{cr} := \frac{C_1}{k_z} \cdot \left[ \sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right] = 8.064$$

$$M_{cr} := \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G_s \cdot I_t}}{L} = 1.005 \times 10^4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

M.cr ze SCIA ENGINEER  
10402 KNm

Posudek souhlasí

Pro  $\frac{h}{b} = 2$  křivka imperfekce: křivka a

$$\lambda_{bLT} := \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_{yk}}{M_{cr}}} = 0.388$$

$$\alpha_{LT} := 0.21$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} (\lambda_{bLT} - 0.2) + \lambda_{bLT}^2 \right] = 0.595$$

$$\lambda_{bLT\_1} := \lambda_{bLT} \quad \lambda_{bLT\_2} := \lambda_{bLT}$$

$$\chi_{LT} := \min \left( 1, \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{bLT}^2}} \right) = 0.956$$

$$\chi_{LT\_1} := \chi_{LT} \quad \chi_{LT\_2} := \chi_{LT}$$

$$M_{brd} := \chi_{LT} W_{pl,y} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 1.442 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y\_Ed}}{M_{brd}} = 0.904$$

Vyhovuje



### určení interakčního součinitele $k_{yy}$ et $k_{zy}$

$$C_{my\_0} := 0.79 - 0.1188 \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_y}} = 0.786$$

$$C_{mz\_0} := 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_z}} = 0.865 \quad (M_z = 0) \quad \text{protože } M_z=0: \quad b_{LT} := 0 \quad d_{LT} := 0$$

$$\lambda_{bmax} := \max(\lambda_{by}, \lambda_{bz}) = 1.486$$

Výpočet limitní štíhlosti pro klopení:

$$\lambda_{b\_LT\_limit} := 0.2 \sqrt{C_1} \cdot \sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_z}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_y}}\right)} = 0.253 \quad C_{1\_0} := 1 \quad C_{2\_0} := 0$$

$$\mu_{cr\_0} := \frac{C_{1\_0}}{k_z} \cdot \left[ \sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_{2\_0} \cdot \zeta_g - C_{3\_0} \cdot \zeta_j)^2} - (C_{2\_0} \cdot \zeta_g - C_{3\_0} \cdot \zeta_j) \right] = 4.608$$

$$M_{cr\_0} := \mu_{cr\_0} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G_s \cdot I_t}}{L} = 5.74 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda_{b0} := \sqrt{\frac{W_{pl\_y} \cdot f_{yk}}{M_{cr\_0}}} = 0.513$$

Protože:  $\lambda_{b0} > \lambda_{b\_LT\_limit} = 1$

Uvažujeme:

$$\varepsilon_{y\_1} := \frac{M_{y\_Ed}}{N_{Ed}} \cdot \frac{A_s}{W_{el\_y}} = 15.924 \quad a_{LT} := \max\left(0, 1 - \frac{I_t}{I_y}\right) = 0.996$$

$$C_{my} := C_{my\_0} + (1 - C_{my\_0}) \cdot \frac{\sqrt{\varepsilon_{y\_1}} \cdot a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_{y\_1}} \cdot a_{LT}} = 0.957$$

$$C_{mz} := C_{mz\_0}$$

$$C_{mLT} := \max\left[C_{my}^2 \cdot \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_z}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crT}}\right)}}, 1\right] = 1$$

$$\mu_y := \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_y}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_y}}} = 0.994$$

$$\mu_z := \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_z}}}{1 - \chi_z \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_z}}} = 0.907$$

$$w_y := \min\left(1.5, \frac{W_{pl\_y}}{W_{el\_y}}\right) = 1.126$$

$$w_z := \min\left(1.5, \frac{W_{pl\_z}}{W_{el\_z}}\right) = 1.5$$

$$n_{pl} := \frac{N_{Ed}}{A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}}} = 0.061$$

$$c_{yy} := \max\left[\frac{W_{el\_y}}{W_{pl\_y}}, 1 + (w_y - 1) \cdot \left[2 - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 (\lambda_{bmax} + \lambda_{bmax}^2)\right] \cdot n_{pl} - b_{LT}\right] = 0.978$$

$$c_{zy} := \max\left[0.6 \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \cdot \frac{W_{el\_y}}{W_{pl\_y}}, 1 + (w_y - 1) \cdot \left[2 - 14 \frac{C_{my}^2 \cdot \lambda_{bmax}^2}{w_y^5}\right] \cdot n_{pl} - d_{LT}\right] = 0.895$$

$$k_{yy} := C_{my} \cdot C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_y}}} \cdot \frac{1}{c_{yy}} = 1.006$$

$$k_{zy} := C_{my} \cdot C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr\_y}}} \cdot \frac{1}{c_{zy}} \cdot 0.6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 0.522$$

#### d) Ověření pro kombinaci ohybu a osové síly

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot f_{yk} \cdot A_s}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{y\_Ed}}{f_{yk} \cdot W_{pl\_y}}}{\chi_{LT} \gamma_{M1}} = 0.983$$

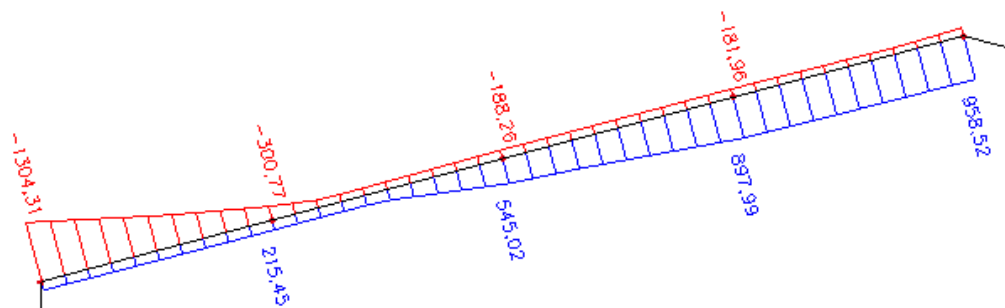
menší než 1 => ok

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot f_{yk} \cdot A_s}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{M_{y\_Ed}}{f_{yk} \cdot W_{pl\_y}}}{\chi_{LT} \gamma_{M1}} = 0.648$$

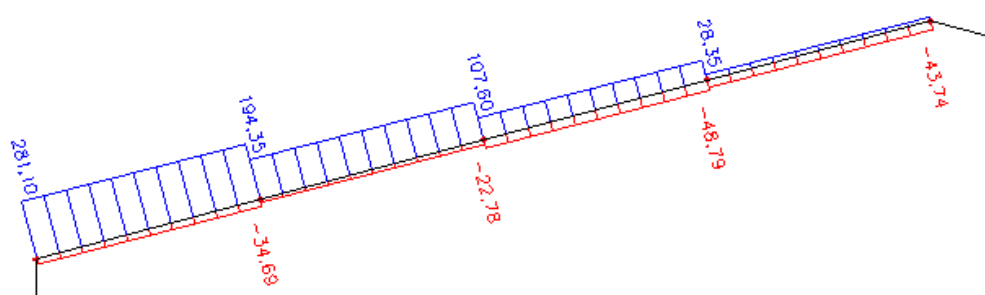
menší než 1 => ok

## Posouzení spoje sloupu a příčle rámu

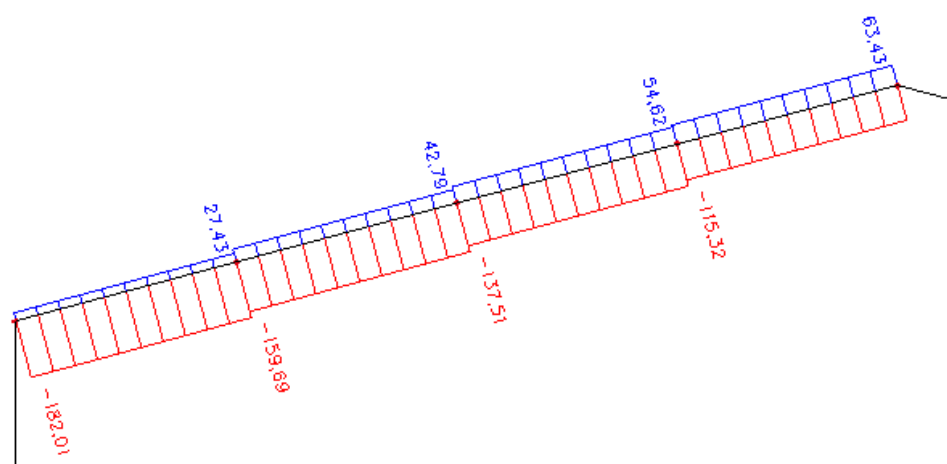
$$M_{y\_Ed} := 1304.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



$$V_{z\_Ed} := 281.40 \text{ kN}$$



$$N_{Ed} := 182.0 \text{ kN}$$



materiálové charakteristiky:

$$f_{yd} := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u := 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} := 1 \quad \gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25 \quad \gamma_{Mw} := 1.25$$

průřezové charakteristiky příčle:

$$A_s := 27000 \text{ mm}^2$$

$$z_f := 300 \text{ mm}$$

$$t_w := 15.5 \text{ mm}$$

$$A_{w\_w} := 9540 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 1710000000 \text{ mm}^4$$

$$z_w := 270 \text{ mm}$$

$$t_f := 30 \text{ mm}$$

$$W_{y\_w} := \frac{I_y}{z_w} = 6.333 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

$$W_{y\_f} := \frac{I_y}{z_f} = 5.7 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

Normálové napětí na okraji pásnice průřezu příčle:

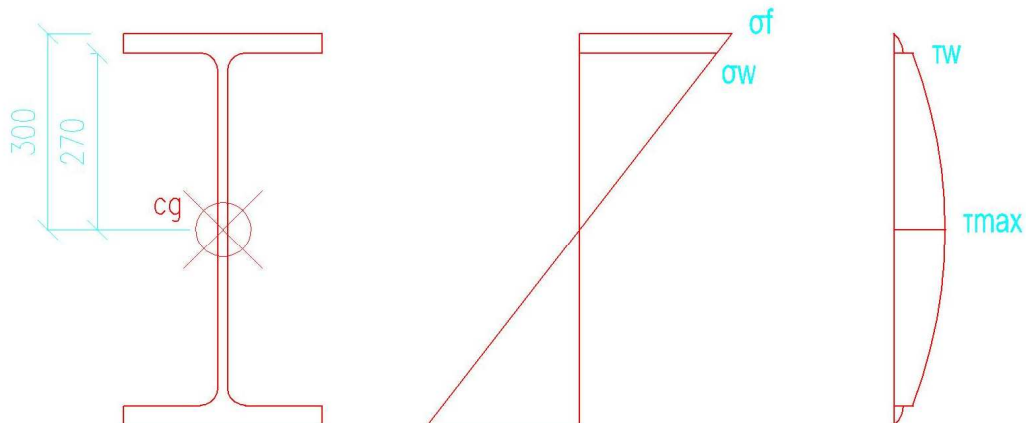
$$\sigma_f := \frac{M_{y\_Ed}}{W_{y\_f}} + \frac{N_{Ed}}{A_s} = 235.567 \text{ MPa}$$

Normálové napětí na okraji stojiny průřezu příčle:

$$\sigma_w := \frac{M_{y\_Ed}}{W_{y\_w}} + \frac{N_{Ed}}{A_s} = 212.685 \text{ MPa}$$

Smykové napětí na okraji stojiny průřezu příčle:

$$\tau_w := \frac{V_{z\_Ed}}{A_{w\_w}} = 29.497 \text{ MPa}$$



**Návrh svarů:**

Tupý svar horní pásnice:

Koutový svar stojiny:

$$a := 8 \text{ mm}$$

Koutový svar dolní pásnice:

$$a_{fd} := 18 \text{ mm}$$

### Svarový připojujíc stojinu:

vliv síly V.sd působící na 1mm délky stojiny:

$$F_{\text{rovnob\_1mm\_w}} := \tau_w \cdot t_w \cdot 1\text{mm} = 0.457\text{ kN}$$

napětí ve svarech na okraji stojiny:

$$\tau_{\text{rovnob\_w}} := \frac{F_{\text{rovnob\_1mm\_w}}}{2 \cdot a \cdot 1\text{mm}} = 28.575\text{ MPa}$$

vliv momentu M.y\_ed působící na 1mm délky stojiny:

$$F_{M\_1\text{mm\_w}} := \sigma_w \cdot t_w \cdot 1\text{mm} = 3.297\text{ kN}$$

napětí ve svarech na okraji stojiny:

$$\sigma_{M\_w} := \frac{F_{M\_1\text{mm\_w}}}{2 \cdot a \cdot 1\text{mm}} = 206.038\text{ MPa}$$

kolmé složky napětí:

$$\sigma_{\text{kolme\_w}} := \frac{\sigma_{M\_w}}{\sqrt{2}} = 145.691\text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{kolme\_w}} := \frac{\sigma_{M\_w}}{\sqrt{2}} = 145.691\text{ MPa}$$

srovnávací napětí:

$$\sigma_{\text{srov}} := \sqrt{\sigma_{\text{kolme\_w}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{kolme\_w}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{rovnob\_w}}^2} = 295.556\text{ MPa}$$

$$\beta_w := 0.8$$

$$\sigma_{\text{srov2}} := \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 360\text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{srov}} \leq \sigma_{\text{srov2}} = 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\text{kolme\_w}} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

### Svarový připojujíc horní pásnici:

posouzení tupého svaru v pásnici namáhané ohybem:

$$\gamma_{r1} := 1$$

$$M_{w\_rd} := \frac{W_{y\_f} \cdot f_{yd} \cdot \gamma_{r1}}{\gamma_{M0}} = 1.339 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y\_Ed}}{M_{w\_rd}} = 0.974 \quad \text{Vyhovuje}$$

### Svarový přípojující dolní pásnici :

vliv momentu  $M_{y\_ed}$  působící na 1mm délky pásnice:

$$F_{M\_1mm\_fd} := \sigma_w \cdot t_f \cdot 1mm = 6.381 \text{ kN}$$

napětí ve svarech na okraji stojny:

$$\sigma_{M\_fd} := \frac{F_{M\_1mm\_fd}}{2 \cdot a_{fd} \cdot 1mm} = 177.237 \text{ MPa}$$

kolmé složky napětí:

$$\sigma_{kolme\_fd} := \frac{\sigma_{M\_fd}}{\sqrt{2}} = 125.326 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolme\_fd} := \frac{\sigma_{M\_fd}}{\sqrt{2}} = 125.326 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{srov\_fd} := \sqrt{\sigma_{kolme\_fd}^2 + 3 \cdot \tau_{kolme\_fd}^2} = 250.651 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{srov\_fd} \leq \sigma_{srov2} = 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

### Posouzení stěny sloupu na smyk :

$$d_s := 570 \text{ mm}$$

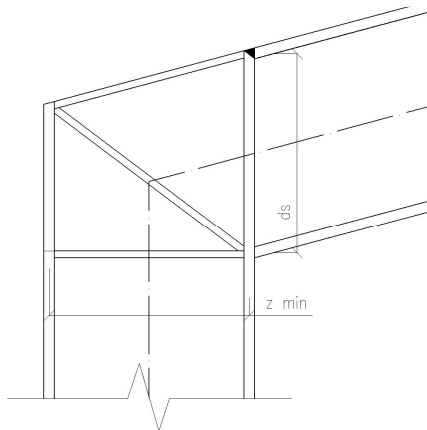
$$z_{min} := 570 \text{ mm}$$

Průřezové charakteristiky příruby sloupu:

$$A_v := 7533 \text{ mm}^2$$

$$I_f := 675000 \text{ mm}^4$$

$$z_{ff} := 15 \text{ mm}$$



$$W_{pl\_f} := \frac{I_f}{z_{ff}} = 4.5 \times 10^4 \cdot \text{mm}^3$$

$$M_{pl\_f\_rd} := W_{pl\_f} \cdot f_{yd} = 10.575 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Únosnost stěny sloupu vyztužené vodorovnými výztuhami:

$$V_{wp\_rd} := \frac{0.9 \cdot A_v \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} + 4 \cdot \frac{M_{pl\_f\_rd}}{d_s} = 994.062 \text{ kN}$$

$$V_{wp\_sd} := \frac{M_{y\_Ed}}{z_{min}} = 2.288 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$V_{wp\_sd} \leq V_{wp\_rd} = 0 \quad \text{Je třeba přidat šikmou výztuhu P20}$$

Únosnost stěny sloupu vyztužené vodorovnými výztuhami:

$$t_s := 20\text{mm}$$

$$d_{ss} := 584\text{mm}$$

$$M_{pl\_s\_rd} := t_s \cdot d_s \cdot f_{yd} \cdot d_s = 1.527 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y\_Ed}}{M_{pl\_s\_rd}} = 0.854 \quad \text{Vyhovuje}$$

Koutový svar připojující výztuhy ke stojně:

$$a_s := 7\text{mm}$$

$$l_s := 540\text{mm}$$

$$V_{ws\_sd} := \frac{M_{y\_Ed}}{d_s} = 2.288 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$\tau_{rovnob\_s} := \frac{V_{ws\_sd}}{4 \cdot a_s \cdot l_s} = 151.34 \text{MPa}$$

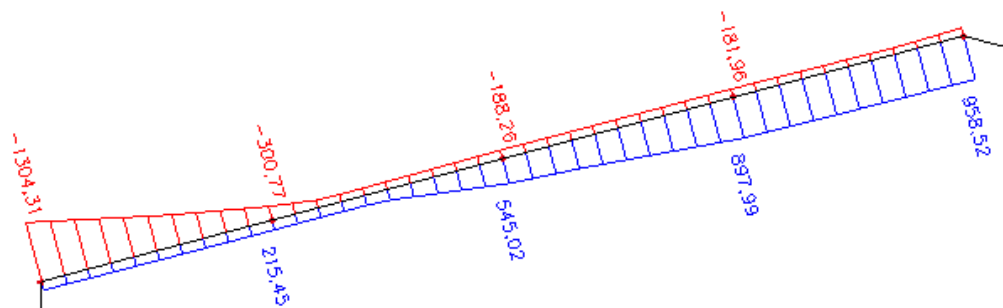
$$\sigma_{srov\_s} := \frac{f_u}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{Mw}} = 207.846 \text{MPa}$$

$$\tau_{rovnob\_s} \leq \sigma_{srov\_s} = 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

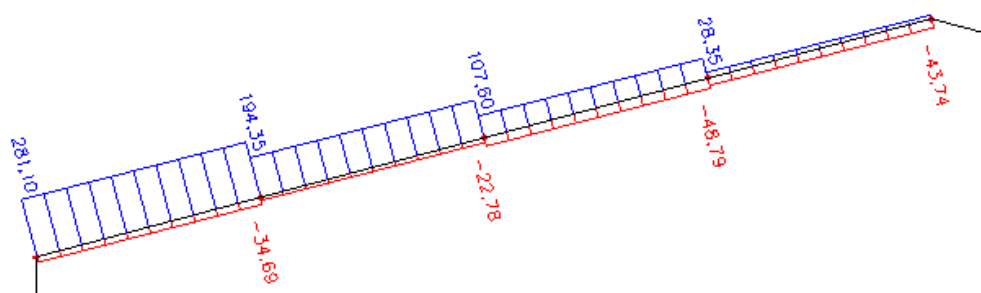
Horní výztuha je připojena tupými svary, svar není třeba zvlášť posuzovat

## Posouzení svařovaného spoje ve vrcholu rámu

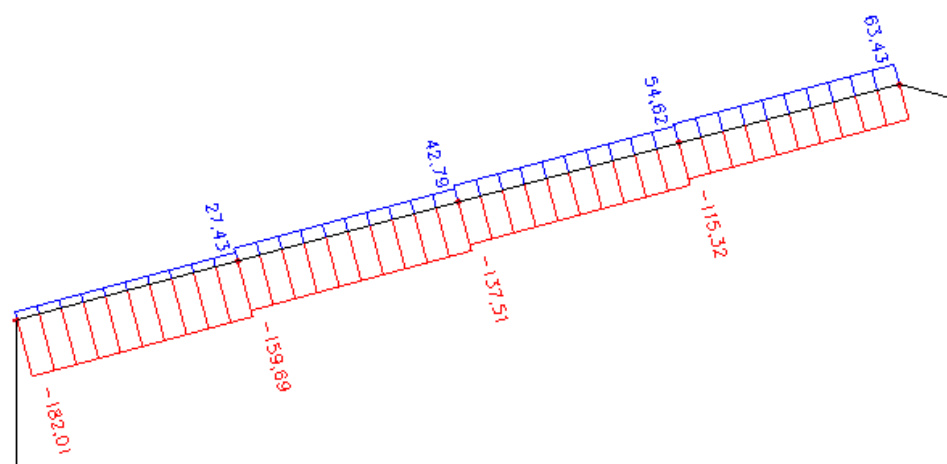
$$M_{y\_Ed} := 958.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



$$V_{z\_Ed} := 281.84 \text{ kN}$$



$$N_{Ed} := 63.43 \text{ kN}$$



materiálové charakteristiky:

$$f_{yd} := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_u := 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_{M0} := 1 \quad \gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25 \quad \gamma_{Mw} := 1.25$$



průřezové charakteristiky příčle:

$$A_s := 27000 \text{ mm}^2$$

$$z_f := 300 \text{ mm}$$

$$A_{w_w} := 9540 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 1710000000 \text{ mm}^4$$

$$z_w := 270 \text{ mm}$$

$$W_{y_w} := \frac{I_y}{z_w} = 6.333 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

$$W_{y_f} := \frac{I_y}{z_f} = 5.7 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

posouzení tupého svaru v pásnici namáhané ohybem:

$$\gamma_{r1} := 1$$

$$M_{w_{rd}} := \frac{W_{y_f} \cdot f_{yd} \cdot \gamma_{r1}}{\gamma_{M0}} = 1.339 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y_{Ed}}}{M_{w_{rd}}} = 0.716 \quad \text{Vyhovuje}$$

posouzení tupého svaru v stojiny namáhané smykovou silou:

$$\gamma_{r2} := 0.9$$

$$V_{w_{rd}} := \frac{A_{w_w} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} \cdot \gamma_{r2} = 1.345 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

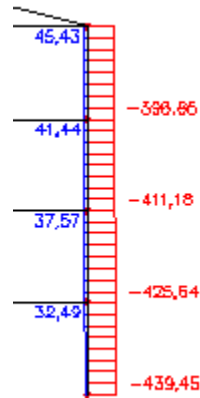
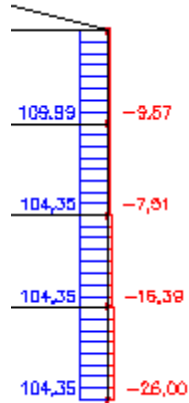
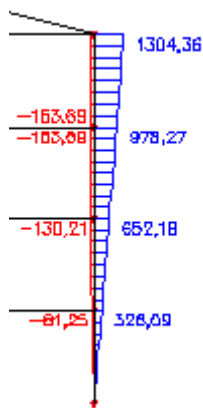
$$\frac{V_{z_{Ed}}}{V_{w_{rd}}} = 0.21 \quad \text{Vyhovuje}$$

## Posouzení uložení sloupu na betonovou patku

$$M_{y\_Ed} := 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ed} := 104.35 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := 440 \text{ kN}$$



Šroub M24 8.8:

$$d := 24 \text{ mm}$$

$$d_0 := 26 \text{ mm}$$

$$A_s := 353 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} := 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ub} := 800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

počet:  $n := 2$

$$\gamma_{M0} := 1 \quad \gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25 \quad \gamma_{Mw} := 1.25$$

$$f_u := 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

beton základové patky C 20/25:

$$f_{cd} := 14.8 \text{ MPa}$$

$$k_j := 1.5$$

$$\beta := \frac{2}{3}$$

$$f_{rdn} := k_j \cdot f_{cd} = 22.215 \text{ MPa}$$

$$f_{jd} := \beta \cdot f_{rdn} = 14.81 \text{ MPa}$$

plech pod sloupem:

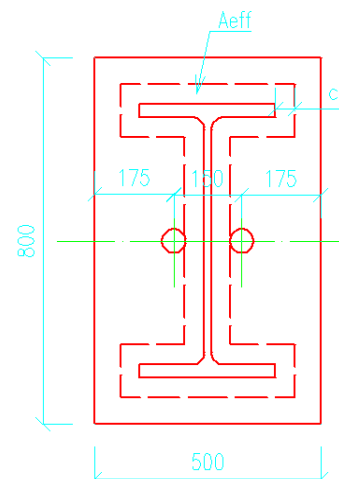
$$t := 20 \text{ mm}$$

$$f_{yd} := 235 \text{ MPa}$$

$$c_p := t \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 45.997 \text{ mm}$$

$$A_{eff} := 108565 \text{ mm}^2$$

$$N_{Ed} \leq A_{eff} \cdot f_{jd} = 1 \quad \text{ok}$$



### Vliv posouvající síly

Posouvající síla přenesená třením mezi podkladní patkou a betonem.

$$f := 0.2$$

$$V_{f\_rd} := f \cdot N_{Ed} = 88 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} \leq V_{f\_rd} = 0$$

Musí se navrhnout ukotvení

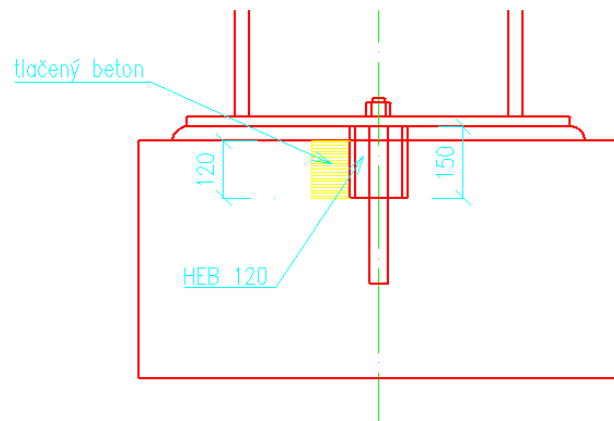
Na plech se ze spodu přivaří profil HEB 120 délky 0,15m a vloží se do patky.

$$\text{plocha tlačného betonu: } a_c := 0.12\text{m} \cdot 0.12\text{m} = 0.014\text{m}^2$$

$$V_{c\_rd} := f_{cd} \cdot a_c = 2.133 \times 10^5 \text{ N}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c\_rd}} = 0.489$$

Vyhovuje



Přivaření profilu HEB 120 k plechu.

$$A_{w\_w} := 481\text{mm}^2$$

$$a := 5\text{mm}$$

$$t_w := 6.5\text{mm}$$

$$\tau_w := \frac{V_{Ed}}{A_{w\_w}} = 216.944\text{MPa}$$

vliv síly  $V_{sd}$  působící na 1mm délky stojny:

$$F_{rovnob\_1\text{mm}_w} := \tau_w \cdot t_w \cdot 1\text{mm} = 1.41\text{kN}$$

napětí ve svarech na okraji stojny:

$$\tau_{rovnob\_w} := \frac{F_{rovnob\_1\text{mm}_w}}{2 \cdot a \cdot 1\text{mm}} = 141.014\text{MPa}$$

$$\beta_w := 0.8$$

$$\sigma_{srov2} := \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 360\text{MPa}$$

$$\tau_{rovnob\_w} \leq \sigma_{srov2} = 1$$

Vyhovuje

$$\tau_{rovnob\_w} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 1$$

Vyhovuje