


|  |   |                                |   |
|--|---|--------------------------------|---|
| Zpracoval<br><b>Jakub Pouchlý</b>  | Vedoucí bakalářské práce<br><b>doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš</b> | Školní rok<br><b>2020-2021</b> | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b>  |
| Bakalářská práce - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí              |   |                                |   |
| Název:<br><b>Návrh tribuny na fotbalovém stadionu v Jesenici u Prahy</b> |   | Datum<br><b>5/2021</b>         |   |
|  |   | Meřítko<br><b>-</b>            |   |
|  |   | Formát<br><b>-</b>             |   |
| Příloha:<br><b>STATICKÝ VÝPOČET</b>                                      |   | Číslo výkresu<br><b>B.1</b>    |   |

|  |          |
|--|----------|
| <b>1 Stálé zatížení</b>                | <b>3</b> |
| 1.1 Stálé zatížení stropů              | 3        |
| <b>2 Proměnné zatížení</b>             | <b>3</b> |
| 2.1 Užitné zatížení tribuny:           | 3        |
| 2.2 Užitné zatížení vnitřních prostor: | 3        |
| 2.3 Zatížení sněhem:                   | 3        |
| 2.4 Zatížení větrem:                   | 4        |
| 2.4.1 Střecha                          | 5        |
| 2.4.2 Svislá stěna                     | 6        |
| 2.5 Kombinace zatěžovacích stavů       | 6        |
| <b>3 Schéma konstrukce</b>             | <b>6</b> |
| <b>4 Materiálové charakteristiky</b>   | <b>7</b> |
| <b>5 Návrh a posouzení</b>             | <b>7</b> |
| 5.1 Stropní deska                      | 7        |
| 5.1.1 MSÚ – montážní stádium           | 7        |
| 5.1.2 MSP – montážní stádium           | 8        |
| 5.2 Střešní plášť                      | 8        |
| 5.3 Stěnový panel                      | 9        |
| 5.4 Svařovaný plech tribuny            | 9        |
| 5.5 Stropnice S1                       | 10       |
| 5.5.1 Zatřídění průřezu                | 10       |
| 5.5.2 MSÚ                              | 10       |
| 5.5.3 MSP                              | 10       |
| 5.6 Stropnice S2                       | 11       |
| 5.6.1 Zatřídění průřezu                | 11       |
| 5.6.2 MSÚ                              | 11       |
| 5.6.3 MSP                              | 11       |
| 5.7 Stropnice S3                       | 12       |
| 5.7.1 Zatřídění průřezu                | 12       |
| 5.7.2 MSÚ                              | 12       |
| 5.7.3 MSP                              | 12       |
| 5.8 Vaznice V1                         | 13       |
| 5.8.1 Zatížení                         | 13       |
| 5.8.2 Zatřídění průřezu                | 13       |
| 5.8.3 MSÚ                              | 13       |
| 5.8.4 MSP                              | 14       |
| 5.9 Vaznice V2                         | 14       |
| 5.9.1 Zatížení                         | 14       |
| 5.9.2 MSÚ                              | 15       |
| 5.9.3 MSP                              | 16       |
| 5.10 Nosník N1                         | 16       |
| 5.10.1 Zatřídění průřezu               | 16       |
| 5.10.2 MSÚ                             | 16       |
| 5.10.3 MSP                             | 17       |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5.11 Nosník N2</b>                            | <b>17</b> |
| 5.11.1 Zatřídění průřezu                         | 17        |
| 5.11.2 MSÚ                                       | 17        |
| 5.11.3 MSP                                       | 18        |
| <b>5.12 Průvlak P1</b>                           | <b>18</b> |
| 5.12.1 Zatřídění průřezu                         | 18        |
| 5.12.2 MSÚ                                       | 18        |
| 5.12.3 MSP                                       | 19        |
| <b>5.13 Průvlak P2</b>                           | <b>19</b> |
| 5.13.1 Zatřídění průřezu                         | 19        |
| 5.13.2 MSÚ                                       | 19        |
| 5.13.3 MSP                                       | 20        |
| <b>5.14 Příčel – rámový roh</b>                  | <b>20</b> |
| 5.14.1 Zatřídění průřezu                         | 20        |
| 5.14.2 MSÚ                                       | 20        |
| 5.14.3 MSP                                       | 21        |
| <b>5.15 Příčel – polovina rozpětí</b>            | <b>21</b> |
| 5.15.1 MSÚ                                       | 21        |
| 5.15.2 MSP                                       | 22        |
| <b>5.16 Nosník N3</b>                            | <b>22</b> |
| 5.16.1 Zatřídění průřezu                         | 22        |
| 5.16.2 MSÚ                                       | 22        |
| 5.16.3 MSP                                       | 25        |
| <b>5.17 Sloup S1</b>                             | <b>25</b> |
| 5.17.1 Zatřídění průřezu                         | 25        |
| 5.17.2 MSÚ                                       | 26        |
| 5.17.3 MSP                                       | 28        |
| <b>5.18 Sloup S2</b>                             | <b>28</b> |
| 5.18.1 Zatřídění průřezu                         | 28        |
| 5.18.2 MSÚ                                       | 28        |
| 5.18.3 MSP                                       | 31        |
| <b>5.19 Patka sloupu S1</b>                      | <b>31</b> |
| <b>5.20 Patka sloupu S2</b>                      | <b>33</b> |
| <b>5.21 Patka nosníku N3</b>                     | <b>37</b> |
| <b>5.22 Šroubovaný přípoj příčle a sloupu S1</b> | <b>42</b> |
| 5.22.1 Návrh svarů                               | 42        |
| 5.22.2 Náhradní T profil                         | 42        |
| 5.22.3 Tahová únosnost 1. řady šroubů            | 43        |
| 5.22.4 Tahová únosnost 2. řady šroubů            | 45        |
| 5.22.5 Tahová únosnost 3. a 4. řady šroubů       | 47        |
| 5.22.6 Únosnost tlačené oblasti                  | 49        |
| 5.22.7 Panel sloupu ve smyku                     | 50        |
| 5.22.8 Rozdělení sil a momentová únosnost        | 50        |
| <b>5.23 Ztužení</b>                              | <b>50</b> |
| <b>6 Seznam použité literatury</b>               | <b>51</b> |
| <b>7 Seznam obrázků</b>                          | <b>52</b> |
| <b>8 Seznam tabulek</b>                          | <b>52</b> |

# 1 Stálé zatížení

## 1.1 Stálé zatížení stropů

- Trapézový plech TR 50/250/0,75:  $g_k = 0,1 \text{ kN/m}^2$
- Betonová deska ( $\gamma_c = 26 \text{ kN/m}^3$ ):

$$g_k = 26 \cdot \left( 70 + 50 \cdot \frac{54 + 30,5}{250} \right) \cdot 10^{-3} = 2,26 \text{ kN/m}^2$$

# 2 Proměnné zatížení

## 2.1 Užité zatížení tribuny:

- Užité kategorie: Kategorie C5
- Užité zatížení:  $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$
- Užité zatížení schodiště:  $q_k = 7,0 \text{ kN/m}^2$
- Užité liniové zatížení od zábradlí:  $q_k = 3,0 \text{ kN/m}$

## 2.2 Užité zatížení vnitřních prostor:

- Šatny, koupelny, toalety, bufet
  - Užité kategorie: Kategorie A
  - Užité zatížení:  $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Skladovací plochy
  - Užité kategorie: Kategorie E1
  - Užité zatížení:  $q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$
- Přemístitelné příčky
  - Užité zatížení:  $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$

## 2.3 Zatížení sněhem:

- Místo: Jesenice u Prahy
- Sněhová oblast: I. Sněhová oblast
- Charakteristická hodnota:  $S_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$
- Tvarový součinitel:  $\mu_i = 0,8$  (plochá střecha  $0^\circ < \alpha < 30^\circ$ )
- Součinitel expozice:  $C_e = 1,0$  (normální oblast)
- Tepelný součinitel:  $C_t = 1,0$

### **Charakteristická hodnota zatížení sněhem:**

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

→ konzervativně uvažováno hodnotou užitého zatížení pro nepochozí střechy →  $q_s = 0,75 \text{ kN/m}^2$

## 2.4 Zatížení větrem:

- Místo: Jesenice u Prahy
- Větrná oblast: II. Větrná oblast
- Výchozí základní rychlost větru:  $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
- Součinitel směru větru:  $c_{dir} = 1,0$
- Součinitel ročního období:  $c_{season} = 1,0$

### Základní rychlost větru ve výšce 10 metrů nad terénem:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

- Kategorie terénu: III. Kategorie
- Délka nerovnosti:  $z_0 = 0,3 \text{ m}$
- Minimální výška:  $z_{min} = 5 \text{ m}$
- Délka nerovnosti II. kategorie:  $z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$
- Součinitel orografie:  $c_0(z) = 1,0$
- Výška přístřešku:  $z = 11,15 \text{ m}$

Tabulka 1 Kategorie terénu a parametry terénu (zdroj: [5])

*Kategorie terénu a parametry terénu*

| Kategorie terénu   | $z_0$ [m] | $z_{min}$ [m] |
|--|-----------|---------------|
| 0- moře a přímořské oblasti  | 0,003     | 1             |
| I – jezera nebo vodorovná plocha krajina bez překážek                      | 0,01      | 1             |
| II – krajina s nízkou vegetací, jako je tráva nebo izolované překážky      | 0,05      | 2             |
| III – oblast pravidelně pokrytá vegetací, budovami nebo překážkami         | 0,3       | 5             |
| IV – alespoň 15% povrchu je pokryto budovami, průměrná výška přesahuje 15m | 1         | 10            |

### Součinitel terénu:

$$k_r = 0,19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left( \frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,21539$$

### Součinitel nerovnosti terénu:

- pro  $z > z_{min}$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,215 \cdot \ln \left( \frac{11,15}{0,3} \right) = 0,777$$

### Střední rychlost větru:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,777 \cdot 1,0 \cdot 25 = 19,43 \text{ m/s}$$

- Součinitel turbulence:  $k_t = 1,0$

### Intenzita turbulence:

- pro  $z_{min} < z < z_{max}$

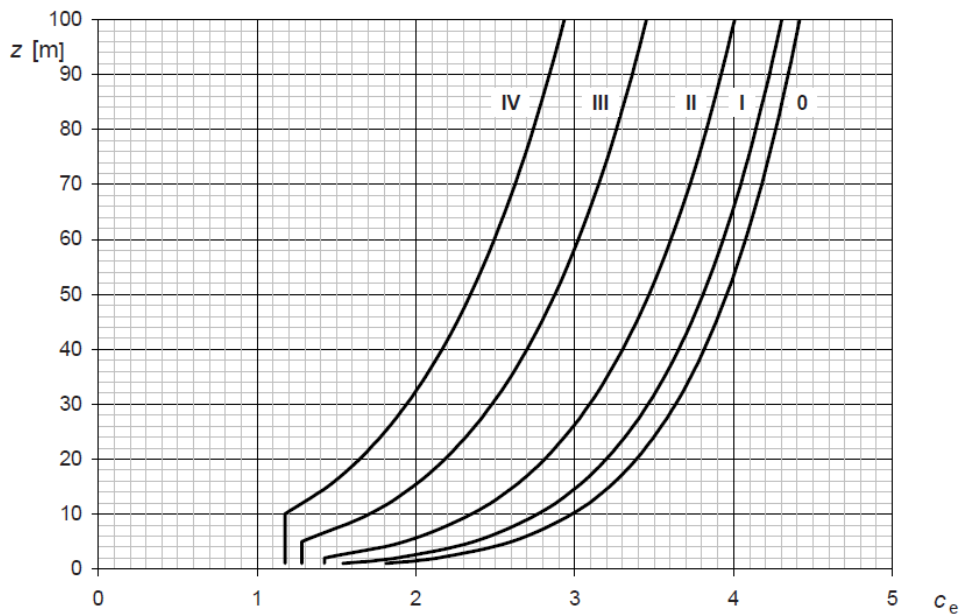
$$I_v(z) = \frac{k_t}{c_0(z) \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln \left( \frac{11,15}{0,3} \right)} = 0,28$$

- Měrná hmotnost vzduchu:  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3 = 0,0125 \text{ kN/m}^3$

### Základní dynamický tlak větru:

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2(z) = 0,5 \cdot 0,0125 \cdot 25^2 \cdot 10^{-3} = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

- Součinitel expozice:  $c_e(z) = 1,81$



Obrázek 1 Součinitele expozice  $c_e(z)$  pro  $c_0 = 1,0$  a  $k_t = 1,0$  (zdroj: [5])

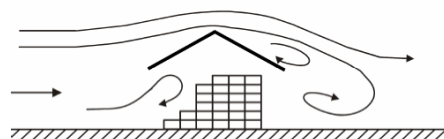
### Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b = 1,81 \cdot 0,39 = 0,66 \text{ kN/m}^2$$

#### 2.4.1 Střecha

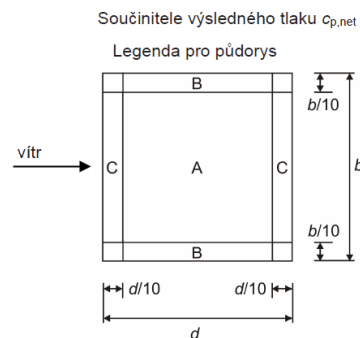
Tabulka 2 Hodnoty součinitelů  $c_{p,net}$  a  $c_r$  pro pultové přístřešky (zdroj: [5])

| Součinitel výsledného tlaku $c_{p,net}$ pro pultový přístřešek |                              |                               |          |          |          |
|--|------------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
| Úhel sklonu střechy $\alpha$                                   | Součinitel plnosti $\varphi$ | Součinitel celkové síly $c_r$ | Oblast A | Oblast B | Oblast C |
| 15°  | Maximum všech $\varphi$      | + 0,7                         | + 1,4    | + 2,7    | + 1,8    |
|  | Minimum $\varphi = 1$        | - 1,4                         | - 1,6    | - 2,9    | - 3,0    |



Přístřešky uzavřené na závětrné straně uloženým zbožím ( $\varphi = 1$ )

Obrázek 2 Proudění vzduchu kolem přístřešků (zdroj: [5])



Obrázek 3 Hodnoty součinitelů  $c_{p,net}$  a  $c_r$  pro pultové přístřešky (zdroj: [5])

**Tlak větru:**

$$w = q_p(z) \cdot c_{p,net}$$

Tabulka 3 Tabulka výpočtů tlaků větru na jednotlivé oblasti

| Součinitel plnosti $\rho$ | w (kN/m <sup>2</sup> ) |          |          |
|---------------------------|------------------------|----------|----------|
|                           | Oblast A               | Oblast B | Oblast C |
| Maximum všech $\varphi$   | 0,92                   | 1,78     | 1,19     |
| Minimum $\varphi = 1$     | -1,06                  | -1,92    | -1,98    |

**2.4.2 Svislá stěna**

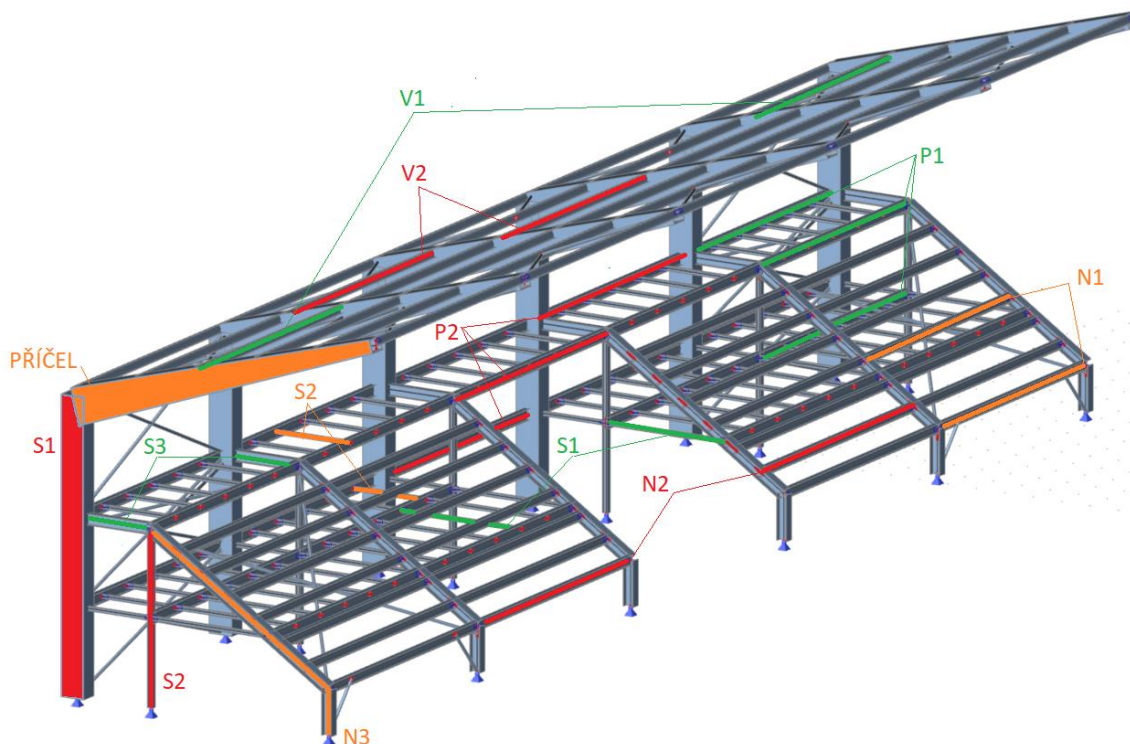
- $C_{p,net} = -1,2$

**Tlak větru:**

$$w = q_p(z) \cdot c_{p,net} = 0,66 \cdot (-1,2) = 0,79 \text{ kN/m}^2$$

**2.5 Kombinace zatěžovacích stavů**

- KZS 1 – Stálé + užitné + sníh +  $\Psi_0 \cdot$  vítr tlak ( $\Psi_0 = 0,6$ )
- KZS 2 – Stálé + užitné + vítr tlak +  $\Psi_0 \cdot$  sníh ( $\Psi_0 = 0,5$ )
- KZS 3 – Stálé min. + vítr sání

**3 Schéma konstrukce**

Obrázek 4 Schéma konstrukce s popisy prvků

## 4 Materiálové charakteristiky

- Ocel S355J2
  - $E = 210 \text{ GPa}$
  - $G = 81 \text{ GPa}$
  - $f_y = 355 \text{ MPa}$
  - $f_u = 510 \text{ MPa}$

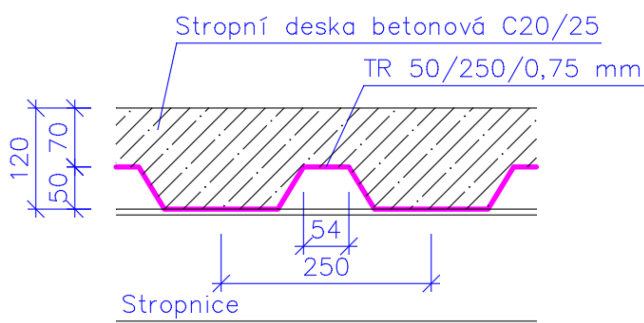
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

- Beton C 20/25
  - $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

## 5 Návrh a posouzení

### 5.1 Stropní deska

- Stropní deska bude zhotovena z trapézového plechu a betonové desky
- Návrh trapézového plechu: TR 50/250/0,75 mm z oceli S320 GD
  - Dodavatel Kovové profily, spol. s r.o.
  - Pozitivní kladení
  - Hmotnost:  $m = 7,5 \text{ kg/m}^2$
- Spřažení stropní desky pomocí spřahovacích trnů



Obrázek 5 Schéma stropní desky

#### 5.1.1 MSÚ – montážní stádium

- Zatížení:

Tabulka 4 Zatížení stropní konstrukce v montážním stádiu

| Typ      | Zatížení        | Výpočet plošného zat. (kN/m <sup>2</sup> )    | Char. zat (kN/m <sup>2</sup> ) | Souč. zat. | Návrh. zat. (kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------|-----------------|---|--------------------------------|------------|----------------------------------|
| Stálé    | Betonová deska  | $26 \cdot [70 + 50 \cdot (54 + 30,5)] / 0,25$ | 2,26                           | 1,35       | 3,05                             |
|          | Trapézový plech |   | 0,075                          |            | 0,10                             |
|          | <b>Celkem</b>   |   | $g_k = 2,34$                   |            | $g_d = 3,15$                     |
| Proměnné | Zvětšené        |   | $q_k = 1,5$                    | 1,5        | $q_d = 2,25$                     |
|          | <b>CELKEM</b>   |   |                                |            | $q_{celk} = 5,40$                |



- Bezpečné zjednodušení → zvětšené proměnné zatížení po celé délce nosníku
- Trapézový plech je navržen jako spojitý nosník o třech polích

### Tabulková únosnost výrobce pro délku pole $L = 1,5$ m:

$$q_{Rd} = 8,31 \text{ kN/m}^2 \geq 5,40 \text{ kN/m}^2 = q_{celk} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### 5.1.2 MSP – montážní stádium

- Průřezové charakteristiky:
  - $I_{y,eff} = 212 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4$
- Ohybový moment v podpoře:

$$M_{b,k} = -\frac{1}{10} \cdot g_k \cdot L^2 = -\frac{1}{10} \cdot 2,34 \cdot 1,5^2 = -0,53 \text{ kNm/m}$$

- Průhyb:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{1}{E \cdot I_{y,eff}} \cdot \left( \frac{5}{384} \cdot g_k \cdot L^4 + \frac{1}{16} \cdot M_{b,k} \cdot L^2 \right) \\ &= \frac{1000}{210 \cdot 0,212} \cdot \left( \frac{5}{384} \cdot 2,34 \cdot 1,5^4 - \frac{1}{16} \cdot 0,53 \cdot 1,5^2 \right) = 1,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{1500}{200} = 7,5 \text{ mm} \geq 1,8 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\delta_1 = \frac{t_{deska}}{10} = \frac{50}{10} = 5,0 \text{ mm} > 1,8 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{není třeba uvažovat rybníkový efekt}$$

## 5.2 Střešní plášť

- Střešní plášť bude zhotoven ze sendvičových panelů
- Návrh sendvičového panelu: Kingspan KS1000 FF 150
  - Dodavatel Kingspan a.s.
  - Tloušťka plechu:  $t = 0,5$  mm
  - Tloušťka panelu:  $d = 150$  mm
  - Hmotnost:  $m = 26,82$  kg/m<sup>2</sup>
- Připevnění střešních panelů pomocí samozávrtných šroubů

## MSÚ

- Rozpon vaznic:  $L = 2,1$  m, spojitý nosník o pěti polích
- Zatížení:

Tabulka 5 Charakteristické zatížení střešního panelu

| Typ           | Zatížení         | Char. zat (kN/m <sup>2</sup> ) |
|---------------|------------------|--------------------------------|
| Stálé         | Sendvičový panel | $g_k = 0,27$                   |
| Proměnné      | Vítr tlak        | $q_k = 1,78$                   |
| <b>CELKEM</b> |                  | $q_{k,tlak} = 2,05$            |
| Stálé         | Sendvičový panel | $g_k = 0,27$                   |
| Proměnné      | Vítr sání        | $q_k = -1,98$                  |
| <b>CELKEM</b> |                  | $q_{k,sání} = -1,71$           |

- Maximální charakteristické zatížení pro rozpon  $L = 2,0 \text{ m}$ :
  - Tlak:
 
$$q_{Rk} = 2,17 \text{ kN/m}^2 \geq 2,05 \text{ kN/m}^2 = q_{k,tlak} \rightarrow \text{vyhovuje}$$
  - Sání:
 
$$q_{Rk} = 2,33 \text{ kN/m}^2 \geq 1,71 \text{ kN/m}^2 = q_{k,sání} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.3 Stěnový panel

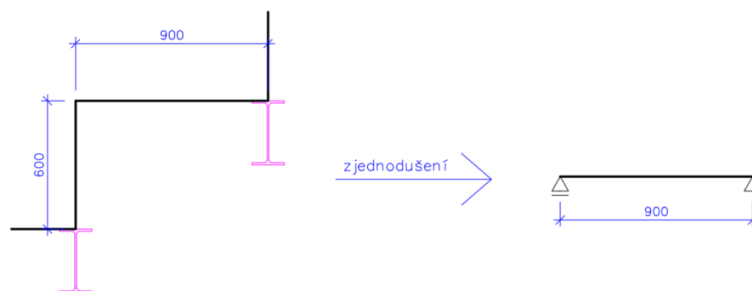
- Návrh stěnového panelu: Kingspan KS1150 NF 80
  - Dodavatel Kingspan a.s.
- Připevnění stěnového panelu pomocí samozávrtných šroubů

### MSÚ

- Maximální rozpon:  $L = 3,9 \text{ m}$
- Spojitý nosník o 3 polích
- Zatížení větrem:  $q_k = 0,79 \text{ kN/m}^2$
- Maximální délka pro  $q_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$ :

$$L_{max} = 4,24 \text{ m} > 3,9 \text{ m} = L \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.4 Svařovaný plech tribuny



Obrázek 6 Schéma zjednodušení svařovaného plechu pro výpočet tloušťky plechu

- Zatížení prostého nosníku na metr běžný:  $q_k = 5 \text{ kN/m} \rightarrow q_d = 7,5 \text{ kN/m}$

### MSP

- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{900}{200} = 4,5 \text{ mm}$$

- Návrh tloušťky plechu:

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k}{E \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot t^3} \leq \delta_{lim}$$

$$t \geq \sqrt[3]{\frac{\frac{5}{384} \cdot \frac{q_k}{E \cdot \frac{1}{12} \cdot b}}{\delta_{lim}}} = \sqrt[3]{\frac{\frac{5}{384} \cdot \frac{5}{210 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1}}{4,5 \cdot 10^{-3}}} = 9,4 \cdot 10^{-3} \text{ m} \rightarrow \text{Návrh: } t = 10 \text{ mm}$$

## 5.5 Stropnice S1

- Kloubově připojena pomocí přivařených žiletek k pásnici sloupu S2 a stojině průvlaku P1/P2, resp. ke stojinám průvlaků P1/P2, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

### 5.5.1 Zatřídění průřezu

- Průřez: IPE 140
- Tabulková hodnota pro čistý ohyb: Třída 1

### 5.5.2 MSÚ

- Průřez IPE 140
  - $W_{pl,y} = 88,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 662,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Délka stropnice:  $L = 4,217 \text{ m}$

### Čistý ohyb

- Klopení je zamezeno stropní deskou
- Maximální ohybový moment:  $M_{Ed} = 10,78 \text{ kNm}$
- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{88,3 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{1,0} = 31,34 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 31,34 \text{ kNm} \geq 10,78 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Čistý smyk

- Maximální posouvací síla:  $V_{Ed} = 10,44 \text{ kNm}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{662,5 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 135,78 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 135,78 \text{ kN} \geq 10,44 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Kombinace smyku a ohybu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{10,44}{135,78} \cdot 100 = 7,7 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

### 5.5.3 MSP

#### Průhyb

- Skutečný průhyb:  $\delta = 13,1 \text{ mm}$
- Délka stropnice:  $L = 4,217 \text{ m}$
- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{4217}{250} = 16,87 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 16,87 \text{ mm} \geq 13,1 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 5.6 Stropnice S2

- Kloubově připojena pomocí přivařených žiletek k pásnici sloupu S1 a pásnici sloupu S2, resp. ke stojinám průvlaků P1/P2, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

### 5.6.1 Zatřídění průřezu

- Průřez: IPE 140
- Tabulková hodnota pro čistý ohyb: Třída 1

### 5.6.2 MSÚ

- Průřez IPE 140
  - $W_{pl,y} = 88,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 662,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Délka stropnice:  $L = 2,6 \text{ m}$

### Čistý ohyb

- Klopení je zamezeno stropní deskou
- Maximální ohybový moment:  $M_{Ed} = 13,69 \text{ kNm}$
- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{88,3 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{1,0} = 31,34 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 31,34 \text{ kNm} \geq 13,69 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Čistý smyk

- Maximální posouvací síla:  $V_{Ed} = 21,06 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{662,5 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 135,78 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 135,78 \text{ kN} \geq 21,06 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Kombinace smyku a ohybu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{21,06}{135,78} \cdot 100 = 15,5 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

### 5.6.3 MSP

### Průhyb

- Skutečný průhyb:  $\delta = 6,0 \text{ mm}$
- Délka stropnice:  $L = 2,6 \text{ m}$
- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{2600}{250} = 10,4 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 10,4 \text{ mm} \geq 6,0 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 5.7 Stropnice S3

- Kloubově připojena pomocí přivařených žiletek k pásnici sloupu S1 a stojině nosníku N3, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

### 5.7.1 Zatřídění průřezu

- Průřez: IPE 360
- Tabulková hodnota pro čistý ohyb: Třída 1

### 5.7.2 MSÚ

- Průřez IPE 360
  - $W_{pl,y} = 1\,019,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 2\,945,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Délka stropnice:  $L = 2,6 \text{ m}$

#### Čistý ohyb

- Klopení je zamezeno stropní deskou
- Maximální ohybový moment:  $M_{Ed} = 14,18 \text{ kNm}$
- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1019,0 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{1,0} = 361,75 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 361,75 \text{ kNm} \geq 14,18 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### Čistý smyk

- Maximální posouvací síla:  $V_{Ed} = 21,82 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2945,7 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 603,75 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 603,75 \text{ kN} \geq 21,82 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### Kombinace smyku a ohybu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{21,82}{603,75} \cdot 100 = 3,6 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

### 5.7.3 MSP

#### Průhyb

- Skutečný průhyb:  $\delta = 0,2 \text{ mm}$
- Délka stropnice:  $L = 2,6 \text{ m}$
- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{2600}{250} = 10,4 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 10,4 \text{ mm} \geq 0,2 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 5.8 Vaznice V1

- Kloubově připojena pomocí přivařených žiletek ke stojinám příclí, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

### 5.8.1 Zatížení

- Zatěžovací šířka:  $B = 2,2 \text{ m}$
- Průřez IPE 270
  - $I_y = 57,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
  - $g = 36,1 \text{ kg/m} \rightarrow g_k = 0,36 \text{ kN/m}$
- Sendvičový panel
  - $g_k = 0,27 \text{ kN/m}^2$
- Užité
  - $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$
- Charakteristické liniové zatížení:

$$f_k = 0,36 + 2,2 \cdot (0,27 + 0,75) = 2,61 \text{ kN/m}$$

- Návrhové liniové zatížení:

$$f_d = 1,35 \cdot (0,36 + 2,2 \cdot 0,27) + 1,5 \cdot 2,2 \cdot 0,75 = 3,76 \text{ kN/m}$$

### 5.8.2 Zatřídění průřezu

- Průřez: IPE 270
- Tabulková hodnota pro čistý ohyb: Třída 1

### 5.8.3 MSÚ

- Průřez IPE 270
  - $W_{pl,y} = 484,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 1\,826,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Délka vaznice:  $L = 8,7 \text{ m}$

### Čistý ohyb

- Klopení je zamezeno trapézovým plechem
- Maximální ohybový moment:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f_d \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,76 \cdot 8,7^2 = 35,57 \text{ kNm}$$

- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{484 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{1,0} = 171,82 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 171,82 \text{ kNm} \geq 35,57 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Čistý smyk

- Maximální posouvací síla:

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot f_d \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 3,76 \cdot 8,7 = 16,36 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1826,5 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 374,36 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 374,36 \text{ kN} \geq 16,36 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Kombinace smyku a ohybu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{16,36}{374,36} \cdot 100 = 4,4 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

### 5.8.4 MSP

#### Průhyb

- Délka vaznice:  $L = 8,7 \text{ m}$
- Skutečný průhyb:

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot L^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,61 \cdot 8,7^4}{210 \cdot 57,9} \cdot 1000 = 16,0 \text{ mm}$$

- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{400} = \frac{8700}{400} = 21,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 21,8 \text{ mm} \geq 16,0 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 5.9 Vaznice V2

- Kloubově připojena pomocí přivařených žiletek ke stojinám příčlím, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

### 5.9.1 Zatížení

- Zatěžovací šířka:  $B = 2,2 \text{ m}$
- Průřez IPE 270
  - $I_y = 57,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
  - $g = 36,1 \text{ kg/m} \rightarrow g_k = 0,36 \text{ kN/m}$
- Sendvičový paneř
  - $g_k = 0,27 \text{ kN/m}^2$
- Užitné
  - $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

- Charakteristické liniové zatížení:

$$f_k = 0,36 + 2,2 \cdot (0,27 + 0,75) = 2,61 \text{ kN/m}$$

- Návrhové liniové zatížení:

$$f_d = 1,35 \cdot (0,36 + 2,2 \cdot 0,27) + 1,5 \cdot 2,2 \cdot 0,75 = 3,76 \text{ kN/m}$$

### Zatřídění průřezu

- Průřez: IPE 270
- Tabulková hodnota pro čistý ohyb: Třída 1

#### 5.9.2 MSÚ

- Průřez IPE 270
  - $W_{pl,y} = 484,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 1826,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Délka vaznice:  $L = 9,0 \text{ m}$

### Čistý ohyb

- Klopení je zamezeno trapézovým plechem
- Maximální ohybový moment:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f_d \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,76 \cdot 9,0^2 = 38,07 \text{ kNm}$$

- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{484 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{1,0} = 171,82 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 171,82 \text{ kNm} \geq 38,07 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Čistý smyk

- Maximální posouvací síla:

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot f_d \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 3,76 \cdot 9,0 = 16,92 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1826,5 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 374,36 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 374,36 \text{ kN} \geq 16,92 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Kombinace smyku a ohybu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{16,92}{375,36} \cdot 100 = 4,5 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu



### 5.9.3 MSP

#### Průhyb

- Délka vaznice:  $L = 9,0 \text{ m}$
- Skutečný průhyb:

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot L^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,61 \cdot 9,0^4}{210 \cdot 57,9} \cdot 1000 = 18,3 \text{ mm}$$

- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{400} = \frac{9000}{400} = 22,5 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 22,5 \text{ mm} \geq 18,3 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.10 Nosník N1

- Kloubově připojen pomocí přivařených žiletek ke stojinám nosníků N3, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

#### 5.10.1 Zatřídění průřezu

- Průřez IPE 300
- Tabulková hodnota pro čistý ohyb: Třída 1

#### 5.10.2 MSÚ

- Průřez IPE 300
  - $W_{pl,y} = 628,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 2\,177,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Délka nosníku:  $L = 8,7 \text{ m}$

#### Čistý ohyb

- Klopení je zamezeno trapézovým plechem
- Maximální ohybový moment:  $M_{Ed} = 76,60 \text{ kNm}$
- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{628,0 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{1,0} = 222,94 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 222,94 \text{ kNm} \geq 76,60 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### Čistý smyk

- Maximální posouvací síla:  $V_{Ed} = 34,02 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2177,5 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 446,30 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 446,30 \text{ kN} \geq 34,02 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Kombinace smyku a ohybu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{34,02}{446,30} \cdot 100 = 7,6 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

#### 5.10.3 MSP

#### Průhyb

- Skutečný průhyb:  $\delta = 23,2 \text{ mm}$
- Délka nosníku:  $L = 8,7 \text{ m}$
- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{8700}{250} = 34,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 34,8 \text{ mm} \geq 23,2 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.11 Nosník N2

- Kloubově připojen pomocí přivařených žiletek ke stojinám nosníků N3, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

#### 5.11.1 Zatřídění průřezu

- Průřez: IPE 300
- Tabulková hodnota pro čistý ohyb: Třída 1

#### 5.11.2 MSÚ

- Průřez IPE 300
  - $W_{pl,y} = 628,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 2\,177,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Délka nosníku:  $L = 9,0 \text{ m}$

#### Čistý ohyb

- Klopení je zamezeno trapézovým plechem
- Maximální ohybový moment:  $M_{Ed} = 78,67 \text{ kNm}$
- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{628,0 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{1,0} = 222,94 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 222,94 \text{ kNm} \geq 78,67 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### Čistý smyk

- Maximální posouvací síla:  $V_{Ed} = 35,98 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2177,5 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 446,30 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 446,30 \text{ kN} \geq 35,98 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Kombinace smyku a ohybu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{35,98}{446,30} \cdot 100 = 8,1 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

#### 5.11.3 MSP

#### Průhyb

- Skutečný průhyb:  $\delta = 25,8 \text{ mm}$
- Délka nosníku:  $L = 9,0 \text{ m}$
- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{9000}{250} = 36,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 36,0 \text{ mm} \geq 25,8 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.12 Průvlak P1

- Kloubově připojen pomocí přivařených žiletek ke stojinám stropnic S3, resp. ke stojinám sloupů S1, resp. ke stojinám sloupů S2, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

#### 5.12.1 Zatřídění průřezu

- Průřez: IPE 360
- Tabulková hodnota pro čistý ohyb: Třída 1

#### 5.12.2 MSÚ

- Průřez IPE 360
  - $W_{pl,y} = 1\,019,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 2\,945,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Délka průvlaku:  $L = 8,7 \text{ m}$

#### Čistý ohyb

- Klopení je zamezeno trapézovým plechem
- Maximální ohybový moment:  $M_{Ed} = 159,80 \text{ kNm}$
- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1\,019,0 \cdot 10^{-6} \cdot 355\,000}{1,0} = 361,75 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 361,75 \text{ kNm} \geq 159,80 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### Čistý smyk

- Maximální posouvací síla:  $V_{Ed} = 61,78 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2\,945,7 \cdot 10^{-6} \cdot 355\,000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 603,75 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 603,75 \text{ kN} \geq 61,78 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Kombinace smyku a ohybu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{61,78}{603,75} \cdot 100 = 10,2 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

#### 5.12.3 MSP

#### Průhyb

- Skutečný průhyb:  $\delta = 26,4 \text{ mm}$
- Délka průvlastu:  $L = 8,7 \text{ m}$
- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{8700}{250} = 34,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 34,8 \text{ mm} \geq 26,4 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.13 Průvlak P2

- Kloubově připojen pomocí přivařených žiletek ke stojinám stropnic S3, resp. ke stojinám sloupů S1, resp. ke stojinám sloupů S2, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

#### 5.13.1 Zatřídění průřezu

- Průřez IPE 360
- Tabulková hodnota pro čistý ohyb: Třída 1

#### 5.13.2 MSÚ

- Průřez IPE 360
  - $W_{pl,y} = 1\,019,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 2\,945,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Délka průvlastu:  $L = 9,0 \text{ m}$

#### Čistý ohyb

- Klopení je zamezeno trapézovým plechem
- Maximální ohybový moment:  $M_{Ed} = 170,87 \text{ kNm}$
- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1\,019,0 \cdot 10^{-6} \cdot 355\,000}{1,0} = 361,75 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 361,75 \text{ kNm} \geq 170,87 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### Čistý smyk

- Maximální posouvací síla:  $V_{Ed} = 63,86 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2\,945,7 \cdot 10^{-6} \cdot 355\,000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 603,75 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 603,75 \text{ kN} \geq 63,86 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Kombinace smyku a ohybu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{63,86}{603,75} \cdot 100 = 10,6 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

#### 5.13.3 MSP

#### Průhyb

- Skutečný průhyb:  $\delta = 30,2 \text{ mm}$
- Délka průvlastku:  $L = 9,0 \text{ m}$
- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{9000}{250} = 36,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 36,0 \text{ mm} \geq 30,2 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.14 Příčel – rámový roh

- Vetknuta pomocí čelní desky k pásnici sloupu S1, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

#### 5.14.1 Zatřídění průřezu

##### Pásnice (tlak):

$$c_a = A - 2 \cdot t_{ha} = 600 - 2 \cdot 25 = 550 \text{ mm}$$

$$\frac{c_a}{t_{hb}} = \frac{550}{40} = 13,75 \leq 26,73 = 33 \cdot \varepsilon \rightarrow \text{třída 1}$$

##### Stojina (ohyb):

$$c_b = B - 2 \cdot t_{hb} = 1200 - 2 \cdot 40 = 1120 \text{ mm}$$

$$\frac{c_b}{t_{ha}} = \frac{1120}{25} = 44,8 \leq 58,32 = 72 \cdot \varepsilon \rightarrow \text{třída 1}$$

#### 5.14.2 MSÚ

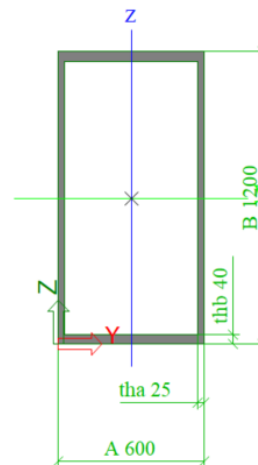
- Průřez
  - $W_{pl,y} = 43\,520 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 58\,055 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

#### Čistý ohyb

- Klopení zamezeno z důvodu uzavřeného průřezu tuhého v kroucení
- Ohybový moment:  $M_{Ed} = 1\,890,01 \text{ kNm}$
- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 43520 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{355000}{1,0} = 15\,449,60 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 15\,449,60 \text{ kNm} \geq 1\,890,01 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$



Obrázek 7 Průřez příčel v rámovém rohu

## Čistý smyk

- Smyková síla:  $V_{Ed} = 349,57 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{58055 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 11\,898,91 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 11\,898,91 \text{ kN} \geq 349,57 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Kombinace smyku a ohybu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{349,57}{11898,91} \cdot 100 = 2,9 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

### 5.14.3 MSP

## Průhyb

- Skutečný průhyb:  $\delta = 79,7 \text{ mm}$
- Délka nosníku:  $L = 10,914 \text{ m}$
- Maximální průhyb konzoly:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{125} = \frac{10914}{125} = 87,3 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 87,3 \text{ mm} \geq \delta = 79,7 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 5.15 Příčel – polovina rozpětí

### Pásnice (tlak):

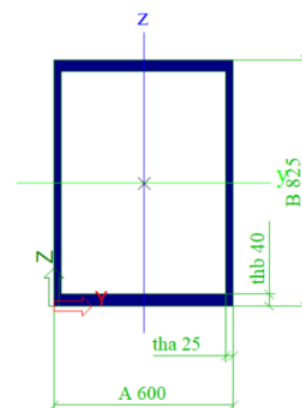
$$c_a = A - 2 \cdot t_{ha} = 600 - 2 \cdot 25 = 550 \text{ mm}$$

$$\frac{c_a}{t_{hb}} = \frac{550}{40} = 13,75 \leq 26,73 = 33 \cdot \varepsilon \rightarrow \text{třída 1}$$

### Stojina (ohyb):

$$c_b = B - 2 \cdot t_{hb} = 825 - 2 \cdot 40 = 745 \text{ mm}$$

$$\frac{c_b}{t_{ha}} = \frac{745}{25} = 29,8 \leq 58,32 = 72 \cdot \varepsilon \rightarrow \text{třída 1}$$



Obrázek 8 Průřez příčel v polovině rozpětí

### 5.15.1 MSÚ

- Průřez
  - $W_{pl,y} = 25\,778 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 40\,194 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Délka nosníku:  $L = 10,914 \text{ m}$

## Čistý ohyb

- Klopení zamezeno z důvodu uzavřeného průřezu tuhého v kroucení
- Ohybový moment:  $M_{Ed} = 482,85 \text{ kNm}$
- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 25778 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{355000}{1,0} = 9\,151,19 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 9\,151,19 \text{ kNm} \geq 482,85 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Čistý smyk

- Smyková síla:  $V_{Ed} = 172,19 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{40194 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 8\,238,13 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 8\,238,13 \text{ kN} \geq 172,19 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Kombinace smyku a ohybu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{172,19}{8238,13} \cdot 100 = 2,1 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

### 5.15.2 MSP

- Viz 4.9.3

## 5.16 Nosník N3

- Kloubová patka, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

### 5.16.1 Zatřídění průřezu

- Průřez HEA 360
- Tabulková hodnota pro tlak: Třída 1

### 5.16.2 MSÚ

- Průřez HEA 360
  - $I_y = 331,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
  - $A = 14,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
  - $W_{pl,y} = 2\,087,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 3\,684,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
  - $i_z = 74 \text{ mm}$
  - $t_w = 10,0 \text{ mm}$
- Délka nosníku:  $L = 7,5 \text{ m}$

## Vzpěrná únosnost

- Vybočení v ose z je zamezeno zajištěním proti vybočení příčnými nosníky
- Vzpěrná délka v ose y:  $L_{cr,y} = 8,4$  m (odborný odhad)
- Maximální tlaková síla:  $N_{Ed} = 748,82$  kN
- Kritická síla:

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^6 \cdot 331,0 \cdot 10^{-6}}{8,4^2} = 9\,722,74 \text{ kN}$$

- Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{14,3 \cdot 10^{-3} \cdot 355\,000}{9\,722,74}} = 0,723$$

- Vzpěrnostní součinitel:

$$t_f \leq 40 \text{ mm} \rightarrow \text{křivka a} \rightarrow \chi = 0,839$$

Tabulka 6 Přiřazení křivek vzpěrné pevnosti k průřezům

| Průřez | Meze                   | Vybočení kolmo k ose  | Křivka vzpěrné pevnosti      |                     |
|--------|------------------------|---|------------------------------|---------------------|
|        |                        |   | S235<br>S275<br>S355<br>S420 | S460                |
|        | $h/b > 1,2$            | $t_f \leq 40 \text{ mm}$<br>$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$ | y-y<br>z-z                   | a<br>a <sub>0</sub> |
|        |                        |   | y-y<br>z-z                   | b<br>a              |
|        | $h/b \leq 1,2$         | $t_f \leq 100 \text{ mm}$   | y-y<br>z-z                   | b<br>a              |
|        |                        |   | y-y<br>z-z                   | c<br>a              |
|        | $t_f > 100 \text{ mm}$ | y-y<br>z-z  | d<br>c                       |                     |

- Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,839 \cdot 14,3 \cdot 10^{-3} \cdot 355\,000}{1,0} = 4\,259,18 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 4\,259,18 \text{ kN} \geq 748,82 \text{ kN} = N_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Čistý ohyb

- Klopení je zamezeno zajištěním proti vybočení příčnými nosníky ve vzdálenostech:  
 $L = 1\,080 \text{ mm} < 2960 \text{ mm} = 40 \cdot 74 = 40 \cdot i_z$

- Maximální ohybový moment:  $M_{Ed} = 617,66$  kNm

- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{2087,5 \cdot 10^{-6} \cdot 355\,000}{1,0} = 741,06 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 741,06 \text{ kNm} \geq 617,66 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$



## Čistý smyk

- Maximální posouvací síla:  $V_{Ed} = 427,79 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{3684,4 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 755,15 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 755,15 \text{ kN} \geq 427,79 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Kombinace smyku, ohybu a vzpěru

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{427,79}{755,15} \cdot 100 = 56,7 \% < 50\%$$

→ účinek smyku není možné zanedbat na únosnost průřezu

- Redukovaná mez kluzu:

$$\rho = \left( 2 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left( 2 \cdot \frac{427,79}{755,15} - 1 \right)^2 = 0,018$$

$$f_{y,red} = (1 - \rho) \cdot f_y = (1 - 0,018) \cdot 355 = 348,61 \text{ MPa}$$

- Redukovaná návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd,red} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{y,red}}{\gamma_{M1}} = \frac{0,839 \cdot 14,3 \cdot 10^{-3} \cdot 348610}{1,0} = 4182,52 \text{ kN}$$

- Redukovaný návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd,red} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{y,red}}{\gamma_{M1}} = \frac{2087,5 \cdot 10^{-6} \cdot 348610}{1,0} = 727,72 \text{ kNm}$$

- Součinitel ekvivalentního konstantního momentu:

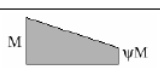
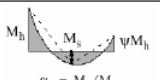
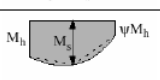
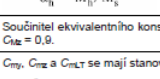
$$M_h = -617,66 \text{ kNm}; M_s = 209,51 \text{ kNm}$$

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{209,51}{-617,66} = -0,339$$

$$\psi \approx 0$$

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha_s = 0,1 + 0,8 \cdot 0,339 = 0,371 \geq 0,4 \rightarrow C_{my} = 0,4$$

Tabulka 7 Součinitele  $c_m$  ekvivalentního konstantního momentu

| Průběh momentu   | Rozsah                   | $C_{my}$ a $C_{mz}$ a $C_{mLT}$ |                                      |                                     |
|--|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|  |                          | rovnomměrné zatížení            | soustředěné zatížení                 |                                     |
|   | $-1 \leq \psi \leq 1$    | $0,8 + 0,4\psi \geq 0,4$        |                                      |                                     |
| <br>$\alpha_s = M_s / M_h$                      | $0 \leq \alpha_s \leq 1$ | $-1 \leq \psi \leq 1$           | $0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$         |                                     |
|  | $-1 \leq \alpha_s < 0$   | $0 \leq \psi \leq 1$            | $0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$         |                                     |
| <br>$\alpha_h = M_h / M_s$                      | $-1 \leq \alpha_h < 0$   | $-1 \leq \psi < 0$              | $0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$ |                                     |
|  |                          | $0 \leq \alpha_s \leq 1$        | $-1 \leq \psi \leq 1$                | $0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$ |
|  |                          | $0 \leq \alpha_s \leq 1$        | $-1 \leq \psi \leq 1$                | $0,85 + 0,05\alpha_h$               |
| <br>$\alpha_h = M_h / M_s$                      | $-1 \leq \alpha_h < 0$   | $0 \leq \alpha_s \leq 1$        | $0,85 + 0,05\alpha_h$                |                                     |
|  |                          | $-1 \leq \psi < 0$              | $0,85 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$       |                                     |
| Součinitel ekvivalentního konstantního momentu při vybočení s posuvem styčniců se má uvažovat $C_{my} = 0,9$ nebo $C_{mz} = 0,9$ . |                          |                                 |                                      |                                     |
| $C_{my}$ , $C_{mz}$ a $C_{mLT}$ se mají stanovit v závislosti na průběhu momentu mezi příslušnými body podepření následovně:       |                          |                                 |                                      |                                     |
| Součinitel:  | osa ohybu:               | body podepřené ve směru:        |                                      |                                     |
| $C_{my}$   | y-y                      | z-z                             |                                      |                                     |
| $C_{mz}$   | z-z                      | y-y                             |                                      |                                     |
| $C_{mLT}$  | y-y                      | y-y                             |                                      |                                     |

- Interakční součinitel:

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} \cdot \left[ 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,red}} \right] \\ C_{my} \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,red}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot \left[ 1 + (0,723 - 0,2) \cdot \frac{748,82}{4182,52} \right] \\ 0,4 \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{748,82}{4182,52} \right) \end{array} \right\} = \min \{0,438\} = 0,438$$

- Kombinace tlaku a ohybu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,red}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd,red}} = \frac{748,82}{4182,52} + 0,438 \cdot \frac{617,66}{727,72} = 0,551 \leq 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.16.3 MSP

#### Průhyb

- Skutečný průhyb:  $\delta = 9,0 \text{ mm}$
- Délka nosníku:  $L = 7,5 \text{ m}$
- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{400} = \frac{7500}{400} = 18,7 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 18,7 \text{ mm} \geq 9,0 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 5.17 Sloup S1

- Kloubová patka, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

### 5.17.1 Zatřídění průřezu

#### Pásnice (tlak):

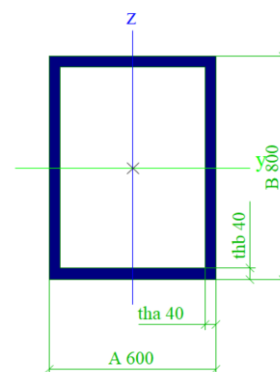
$$c_a = A - 2 \cdot t_{ha} = 600 - 2 \cdot 40 = 520 \text{ mm}$$

$$\frac{c_a}{t_{hb}} = \frac{520}{40} = 13,00 \leq 26,73 = 33 \cdot \varepsilon \rightarrow \text{třída 1}$$

#### Stojina (ohyb):

$$c_b = B - 2 \cdot t_{hb} = 800 - 2 \cdot 40 = 720 \text{ mm}$$

$$\frac{c_b}{t_{ha}} = \frac{720}{40} = 18,00 \leq 58,32 = 72 \cdot \varepsilon \rightarrow \text{třída 1}$$



Obrázek 9 Průřez sloupu S1

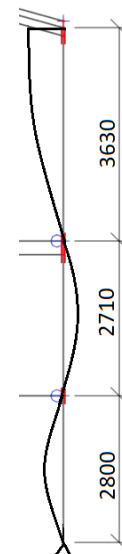
### 5.17.2 MSÚ

- Průřez
  - $I_y = 9\,425,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
  - $I_z = 5\,963,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
  - $A = 105,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
  - $W_{pl,y} = 28\,608,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 61\,334,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

#### Vzpěrná únosnost

- Vzpěrná délka
  - Vzpěrná délka pro vybočení v rovině z byla bezpečně odhadnuta na  $3 \cdot L = 10,89 \text{ m}$
  - Posudek bude proveden v rovině z (menší tuhost, větší vzpěrná délka)
  - Vzpěrná délka:

$$L_{cr} = 10,89 \text{ m}$$



Obrázek 10 Schéma vybočení sloupu S1

- Maximální tlaková síla:  $N_{Ed} = 686,73 \text{ kN}$
- Kritická síla:

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^6 \cdot 5963,5 \cdot 10^{-6}}{10,89^2} = 92\,652,32 \text{ kN}$$

- Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{105,6 \cdot 10^{-3} \cdot 355000}{92652,32}} = 0,636$$

- Vzpěrnostní součinitel:

$$\text{křivka b} \rightarrow \chi = 0,822$$

- Návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,822 \cdot 105,6 \cdot 10^{-3} \cdot 355000}{1,0} = 30\,815,14 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 30\,815,14 \text{ kN} \geq 686,73 \text{ kN} = N_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Vliv normálové síly je minimální z důvodu dimenzování sloupu na průhyb střešní konstrukce

#### Čistý ohyb

- Klopení zamezeno z důvodu uzavřeného průřezu tuhého v kroucení
- Ohybový moment:  $M_{Ed} = 2\,120,34 \text{ kNm}$
- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{28608,0 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{1,0} = 10\,155,84 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 10\,155,84 \text{ kNm} \geq 2\,120,34 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Čistý smyk

- Smyková síla:  $V_{Ed} = 520,67 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{61334,0 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 12\,570,98 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 12\,570,98 \text{ kN} \geq 520,67 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Kombinace smyku, ohybu a vzpěru

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{520,67}{12570,98} \cdot 100 = 4,2 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

- Součinitel ekvivalentního konstantního momentu:

$$M_1 = 2\,120,34 \text{ kNm}; M_2 = 0,0 \text{ kNm}$$

$$\psi = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0,0}{2120,34} = 0,0$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0,0 = 0,6 \geq 0,4$$

Tabulka 8 Součinitele  $c_m$  ekvivalentního konstantního momentu

| Průběh momentu                | Rozsah                   | $C_{my}$ a $C_{mz}$ a $C_{mT}$ |                                      |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
|                               |                          | rovnoměrné zatížení            | soustředěné zatížení                 |
| $\psi M$                      | $-1 \leq \psi \leq 1$    | $0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$       |                                      |
| $M_s$<br>$\alpha_s = M_s/M_b$ | $0 \leq \alpha_s \leq 1$ | $-1 \leq \psi \leq 1$          | $0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$         |
|                               | $-1 \leq \alpha_s < 0$   | $0 \leq \psi \leq 1$           | $0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$         |
|                               |                          | $-1 \leq \psi < 0$             | $0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$ |
| $M_s$<br>$\alpha_s = M_s/M_b$ | $0 \leq \alpha_s \leq 1$ | $-1 \leq \psi \leq 1$          | $0,95 + 0,05\alpha_s$                |
|                               | $-1 \leq \alpha_s < 0$   | $0 \leq \psi \leq 1$           | $0,95 + 0,05\alpha_s$                |
|                               |                          | $-1 \leq \psi < 0$             | $0,95 + 0,05\alpha_s(1+2\psi)$       |

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu při vybočení s posuvem styčniců se má uvažovat  $C_{my} = 0,9$  nebo  $C_{mz} = 0,9$ .

$C_{my}$ ,  $C_{mz}$  a  $C_{mT}$  se mají stanovit v závislosti na průběhu momentu mezi příslušnými body podepření následovně:

| Součinitel: | osa ohybu: | body podepřené ve směru: |
|-------------|------------|--------------------------|
| $C_{my}$    | y-y        | z-z                      |
| $C_{mz}$    | z-z        | y-y                      |
| $C_{mT}$    | y-y        | y-y                      |

- Interakční součinitel:

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} \cdot \left[ 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right] \\ C_{my} \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,6 \cdot \left[ 1 + (0,636 - 0,2) \cdot \frac{686,73}{30815,14} \right] \\ 0,6 \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{686,73}{30815,14} \right) \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,606 \\ 0,610 \end{array} \right\}$$

$$= 0,603$$

- Kombinace tlaku a ohybu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{686,73}{30815,14} + 0,606 \cdot \frac{2120,34}{10155,84} = 0,149 \leq 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.17.3 MSP

#### Průhyb

- Skutečný průhyb:  $\delta = 1,3 \text{ mm}$
- Délka sloupu:  $L = 3,856 \text{ m}$
- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{3856}{300} = 12,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 12,8 \text{ mm} \geq 1,3 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.18 Sloup S2

- Kloubová patka a kloubově připojen pomocí přivařených žiletek k pásnici stropnice S3, viz. [4 Schéma konstrukce](#)

#### 5.18.1 Zatřídění průřezu

- Průřez HEA 180
- Tabulková hodnota pro tlak: Třída 1

#### 5.18.2 MSÚ

- Průřez HEA 180
  - $I_y = 25,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
  - $I_z = 9,25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
  - $A = 4,53 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
  - $W_{pl,y} = 325,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $A_{vz} = 1\,099,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
  - $t_w = 6,0 \text{ mm}$
- Délka sloupu:  $L = 5,45 \text{ m}$

#### Čistý tah

- Maximální tahová síla:  $N_{Ed} = 192,75 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost v tahu:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,53 \cdot 10^{-3} \cdot 355000}{1,0} = 1\,608,15 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = 1\,608,15 \text{ kN} \geq 192,75 \text{ kN} = N_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Vzpěrná únosnost

- Vzpěrná délka
  - Totožná pro směry y a z
  - Posudek bude proveden k ose z (menší tuhost)
  - Kloub – kloub  $\rightarrow k = 1,0$
  - Vzpěrná délka ( $L_1 = 2,8$  m):

$$L_{cr} = 1,0 \cdot 2,8 = 2,8 \text{ m}$$

- Maximální tlaková síla:  $N_{Ed} = 277,27$  kN
- Kritická síla:

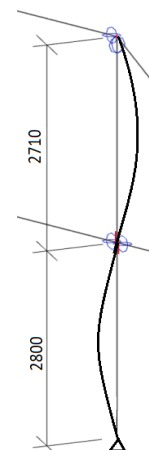
$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot 10^6 \cdot 9,25 \cdot 10^{-6}}{2,8^2} = 2\,445,37 \text{ kN}$$

- Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{4,53 \cdot 10^{-3} \cdot 355000}{2\,445,37}} = 0,811$$

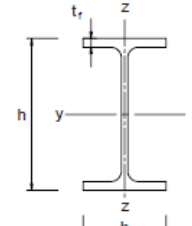
- Vzpěrnostní součinitel:

$$t_f \leq 40 \text{ mm} \rightarrow \text{křivka b} \rightarrow \chi = 0,725$$



Obrázek 11 Schéma vybočení sloupu S2

Tabulka 9 Přiřazení křivek vzpěrné pevnosti k průřezům

| Průřez  | Meze                              | Vybočení kolmo k ose | Křivka vzpěrné pevnosti      |                |
|---|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------|
|   |                                   |                      | S235<br>S275<br>S355<br>S420 | S460           |
|  | $t_f \leq 40$ mm                  | y-y                  | a                            | a <sub>0</sub> |
|   |                                   | z-z                  | b                            | a <sub>0</sub> |
|   | $40 \text{ mm} < t_f \leq 100$ mm | y-y                  | b                            | a              |
|   |                                   | z-z                  | c                            | a              |
| $t_f > 100$ mm  | y-y                               | b                    | a                            |                |
|   | z-z                               | c                    | a                            |                |

- Návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,725 \cdot 4,53 \cdot 10^{-3} \cdot 355000}{1,0} = 1\,165,91 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 1\,165,91 \text{ kN} \geq 277,27 \text{ kN} = N_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Čistý ohyb

- Maximální ohybový moment:  $M_{Ed} = 26,79$  kNm
- Návrhový moment únosnosti:

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{174,0 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{1,0} = 61,77 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 61,77 \text{ kNm} \geq 26,79 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Čistý smyk

- Maximální posouvací síla:  $V_{Ed} = 12,54 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{781,9 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 160,26 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 160,26 \text{ kN} \geq 12,54 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Kombinace smyku, ohybu a vzpěru

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = \frac{12,54}{160,26} \cdot 100 = 7,8 \% < 50\%$$

→ účinek smyku je možné zanedbat na únosnost průřezu

- Součinitel ekvivalentního konstantního momentu:

$$M_1 = 26,79 \text{ kNm}; M_2 = 0,0 \text{ kNm}$$

$$\psi = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0,0}{26,79} = 0,0$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0,0 = 0,6 \geq 0,4$$

Tabulka 10 Součinitele  $c_m$  ekvivalentního konstantního momentu

| Průběh momentu   | Rozsah                   | $C_{my}$ a $C_{mz}$ a $C_{mLT}$ |                                      |
|--|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
|  |                          | rovnoměrné zatížení             | soustředěné zatížení                 |
| $\psi M$   | $-1 \leq \psi \leq 1$    | $0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$        |                                      |
| $M_h$<br>$\alpha_s = M_s/M_h$  | $0 \leq \alpha_s \leq 1$ | $-1 \leq \psi \leq 1$           | $0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$         |
|  | $-1 \leq \alpha_s < 0$   | $0 \leq \psi \leq 1$            | $0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$         |
| $M_h$<br>$\alpha_h = M_h/M_s$  | $0 \leq \alpha_h \leq 1$ | $-1 \leq \psi \leq 1$           | $0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_h \geq 0,4$ |
|  | $-1 \leq \alpha_h < 0$   | $-1 \leq \psi < 0$              | $0,2(-\psi) - 0,8\alpha_h \geq 0,4$  |
|  | $-1 \leq \psi < 0$       | $-1 \leq \psi < 0$              | $0,95 + 0,05\alpha_h$                |
| Součinitel ekvivalentního konstantního momentu při vybočení s posuvem styčniců se má uvažovat $C_{my} = 0,9$ nebo $C_{mz} = 0,9$ . |                          |                                 |                                      |
| $C_{my}$ , $C_{mz}$ a $C_{mLT}$ se mají stanovovat v závislosti na průběhu momentu mezi příslušnými body podepření následovně:     |                          |                                 |                                      |
| Součinitel:  | osa ohybu:               | body podepřené ve směru:        |                                      |
| $C_{my}$   | y-y                      | z-z                             |                                      |
| $C_{mz}$   | z-z                      | y-y                             |                                      |
| $C_{mLT}$  | y-y                      | y-y                             |                                      |

- Interakční součinitel:

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} \cdot \left[ 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right] \\ C_{my} \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,6 \cdot \left[ 1 + (0,811 - 0,2) \cdot \frac{277,27}{1165,91} \right] \\ 0,6 \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{277,27}{1165,91} \right) \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,687 \\ 0,714 \end{array} \right\} = 0,687$$

- Kombinace tlaku a ohybu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{277,27}{1165,91} + 0,687 \cdot \frac{26,79}{61,77} = 0,536 \leq 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.18.3 MSP

#### Průhyb

- Skutečný průhyb:  $\delta = 1,1 \text{ mm}$
- Délka sloupu:  $L = 2,8 \text{ m}$
- Maximální průhyb:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{2800}{300} = 9,3 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 9,3 \text{ mm} \geq 1,1 \text{ mm} = \delta \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.19 Patka sloupu S1

- Patka konstrukce je navržena jako kloubová z nevyztuženého patního plechu
- Únosnost základové půdy:  $R_{dt} = 300 \text{ kPa}$
- Průřez sloupu: Svařovaný profil
  - $b = 600 \text{ mm}$
  - $h = 800 \text{ mm}$

#### Návrh

- Maximální normálová tlaková síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 686,73 \text{ kN}$
- Patní plech P30
  - Půdorysné rozměry
    - $a_0 = 800 \text{ mm}$
    - $b_0 = 1\,000 \text{ mm}$
- Kotevní šrouby 4x M20x380
  - Plocha jádra šroubu:  $A_s = 245 \text{ mm}^2$
  - Délka šroubu:  $l = 380 \text{ mm}$
  - Podložka DIN 125 21:  $t_p = 3 \text{ mm}$
  - Matice DIN 934 M20:  $t_m = 16 \text{ mm}$
- Koutový svar ocelového průřezu k patnímu plechu:  $a_w = 6 \text{ mm}$
- Patka z betonu C 20/25 ( $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ )
- Tloušťka záливkové pískocementové malty:  $t_z = 40 \text{ mm}$
- Půdorysné rozměry betonové patky:

$$R_{dt} \geq \frac{N_{Ed}}{a_c^2} \rightarrow a_c^2 \geq \sqrt{\frac{N_{Ed}}{R_{dt}}} = \sqrt{\frac{686,73}{300}} = 1,51 \text{ m} \rightarrow \text{Návrh: } a_c = 1600 \text{ mm}$$

- Výška patky:

$$h_c = \frac{a_c - b}{2} \cdot \text{tg}(60^\circ) = \frac{1600 - 600}{2} \cdot \text{tg}(60^\circ) \doteq 850 \text{ mm}$$

- Započitatelné rozměry betonové patky:

$$a_1 = \min(3 \cdot a_0; a_0 + h_c; a_c) = \min(3 \cdot 800; 800 + 850; 1600) = 1600 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(3 \cdot b_0; b_0 + h_c; a_c) = \min(3 \cdot 1000; 1000 + 850; 1600) = 1600 \text{ mm}$$



## Čistý tlak

- Maximální normálová tlaková síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 686,73 \text{ kN}$
- Součinitel koncentrace napětí:

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = \sqrt{\frac{1600 \cdot 1600}{800 \cdot 1000}} = 1,79$$

- Návrhová pevnost betonu:

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \cdot \frac{k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1,79 \cdot 20}{1,5} = 15,91 \text{ MPa}$$

- Účinná šířka patní desky:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 15,91}} = 81,8 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

- Účinná plocha patní desky:

$$A_{eff} = (b + 2 \cdot c) \cdot (h + 2 \cdot c) = (600 + 2 \cdot 81,8) \cdot (800 + 2 \cdot 81,8) = 735\,805 \text{ mm}^2$$

- Únosnost patky v tlaku:

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 735805 \cdot 15,91 \cdot 10^{-3} = 11\,706,66 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 11\,706,66 \text{ kN} \geq 686,73 \text{ kN} = N_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Smyk

- Rozhodující kombinace: KZS1
- Maximální normálová tlaková síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 683,00 \text{ kN}$
- Maximální vodorovná síla:  $V_{Ed} = 313,56 \text{ kN}$
- Kotevní šrouby 4x M20x380 8.8
  - Únosnost šroubu ve střihu (smyk. rovina dřikem):  $F_{v,Rd} = 120,6 \text{ kN}$
  - Únosnost šroubu ve střihu (smyk. rovina závitem):  $F_{v,Rd} = 94,1 \text{ kN}$
- Součinitel tření pro pískocementovou maltu:  $C_{f,d} = 0,2$
- Návrhová únosnost ve tření mezi patní deskou a zálivkovou maltou:

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{Ed} = 0,2 \cdot 683,0 = 136,60 \text{ kN}$$

- Návrhová smyková únosnost kotevního šroubu:

$$F_{vb,Rd} = 94,1 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost ve smyku kotvení patní deskou:

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} + n \cdot F_{vb,Rd} = 136,60 + 4 \cdot 94,1 \text{ kN} = 513,00 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 513,00 \text{ kN} \geq 313,56 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Posouzení svaru sloupu a patního plechu

- Maximální normálová síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 683,00 \text{ kN}$
- Maximální vodorovná síla:  $V_{Ed} = 313,56 \text{ kN}$

- Průřez sloupu:
  - $b = 600 \text{ mm}$
  - $h = 800 \text{ mm}$
- Koutový svar
  - Účinná tloušťka svaru:  $a_w = 6 \text{ mm}$
- Účinná plocha svaru:

$$A_w \approx a_w \cdot 2 \cdot (b + h) = 6 \cdot 2 \cdot (600 + 800) = 16\,800 \text{ mm}^2$$

- Napětí ve svarech:

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{683000}{16800} = 40,66 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot h \cdot a_w} = \frac{313560}{2 \cdot 800 \cdot 6} = 32,66 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{40,66}{\sqrt{2}} = 28,75 \text{ MPa}$$

- Korelační součinitel pro ocel S355 J2:  $\beta_w = 0,9$
- Posouzení podmínky:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{28,75^2 + 3 \cdot (28,75^2 + 32,66^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$80,66 \text{ MPa} \leq 453,33 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} = 28,75 \text{ MPa} \leq 367,2 \text{ MPa} = \frac{0,9 \cdot 510}{1,25} = \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 5.20 Patka sloupu S2

- Patka konstrukce je navržena jako kloubová z nevyztuženého patního plechu
- Únosnost základové půdy:  $R_{dt} = 300 \text{ kPa}$
- Průřez sloupu HEA 180
  - $b = 180 \text{ mm}$

### Návrh

- Maximální normálová tlaková síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 277,27 \text{ kN}$
- Patní plech P30
  - Půdorysné rozměry:  $a_0 = 300 \text{ mm}$
  - Tloušťka plechu:  $t = 30 \text{ mm}$
- Kotevní šrouby 2x M16x300 8.8 s kotevní podložkou
  - Plocha jádra šroubu:  $A_s = 157 \text{ mm}^2$
  - Délka šroubu:  $l = 300 \text{ mm}$
  - Užitečná délka šroubu:  $l_{už} = 277 \text{ mm}$  (bez matice, podložky a přesahu)
  - Podložka DIN 125 17:  $t_p = 3 \text{ mm}$
  - Matice DIN 934 M16:  $t_m = 13 \text{ mm}$

- Koutový svar ocelového průřezu k patnímu plechu:  $a_w = 6 \text{ mm}$
- Patka z betonu C 20/25 ( $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ )
- Tloušťka závlivkové pískocementové malty:  $t_z = 40 \text{ mm}$
- Půdorysné rozměry betonové patky:

$$R_{dt} \geq \frac{N_{Ed}}{a_c^2} \rightarrow a_c^2 \geq \sqrt{\frac{N_{Ed}}{R_{dt}}} = \sqrt{\frac{277,27}{300}} = 0,96 \text{ m} \rightarrow \text{Návrh: } a_c = 1000 \text{ mm}$$

- Výška patky:

$$h_c = \frac{a_c - b}{2} \cdot \operatorname{tg}(60^\circ) = \frac{1000 - 180}{2} \cdot \operatorname{tg}(60^\circ) \doteq 700 \text{ mm}$$

- Započitatelné rozměry betonové patky:

$$a_1 = \min(3 \cdot a_0; a_0 + h_c; a_c) = \min(3 \cdot 300; 300 + 700; 1000) = 900 \text{ mm}$$

### Čistý tlak

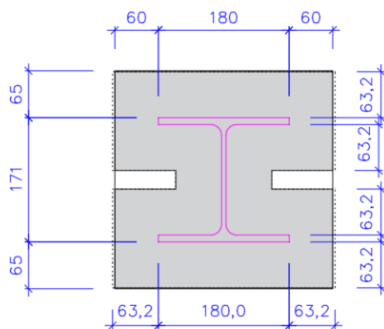
- Maximální normálová tlaková síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 277,27 \text{ kN}$
- Součinitel koncentrace napětí:

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1^2}{a_0^2}} = \sqrt{\frac{900^2}{300^2}} = 3,0$$

- Návrhová pevnost betonu:

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \cdot \frac{k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{3,0 \cdot 20}{1,5} = 26,67 \text{ MPa}$$

- Účinná šířka patní desky:



Obrázek 12 Účinná šířka patní desky sloupu S2

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 26,67}} = 63,2 \text{ mm} \geq 60 \text{ mm}$$

$\rightarrow$  *nutnost stanovit účinnou plochu patní desky*

- Účinná plocha patní desky:

$$A_{eff} = 84\,929 \text{ mm}^2$$

- Únosnost patky v tlaku:

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 84929 \cdot 26,67 \cdot 10^{-3} = 2\,265,06 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 2\,265,06 \text{ kN} \geq 277,27 \text{ kN} = N_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Patní deska v ohybu a kotevní šroub v tahu

- Maximální normálová tahová síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 124,34 \text{ kN}$
- Kotevní šrouby 2x M16x300 8.8
  - Únosnost v tahu:  $F_{t,Rd} = 90,4 \text{ kN}$
- Výpočet pomocí modelu náhradního T profilu
- Tvarový součinitel:

$$m = \frac{w - t_w - 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w}{2} = \frac{158 - 6 - 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 6}{2} = 69,2 \text{ mm}$$

$$n = 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 69,2 = 86,5 \text{ mm} > 71 \text{ mm} \rightarrow n = 71 \text{ mm}$$

$$m_2 = d_2 - 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w = 76 - 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 6 = 69,2 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+n} = \frac{69,2}{69,2+71} = 0,494$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m+n} = \frac{69,2}{69,2+71} = 0,494 \rightarrow \alpha = 5,7$$

- Náhradní délka T profilu:

$$l_1 = 2 \cdot \alpha \cdot m - (4 \cdot m + 1,25 \cdot n) = 2 \cdot 5,7 \cdot 69,2 - (4 \cdot 69,2 + 1,25 \cdot 71) = 423,3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 4 \cdot \pi \cdot m = 4 \cdot \pi \cdot 69,2 = 869,6 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_1; l_2) = \min(423,3; 869,6) = 423,3 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_1 = 423,3 \text{ mm} = l_{eff,1}$$

- Náhradní délka kotevního šroubu:

$$L_{be} = 8 \cdot d = 8 \cdot 16 = 128 \text{ mm}$$

$$L_{bf} = t + t_z + t_p + \frac{t_m}{2} = 30 + 40 + 3 + \frac{13}{2} = 79,5 \text{ mm}$$

$$L_{b,lim} = \frac{8,8 \cdot m^3 \cdot A_s}{l_{eff} \cdot t^3} = \frac{8,8 \cdot 69,2^3 \cdot 157}{423,3 \cdot 30^3} = 40,1 \text{ mm}$$

$$L_b = L_{be} + L_{bf} = 128 + 79,5 = 207,5 \text{ mm} < 277 \text{ mm} = l_{už}$$

$$L_b = 207,5 \text{ mm} > 40,1 \text{ mm} = L_{b,lim} \rightarrow \text{\textit{k páčení nedojde}}$$

- Plastický moment únosnosti T profilu (porušení 1 a 2):

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff,1} \cdot t^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 423,3 \cdot 30^2 \cdot \frac{355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 33,81 \text{ kNm}$$

- Návrhová únosnost T profilu:

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{2 \cdot 33,81}{0,0692} = 977,17 \text{ kN}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 977,17 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 124,34 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Návrhová tahová únosnost kotevních šroubů (porušení 3):

$$F_{T,3,Rd} = n \cdot F_{t,Rd} = 2 \cdot 90,4 = 180,80 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 180,80 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 124,34 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Smyk

- Rozhodující kombinace: KZS2
- Maximální normálová tahová síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 124,34 \text{ kN}$
- Maximální vodorovná síla:  $V_{Ed} = 1,99 \text{ kN}$
- Kotevní šrouby 2x M16x300 8.8
  - Únosnost šroubu ve stříhu (smyk. rovina dřikem):  $F_{v,Rd} = 77,2 \text{ kN}$
  - Únosnost šroubu ve stříhu (smyk. rovina závitem):  $F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$
  - Únosnost šroubu v tahu:  $F_{t,Rd} = 90,4 \text{ kN}$
- Součinitel tření pro pískocementovou maltu:  $C_{f,d} = 0,2$
- Návrhová únosnost ve tření mezi patní deskou a zálivkovou maltou:
  - Sloup je zatížen tahovou silou  $\rightarrow F_{f,Rd} = 0 \text{ kN}$
- Návrhová smyková únosnost kotevního šroubu:

$$F_{vb,Rd} = 60,3 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost ve smyku kotvení patní deskou:

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} + n \cdot F_{vb,Rd} = 0 + 2 \cdot 60,3 \text{ kN} = 120,90 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 120,90 \text{ kN} \geq 1,99 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Kombinace smyku a tahu

- Rozhodující kombinace: KZS2
- Maximální normálová tahová síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 124,34 \text{ kN}$
- Maximální vodorovná síla:  $V_{Ed} = 1,99 \text{ kN}$

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{N_{Ed}}{1,4 \cdot F_{T,3,Rd}} = \frac{1,99}{120,90} + \frac{124,34}{1,4 \cdot 180,8} = 0,51 \leq 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Posouzení svaru sloupu a patního plechu

- Maximální normálová síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 277,27 \text{ kN}$
- Maximální vodorovná síla:  $V_{Ed} = 1,99 \text{ kN}$
- Průřez sloupu: HEA 180
  - $b = 180 \text{ mm}$
  - $c = 122 \text{ mm}$
- Koutový svar
  - Účinná tloušťka svaru:  $a_w = 6 \text{ mm}$

- Účinná plocha svaru:

$$A_w \approx a_w \cdot (4 \cdot b + 2 \cdot c) = 6 \cdot (4 \cdot 180 + 2 \cdot 122) = 5\,784 \text{ mm}^2$$

- Napětí ve svarech:

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{277270}{5784} = 47,94 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot c \cdot a_w} = \frac{1990}{2 \cdot 122 \cdot 6} = 1,36 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{47,94}{\sqrt{2}} = 33,90 \text{ MPa}$$

- Korelační součinitel pro ocel S355 J2:  $\beta_w = 0,9$
- Posouzení podmínky:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{33,90^2 + 3 \cdot (33,90^2 + 1,36^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$67,84 \text{ MPa} \leq 453,33 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} = 33,90 \text{ MPa} \leq 367,2 \text{ MPa} = \frac{0,9 \cdot 510}{1,25} = \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 5.21 Patka nosníku N3

- Patka konstrukce je navržena jako kloubová z nevyztuženého patního plechu
- Únosnost základové půdy:  $R_{dt} = 300 \text{ kPa}$
- Průřez sloupu HEA 360
  - $h = 350 \text{ mm}$
  - $b = 300 \text{ mm}$

#### Návrh

- Maximální normálová tlaková síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 710,52 \text{ kN}$
- Patní plech P30
  - Půdorysné rozměry:  $a_0 = 500 \text{ mm}$
  - Tloušťka plechu:  $t = 30 \text{ mm}$
- Kotevní šrouby 2x M20x380 8.8
  - Plocha jádra šroubu:  $A_s = 245 \text{ mm}^2$
  - Délka šroubu:  $l = 380 \text{ mm}$
  - Užitečná délka šroubu:  $l_{už} = 353 \text{ mm}$
  - Podložka DIN 125 21:  $t_p = 3 \text{ mm}$
  - Matice DIN 934 M20:  $t_m = 16 \text{ mm}$
- Koutový svar ocelového průřezu k patnímu plechu:  $a_w = 6 \text{ mm}$
- Patka z betonu C 20/25 ( $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ )
- Tloušťka záливkové pískocementové malty:  $t_z = 40 \text{ mm}$

- Půdorysné rozměry betonové patky:

$$R_{dt} \geq \frac{N_{Ed}}{a_c^2} \rightarrow a_c^2 \geq \sqrt{\frac{N_{Ed}}{R_{dt}}} = \sqrt{\frac{710,52}{300}} = 1,54 \text{ m} \rightarrow \text{Návrh: } a_c = 1600 \text{ mm}$$

- Výška patky:

$$h_c = \frac{a_c - h}{2} \cdot \operatorname{tg}(60^\circ) = \frac{1600 - 350}{2} \cdot \operatorname{tg}(60^\circ) \doteq 1100 \text{ mm}$$

- Započitatelné rozměry betonové patky:

$$a_1 = \min(3 \cdot a_0; a_0 + h_c; a_c) = \min(3 \cdot 500; 500 + 1100; 1600) = 1500 \text{ mm}$$

### Čistý tlak

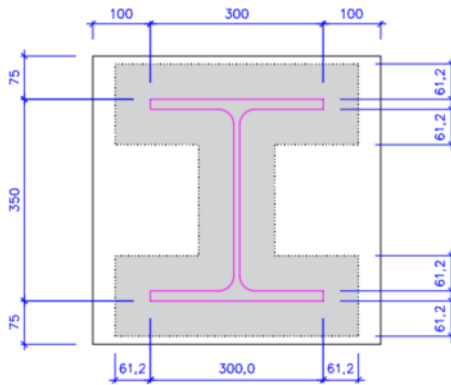
- Maximální normálová tlaková síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 710,52 \text{ kN}$
- Součinitel koncentrace napětí:

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1^2}{a_0^2}} = \sqrt{\frac{1600^2}{500^2}} = 3,2$$

- Návrhová pevnost betonu:

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \cdot \frac{k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{3,2 \cdot 20}{1,5} = 28,44 \text{ MPa}$$

- Účinná šířka patní desky:



Obrázek 13 Účinná šířka patní desky nosníku N3

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 28,44}} = 61,2 \text{ mm} < 75 \text{ mm}$$

→ účinná plocha patní desky může být započítána plně

- Účinná plocha patní desky:

$$A_{eff} = 143\,688 \text{ mm}^2$$

- Únosnost patky v tlaku:

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 143688 \cdot 28,44 \cdot 10^{-3} = 4\,086,49 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 4\,086,49 \text{ kN} \geq 710,52 \text{ kN} = N_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Patní deska v ohybu a kotevní šroub v tahu

- Maximální normálová tahová síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 126,22 \text{ kN}$
- Kotevní šrouby 2x M20x380 8.8
  - Únosnost v tahu:  $F_{t,Rd} = 141,1 \text{ kN}$
- Výpočet pomocí modelu náhradního T profilu
- Tvarový součinitel:

$$m = \frac{w - t_w - 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w}{2} = \frac{242 - 10 - 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 6}{2} = 109,2 \text{ mm}$$

$$n = 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 109,2 = 136,5 \text{ mm} > 129 \text{ mm} \rightarrow n = 129 \text{ mm}$$

$$m_2 = d_2 - 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w = 157,5 - 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 6 = 150,7 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + n} = \frac{109,2}{109,2 + 129} = 0,458 \quad \rightarrow \alpha = 5,7$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + n} = \frac{150,7}{109,2 + 129} = 0,633$$

- Náhradní délka T profilu:

$$l_1 = 2 \cdot \alpha \cdot m - (4 \cdot m + 1,25 \cdot n) = 2 \cdot 5,7 \cdot 109,2 - (4 \cdot 109,2 + 1,25 \cdot 129) = 646,8 \text{ mm}$$

$$l_2 = 4 \cdot \pi \cdot m = 4 \cdot \pi \cdot 109,2 = 1372,3 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_1; l_2) = \min(646,8; 1372,3) = 646,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_1 = 646,8 \text{ mm} = l_{eff,1}$$

- Náhradní délka kotevního šroubu:

$$L_{be} = 8 \cdot d = 8 \cdot 20 = 160 \text{ mm}$$

$$L_{bf} = t + t_z + t_p + \frac{t_m}{2} = 30 + 40 + 3 + \frac{16}{2} = 81 \text{ mm}$$

$$L_{b,lim} = \frac{8,8 \cdot m^3 \cdot A_s}{l_{eff} \cdot t^3} = \frac{8,8 \cdot 109,2^3 \cdot 245}{646,8 \cdot 30^3} = 160,8 \text{ mm}$$

$$L_b = L_{be} + L_{bf} = 160 + 81 = 241 \text{ mm} < 353 \text{ mm} = l_{už}$$

$$L_b = 241,0 \text{ mm} > 160,8 \text{ mm} = L_{b,lim} \rightarrow \mathbf{k \text{ páčení nedojde}}$$

- Plastický moment únosnosti T profilu (porušení 1 a 2):

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff,1} \cdot t^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 646,8 \cdot 30^2 \cdot \frac{355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 51,66 \text{ kNm}$$

- Návrhová únosnost T profilu:

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{2 \cdot 51,66}{0,1092} = 946,15 \text{ kN}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = 946,15 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 126,22 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{vyhovuje}$$



- Návrhová tahová únosnost kotevních šroubů (porušení 3):

$$F_{T,3,Rd} = n \cdot F_{t,Rd} = 2 \cdot 141,1 = 282,20 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 282,20 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 126,22 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Smyk

- Rozhodující kombinace: KZS3
- Maximální normálová tahová síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 126,22 \text{ kN}$
- Maximální vodorovná síla:  $V_{Ed} = 427,79 \text{ kN}$
- Kotevní šrouby 2x M20x380 8.8
  - Únosnost šroubu ve stříhu (smyk. rovina závitem):  $F_{v,Rd} = 94,1 \text{ kN}$
  - Únosnost šroubu v tahu:  $F_{t,Rd} = 141,1 \text{ kN}$
- Součinitel tření pro pískocementovou maltu:  $C_{f,d} = 0,2$
- Návrhová únosnost ve tření mezi patní deskou a zálivkovou maltou:
  - Sloup je zatížen tahovou silou  $\rightarrow F_{f,Rd} = 0 \text{ kN}$
- Návrhová smyková únosnost kotevního šroubu:

$$F_{vb,Rd} = 94,1 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost ve smyku kotvení patní deskou:

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} + n \cdot F_{vb,Rd} = 0 + 2 \cdot 94,1 \text{ kN} = 188,20 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 188,20 \text{ kN} < 427,79 \text{ kN} = V_{Ed}$$

$\rightarrow$  **nevyhovuje, nutnost návrhu smykové zarážky**

### Návrh smykové zarážky

- Průřez: HEB 200
  - Tabulkové zatřídění průřezu na ohyb: Třída 1
  - $A_{vz} = 2\,483 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
  - $W_{pl,y} = 569,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
  - $b = 200 \text{ mm}$
- Tloušťka zálivkové pískocementové malty:  $t_z = 40 \text{ mm}$
- Koutový svar smykové zarážky k patnímu plechu:  $a_w = 6 \text{ mm}$
- Maximální vodorovná síla:  $V_{Ed} = 427,79 \text{ kN}$
- Nezbytná délka smykové zarážky (bez zálivkové malty):

$$h_{min} = \frac{V_{Ed}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{427,79}{0,2 \cdot \frac{20}{1,5}} = 160,4 \text{ mm}$$

- Návrh délky smykové zarážky:  $h = 210 \text{ mm}$
- Posouzení na smyk:

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2483 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 508,91 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 508,91 \text{ kN} \geq 427,79 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{427,79}{508,91} = 0,84 \geq 0,5$$

$\rightarrow$  účinek smyku není možné zanedbat na únosnost průřezu

- Návrhový ohybový moment:

$$e = t_z + \frac{h - t_z}{2} = 40 + \frac{210 - 40}{2} = 125 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e = 427,79 \cdot 0,125 = 53,47 \text{ kNm}$$

- Redukovaná mez kluzu:

$$\rho = \left(2 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} - 1\right)^2 = \left(2 \cdot \frac{427,79}{508,91} - 1\right)^2 = 0,464$$

$$f_{y,red} = (1 - \rho) \cdot f_y = (1 - 0,464) \cdot 355 = 190,28 \text{ MPa}$$

- Posouzení ohybu:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{y,red}}{\gamma_{M0}} = \frac{569,6 \cdot 10^{-6} \cdot 190280}{1,0} = 113,52 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 113,52 \text{ kNm} \geq 53,47 \text{ kNm} = M_{Ed} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

### Posouzení svaru sloupu a patního plechu

- Maximální normálová síla v patě sloupu:  $N_{Ed} = 710,52 \text{ kN}$
- Maximální vodorovná síla:  $V_{Ed} = 427,79 \text{ kN}$
- Průřez sloupu: HEA 360
  - $b = 300 \text{ mm}$
  - $c = 261 \text{ mm}$
- Koutový svar
  - Účinná tloušťka svaru:  $a_w = 6 \text{ mm}$
- Účinná plocha svaru:

$$A_w \approx a_w \cdot (4 \cdot b + 2 \cdot c) = 6 \cdot (4 \cdot 300 + 2 \cdot 261) = 10\,332 \text{ mm}^2$$

- Napětí ve svarech:

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{710520}{10332} = 68,77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot c \cdot a_w} = \frac{427790}{2 \cdot 261 \cdot 6} = 136,59 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{68,77}{\sqrt{2}} = 48,63 \text{ MPa}$$

- Korelační součinitel pro ocel S355 J2:  $\beta_w = 0,9$
- Posouzení podmínky:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{48,63^2 + 3 \cdot (48,63^2 + 136,59^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$255,79 \text{ MPa} \leq 453,33 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} = 48,63 \text{ MPa} \leq 367,2 \text{ MPa} = \frac{0,9 \cdot 510}{1,25} = \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 5.22 Šroubovaný přípoj příčle a sloupu S1

- Maximální ohybový moment:  $M_{Ed} = 1890,01 \text{ kNm}$
- Nepředepnuté šrouby M30 8.8
  - Únosnost v tahu:  $F_{t,Rd} = 323,1 \text{ kN}$
- Čelní deska P25
  - $t = 25 \text{ mm}$
  - $a_0 = 900 \text{ mm}$
  - $b_0 = 1450 \text{ mm}$
- Sloup svařovaného průřezu
  - $A_{vz} = 61\,334,0 \text{ mm}^2$
- Příčle svařovaného průřezu
  - $W_{pl,y} = 25\,778 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- Sklon připojované příčle:  $\theta = 17,6^\circ$
- Rozšíření pásnice sloupu v místě kontaktu s čelní deskou na 900 mm
- Pásnice sloupu vyztužena vnitřními navařenými plechy

### 5.22.1 Návrh svarů

#### Svar čelní desky a tažené pásnice příčle

- Konzervativní návrh svaru na plnou únosnost tažené pásnice
- Minimální tloušťka svaru:

$$a_{tf} \geq 0,55 \cdot t_{fb} = 0,55 \cdot 40 = 22 \text{ mm} \rightarrow a_{tf} = 22 \text{ mm}$$

#### Svar čelní desky a stěny příčle

- Konzervativní návrh svaru na plnou únosnost stěny
- Minimální tloušťka svaru:

$$a_w \geq 0,55 \cdot t_{wb} = 0,55 \cdot 25 = 13,75 \text{ mm} \rightarrow a_w = 14 \text{ mm}$$

### 5.22.2 Náhradní T profil

$$d_1 = 150 \text{ mm}; d_2 = 200 \text{ mm}; w = 150 \text{ mm}$$

$$m_{x,p} = d_1 - e_x - 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_{tf} \\ = 150 - 75 - 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 22 = 50,1 \text{ mm}$$

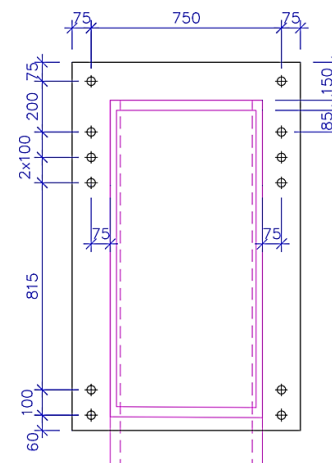
$$m_{p1} = \frac{w - 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w}{2} = \frac{150 - 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 14}{2} \\ = 59,2 \text{ mm}$$

$$m_{p2} = d_2 - (d_1 - e_x) - \frac{t_{fb}}{\cos(17,6)} - 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_{tf} \\ = 200 - (150 - 75) - \frac{40}{\cos(17,6)} - 0,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 22 = 58,2 \text{ mm}$$

$$n_{p,ep} = 1,25 \cdot m_{p1} = 1,25 \cdot 59,2 = 73,0 \text{ mm}$$

$$m_{c1} = \frac{w}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

$$n_{p,c} = 1,25 \cdot m_{c1} = 1,25 \cdot 75 = 93,8 \text{ mm} > 75 \text{ mm} \rightarrow n_{p,c} = 75 \text{ mm}$$



Obrázek 14 Rozmístění šroubů přípoje

### 5.22.3 Tahová únosnost 1. řady šroubů

#### Nevyztužená pásnice sloupu v ohybu

- Efektivní šířka

$$l_{eff,1} = 2 \cdot \pi \cdot m_{c1} = 2 \cdot \pi \cdot 75 = 471,24 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = 4 \cdot m_{c1} + 1,25 \cdot e_x = 4 \cdot 75 + 1,25 \cdot 75 = 393,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,3} = \pi \cdot m_{c1} + 0,5 \cdot d_2 = \pi \cdot 75 + 0,5 \cdot 200 = 335,62 \text{ mm}$$

$$l_{eff,4} = 2 \cdot m_{c1} + 0,5 \cdot d_2 + 0,625 \cdot e_x = 2 \cdot 75 + 0,5 \cdot 200 + 0,625 \cdot 75 = 298,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,5} = e_x + 0,5 \cdot d_2 = 75 + 0,5 \cdot 200 = 175,0 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,1-5}) = 175,0 \text{ mm}$$

- Způsob porušení 1

$$M_{pl,1,Rd,r1,c} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 175,0 \cdot 40^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 24,85 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd,fc} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd,r1,c}}{m_{c1}} = \frac{4 \cdot 24,85}{75 \cdot 10^{-3}} = 1\,325,33 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 2

$$M_{pl,2,Rd,r1,c} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 175,0 \cdot 40^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 24,85 \text{ kNm}$$

$$F_{T,2,Rd,fc} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd,r1,c} + n_{p,c} \cdot \sum F_{t,Rd}}{m_{c1} + n_{p,c}} = \frac{2 \cdot 24,85 + 75 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 323,1}{(75 + 75) \cdot 10^{-3}} = 1\,623,73 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 3

$$F_{T,3,Rd,fc} = \sum F_{t,Rd} = 8 \cdot 323,1 = 2\,584,80 \text{ kN}$$

- Tahová únosnost nevyztužené pásnice sloupu

$$F_{T,r1,Rd,fc} = \min(F_{T,1-3,Rd,ep}) = \min(1325,33; 1623,73; 2584,80) = 1\,325,33 \text{ kN}$$

#### Stěna sloupu v tahu

- Redukční součinitel interakce se smykem

$$\omega_{r1,c} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot \left(\frac{l_{eff} \cdot t_{wc}}{A_{vz}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot \left(\frac{175,0 \cdot 40}{61334}\right)^2}} = 0,992$$

- Tahová únosnost stěny sloupu

$$F_{T,r1,Rd,wc} = \frac{\omega_{r1,c} \cdot l_{eff} \cdot t_{wc} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,992 \cdot 175,0 \cdot 40 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-3} = 2\,465,12 \text{ kN}$$

## Čelní deska v ohybu

- Efektivní šířka

$$l_{eff,1} = 2 \cdot \pi \cdot m_{x,p} = 2 \cdot \pi \cdot 50,1 = 314,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = \pi \cdot m_{x,p} + w = \pi \cdot 50,1 + 150 = 307,4 \text{ mm}$$

$$l_{eff,3} = \pi \cdot m_{x,p} + 2 \cdot e_p = \pi \cdot 50,1 + 2 \cdot 75 = 307,4 \text{ mm}$$

$$l_{eff,4} = 4 \cdot m_{x,p} + 1,25 \cdot e_x = 4 \cdot 50,1 + 1,25 \cdot 75 = 294,2 \text{ mm}$$

$$l_{eff,5} = 2 \cdot m_{x,p} + e_p + 0,625 \cdot e_x = 2 \cdot 50,1 + 75 + 0,625 \cdot 75 = 222,1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,6} = 0,5 \cdot a_0 = 0,5 \cdot 900 = 450,0 \text{ mm}$$

$$l_{eff,7} = 2 \cdot m_{x,p} + 0,5 \cdot w = 2 \cdot 50,1 + 150 = 250,2 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,1-7}) = 222,1 \text{ mm}$$

- Způsob porušení 1

$$M_{pl,1,Rd,r1,b} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 222,1 \cdot 25^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 12,32 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd,ep} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd,r1,b}}{m_{p1}} = \frac{4 \cdot 12,32}{59,2 \cdot 10^{-3}} = 832,43 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 2

$$M_{pl,2,Rd,r1,b} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 222,1 \cdot 25^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 12,32 \text{ kNm}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd,r1,b} + n_{p,ep} \cdot \sum F_{t,Rd}}{m_{p1} + n_{p,ep}} = \frac{2 \cdot 12,32 + 73,0 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 323,1}{(59,2 + 73,0) \cdot 10^{-3}} = 543,21 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 3

$$F_{T,3,Rd,ep} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 323,1 = 626,20 \text{ kN}$$

- Tahová únosnost čelní desky

$$F_{T,r1,Rd,ep} = \min(F_{T,1-3,Rd,ep}) = \min(832,43; 543,21; 626,20) = 543,21 \text{ kN}$$

## Tahová únosnost 1. řady šroubů

$$F_{T,r1,Rd} = \min(F_{T,r1,Rd,fc}; F_{T,r1,Rd,wc}; F_{T,r1,Rd,ep}) = \min(1325,33; 2465,12; 543,21) = 543,21 \text{ kN}$$

### 5.22.4 Tahová únosnost 2. řady šroubů

#### Nevyztužená pásnice sloupu v ohybu

- Efektivní šířka

$$l_{eff,1} = 2 \cdot \pi \cdot m_{c1} = 2 \cdot \pi \cdot 75 = 471,24 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = 4 \cdot m_{c1} + 1,25 \cdot e_x = 4 \cdot 75 + 1,25 \cdot 75 = 393,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,3} = \pi \cdot m_{c1} + 0,5 \cdot p = \pi \cdot 75 + 0,5 \cdot 100 = 285,62 \text{ mm}$$

$$l_{eff,4} = 2 \cdot m_{c1} + 0,5 \cdot p + 0,625 \cdot e_x = 2 \cdot 75 + 0,5 \cdot 100 + 0,625 \cdot 75 = 246,9 \text{ mm}$$

$$l_{eff,5} = \pi \cdot m_{c1} + 0,5 \cdot d_2 = \pi \cdot 75 + 0,5 \cdot 200 = 335,62 \text{ mm}$$

$$l_{eff,6} = 2 \cdot m_{c1} + 0,5 \cdot d_2 + 0,625 \cdot e_x = 2 \cdot 75 + 0,5 \cdot 200 + 0,625 \cdot 75 = 296,9 \text{ mm}$$

$$l_{eff,7} = 0,5 \cdot d_2 + 0,5 \cdot p = 0,5 \cdot 200 + 0,5 \cdot 100 = 150,0 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,1-7}) = 150,0 \text{ mm}$$

- Způsob porušení 1

$$M_{pl,1,Rd,r2,c} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 150,0 \cdot 40^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 21,30 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd,fc} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd,r2,c}}{m_{c1}} = \frac{4 \cdot 21,30}{75 \cdot 10^{-3}} = 1136,00 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 2

$$M_{pl,2,Rd,r2,c} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 150,0 \cdot 40^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 21,30 \text{ kNm}$$

$$F_{T,2,Rd,fc} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd,r2,c} + n_{p,c} \cdot \sum F_{t,Rd}}{m_{c1} + n_{p,c}} = \frac{2 \cdot 21,30 + 75 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 323,1}{(75 + 75) \cdot 10^{-3}} = 607,10 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 3

$$F_{T,3,Rd,fc} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 323,1 = 626,20 \text{ kN}$$

- Tahová únosnost nevyztužené pásnice sloupu

$$F_{T,r2,Rd,fc} = \min(F_{T,1-3,Rd,ep}) = \min(1136,00; 607,10; 626,20) = 607,10 \text{ kN}$$

#### Stěna sloupu v tahu

- Redukční součinitel interakce se smykem

$$\omega_{r1,c} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot \left(\frac{l_{eff} \cdot t_{wc}}{A_{vz}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot \left(\frac{150,0 \cdot 40}{61334}\right)^2}} = 0,994$$

- Tahová únosnost stěny sloupu

$$F_{T,r2,Rd,wc} = \frac{\omega_{r1,c} \cdot l_{eff} \cdot t_{wc} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,994 \cdot 150,0 \cdot 40 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-3} = 2\,117,22 \text{ kN}$$

### Čelní deska v ohybu

- Efektivní šířka

$$l_{eff,1} = 2 \cdot \pi \cdot m_{p,1} = 2 \cdot \pi \cdot 59,2 = 373,0 \text{ mm}$$

$$\lambda_{1,r2,b} = \frac{m_{p,1}}{m_{p,1} + e_p} = \frac{59,2}{59,2 + 75} = 0,441$$

$$\lambda_{1,r2,b} = \frac{m_{p,2}}{m_{p,1} + e_p} = \frac{58,2}{59,2 + 75} = 0,434$$

$$\alpha_{r2,b} = 2 \cdot \pi$$

$$l_{eff,2} = \alpha_{r2,b} \cdot m_{p,1} = 2 \cdot \pi \cdot 46,7 = 293,4 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,1}; l_{eff,2}) = \min(373,0; 293,4) = 293,4 \text{ mm}$$

- Způsob porušení 1

$$M_{pl,1,Rd,r2,b} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 293,4 \cdot 25^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 16,28 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd,ep} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd,r2,b}}{m_{p1}} = \frac{4 \cdot 16,28}{59,2 \cdot 10^{-3}} = 1\,100,00 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 2

$$M_{pl,2,Rd,r2,b} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 293,4 \cdot 25^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 16,28 \text{ kNm}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd,r2,b} + n_{p,ep} \cdot \sum F_{t,Rd}}{m_{p1} + n_{p,ep}} = \frac{2 \cdot 16,28 + 73,0 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 323,1}{(59,2 + 73,0) \cdot 10^{-3}} = 603,12 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 3

$$F_{T,3,Rd,ep} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 323,1 = 626,2 \text{ kN}$$

- Tahová únosnost čelní desky

$$F_{T,r2,Rd,ep} = \min(F_{T,1-3,Rd,ep}) = \min(1100,00; 603,12; 626,2) = 603,12 \text{ kN}$$

### Tahová únosnost 2. řady šroubů

$$F_{T,r2,Rd} = \min(F_{T,r2,Rd,fc}; F_{T,r2,Rd,wc}; F_{T,r2,Rd,ep}) = \min(607,10; 2117,22; 603,12) = 603,12 \text{ kN}$$

### 5.22.5 Tahová únosnost 3. a 4. řady šroubů

#### Nevyztužená pásnice sloupu v ohybu

- Efektivní šířka

$$l_{eff,1} = 2 \cdot \pi \cdot m_{c1} = 2 \cdot \pi \cdot 75 = 471,24 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = 4 \cdot m_{c1} + 1,25 \cdot e_x = 4 \cdot 75 + 1,25 \cdot 75 = 393,8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,3} = \pi \cdot m_{c1} + 0,5 \cdot p = \pi \cdot 75 + 0,5 \cdot 100 = 285,62 \text{ mm}$$

$$l_{eff,4} = 2 \cdot m_{c1} + 0,5 \cdot p + 0,625 \cdot e_x = 2 \cdot 75 + 0,5 \cdot 100 + 0,625 \cdot 75 = 246,9 \text{ mm}$$

$$l_{eff,5} = p = 100,0 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,1-5}) = 100,0 \text{ mm}$$

- Způsob porušení 1

$$M_{pl,1,Rd,r3,c} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 100,0 \cdot 40^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 14,20 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd,fc} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd,r3,c}}{m_{c1}} = \frac{4 \cdot 14,20}{75 \cdot 10^{-3}} = 757,33 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 2

$$M_{pl,2,Rd,r3,c} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 100,0 \cdot 40^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 14,20 \text{ kNm}$$

$$F_{T,2,Rd,fc} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd,r3,c} + n_{p,c} \cdot \sum F_{t,Rd}}{m_{c1} + n_{p,c}} = \frac{2 \cdot 14,20 + 75 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 323,1}{(75 + 75) \cdot 10^{-3}} = 512,43 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 3

$$F_{T,3,Rd,fc} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 323,1 = 626,20 \text{ kN}$$

- Tahová únosnost nevyztužené pásnice sloupu

$$F_{T,r3,Rd,fc} = \min(F_{T,1-3,Rd,ep}) = \min(757,33; 512,43; 626,20) = 512,43 \text{ kN}$$

#### Stěna sloupu v tahu

- Redukční součinitel interakce se smykem

$$\omega_{r1,c} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot \left(\frac{l_{eff} \cdot t_{wc}}{A_{vz}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot \left(\frac{100,0 \cdot 40}{61334}\right)^2}} = 0,997$$

- Tahová únosnost stěny sloupu

$$F_{T,r3,Rd,wc} = \frac{\omega_{r1,c} \cdot l_{eff} \cdot t_{wc} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,997 \cdot 100,0 \cdot 40 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-3} = 1\,415,74 \text{ kN}$$



## Čelní deska v ohybu

- Efektivní šířka

$$l_{eff,1} = 2 \cdot \pi \cdot m_{p,1} = 2 \cdot \pi \cdot 59,2 = 373,0 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = 4 \cdot m_{p,1} + 1,25 \cdot e_x = 4 \cdot 59,2 + 1,25 \cdot 75 = 330,6 \text{ mm}$$

$$l_{eff,3} = \pi \cdot m_{p,1} + 0,5 \cdot p = \pi \cdot 59,2 + 0,5 \cdot 100 = 236,0 \text{ mm}$$

$$l_{eff,4} = 2 \cdot m_{p,1} + 0,625 \cdot e_x + 0,5 \cdot p = 2 \cdot 59,2 + 0,625 \cdot 75 + 0,5 \cdot 100 = 215,3 \text{ mm}$$

$$l_{eff,5} = p = 100,0 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,1-5}) = 100,0 \text{ mm}$$

- Způsob porušení 1

$$M_{pl,1,Rd,r3,b} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 100 \cdot 25^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 5,55 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd,ep} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd,r3,b}}{m_{p1}} = \frac{4 \cdot 5,55}{59,2 \cdot 10^{-3}} = 375,00 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 2

$$M_{pl,2,Rd,r3,b} = \frac{0,25 \cdot l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 100,0 \cdot 25^2 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 5,55 \text{ kNm}$$

$$F_{T,2,Rd,ep} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd,r3,b} + n_{p,ep} \cdot \sum F_{t,Rd}}{m_{p1} + n_{p,ep}} = \frac{2 \cdot 5,55 + 73,0 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 323,1}{(59,2 + 73,0) \cdot 10^{-3}} = 440,79 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 3

$$F_{T,3,Rd,ep} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 323,1 = 626,2 \text{ kN}$$

- Tahová únosnost čelní desky

$$F_{T,r3,Rd,ep} = \min(F_{T,1-3,Rd,ep}) = \min(375,00; 440,79; 626,2) = 375,00 \text{ kN}$$

## Tahová únosnost 3. a 4. řady šroubů

$$F_{T,r2,Rd} = \min(F_{T,r3,Rd,fc}; F_{T,r3,Rd,wc}; F_{T,r3,Rd,ep}) = \min(512,43; 1415,74; 375,00) = 375,00 \text{ kN}$$

### 5.22.6 Únosnost tlačené oblasti

#### Stěna sloupu v tlaku

- Efektivní šířka tlačené stěny sloupu

$$b_{eff,c} = t_{fb} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_{cf} + 5 \cdot t_{fc} + \sqrt{2} \cdot t = 40 + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 22 + 5 \cdot 40 + \sqrt{2} \cdot 30 = 344,7 \text{ mm}$$

- Redukční součinitel

$$\omega_{1,c} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot \left(\frac{b_{eff,c} \cdot t_{wc}}{A_{vz}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 \cdot \left(\frac{344,7 \cdot 40}{61334}\right)^2}} = 0,969$$

- Únosnost stěny sloupu v tlaku

$$F_{c,wc,Rd} = \min\left(\frac{\omega_{1,c} \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c} \cdot t_{wc} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}; \frac{\omega_{1,c} \cdot k_{wc} \cdot \rho_c \cdot b_{eff,c} \cdot t_{wc} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}\right)$$

- Konzervativně se použije  $k_{wc} = 0,7$

- Štíhlost stěny sloupu

$$\lambda_{p,c} = 0,932 \cdot \sqrt{\frac{b_{eff,c} \cdot (h_c - 2 \cdot t_{fc}) \cdot f_y}{E \cdot t_{wc}^2}} = 0,932 \cdot \sqrt{\frac{344,7 \cdot (800 - 2 \cdot 40) \cdot 355}{210000 \cdot 40^2}} = 0,477$$

$$\rho_c = \frac{(\lambda_{p,c} - 0,2)}{\lambda_{p,c}^2} = \frac{(0,477 - 0,2)}{0,477^2} = 1,217$$

- Únosnost stěny sloupu v tlaku

$$F_{c,wc,Rd} = \min\left(\frac{0,969 \cdot 0,7 \cdot 344,7 \cdot 40 \cdot 355}{1,0}; \frac{0,969 \cdot 0,7 \cdot 1,217 \cdot 344,7 \cdot 40 \cdot 355}{1,0}\right)$$

$$F_{c,wc,Rd} = \min(3320,10; 4040,56) = 3\,320,10 \text{ kN}$$

#### Pásnice a stěny příčle v tlaku

- Moment únosnosti příčle

$$M_{c,Rd,b} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{25778 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{1,0} = 9\,151,19 \text{ kNm}$$

- Rameno vnitřních sil:  $h = 1265 \text{ mm}$
- Maximální síla působící v pásnici příčle

$$F_{c,Rd,b} = \frac{M_{c,Rd,b}}{h - t_{fb}} = \frac{9151,19}{(1265 - 40) \cdot 10^{-3}} = 7\,470,36 \text{ kN}$$

- Omezení únosnosti tlačené pásnice

$$F_{c,Rd,b} \leq \frac{b_b \cdot t_{fb} \cdot f_y}{0,8 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{600 \cdot 40 \cdot 355}{0,8 \cdot 1,0} \cdot 10^{-3} = 10\,650,00 \text{ kN} \rightarrow \text{neomezuje}$$

- Únosnost tlačené pásnice je větší než součet tahových sil v jednotlivých řadách šroubů a nebude omezovat momentovou únosnost přípoje

### 5.22.7 Panel sloupu ve smyku

- Štíhlost stěny sloupu

$$\frac{h - 2 \cdot t_{wc}}{t_{wc}} = \frac{800 - 2 \cdot 40}{40} = 18 \leq 55,89 = 69 \cdot \varepsilon \rightarrow \textit{stěna sloupu ve smyku nebouřf}$$

- Únosnost stěny sloupu ve smyku

$$V_{wc,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 61334 \cdot 10^{-6} \cdot 355000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 11\,313,88 \text{ kN}$$

- Únosnost stěny sloupu ve smyku je větší než součet tahových sil v jednotlivých řadách šroubů a nebude omezovat momentovou únosnost přípoje

### 5.22.8 Rozdělení sil a momentová únosnost

- Tahové únosnosti jednotlivých řad šroubů

Tabulka 11 Tahová únosnost jednotlivých řad šroubů

| Řada   | Tahová únosnost (kN)   |         |
|--------|------------------------|---------|
| 1      | $F_{T,Rd,r1} =$        | 543,21  |
| 2      | $F_{T,Rd,r2} =$        | 603,12  |
| 3      | $F_{T,Rd,r3} =$        | 375,00  |
| 4      | $F_{T,Rd,r4} =$        | 375,00  |
| CELKEM | $\Sigma F_{T,Rd,ri} =$ | 1896,33 |

- Podmínka: Síla nesmí v žádné řadě šroubů překročit 1,9 násobek únosnosti šroubu v tahu –  $F_{T,Rd,max} = F_{t,Rd,r2} = 603,12 \text{ kN}$

$$F_{T,Rd,max} = 603,12 \text{ kN} < 613,89 \text{ kN} = 1,9 \cdot 323,1 = 1,9 \cdot F_{t,Rd} \rightarrow \textit{vyhovuje}$$

- Střed otáčení je uprostřed pásnice příčle
- Momentová únosnost přípoje

$$\begin{aligned} M_{j,Rd} &= F_{T,Rd,r1} \cdot h_1 + F_{T,Rd,r2} \cdot h_2 + F_{T,Rd,r3} \cdot h_3 + F_{T,Rd,r4} \cdot h_4 \\ &= 543,21 \cdot 1,3 + 603,12 \cdot 1,1 + 375,00 \cdot 1,0 + 375 \cdot 0,9 \\ &= 2\,082,11 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{j,Rd} = 2\,082,11 \geq 1890,01 = M_{Ed} \rightarrow \textit{vyhovuje}$$

- Navržený styčník vyhovuje.

### 5.23 Ztužení

- Ztužení konstrukce pomocí trubek profilu CHS 88,8/4,0 mm

## 6 Seznam použité literatury

### Normy

- [1] ČSN EN 1993-1-1:2006. (ČSN 73 1401) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI. 96s.
- [2] ČSN EN 1993-1-8:2006. (ČSN 73 1401) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků. ČNI. 128s.
- [3] ČSN EN 1991-1-1:2004. (ČSN 73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. ČNI. 44s.
- [4] ČSN EN 1991-1-3:2013 ed. 2. (ČSN 73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Zatížení sněhem. ČNI. 52s.
- [5] ČSN EN 1991-1-4:2007. (ČSN 73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Zatížení větrem. ČNI. 129s.
- [6] ČSN EN 13200-1:2019. (ČSN 73 5905) Zařízení pro diváky – Část 1: Obecné charakteristiky prostorů pro diváky. ČNI. 36s.
- [7] ČSN CEN/TR 13200-2:2006. (ČSN 73 5905) Zařízení pro diváky – Část 2: Kritéria pro navrhování provozních prostor – Parametry a národní situace. ČNI. 20s.
- [8] ČSN EN 13200-3:2019. (ČSN 73 5905) Zařízení pro diváky – Část 3: Oddělovací prvky - Požadavky. ČNI. 32s.
- [9] ČSN EN 13200-7:2014. (ČSN 73 5905) Zařízení pro diváky – Část 7: Prvky vchodů a východů, komunikace. ČNI. 40s.
- [10] ČSN EN 13200-8:2017. (ČSN 73 5905) Zařízení pro diváky – Část 8: Management bezpečnosti. ČNI. 48s.
- [11] ČSN 73 4108:2020. Hygienická zařízení a šatny. ČNI. 48s.

### Publikace

- [12] STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce*. V Praze: České vysoké učení technické, 2004. ISBN 80-01-02942-5.
- [13] SOKOL, Zdeněk a WALD, František. *Ocelové konstrukce: Tabulky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2019. ISBN 978-80-01-06032-2.
- [14] NEUFERT, Ernst. *Navrhování staveb*. Praha: Nakladatelství Consultinvest, 1995. ISBN 80-901486-4-6
- [15] Pravidlová asociace České republiky. *Fotbalová asociace České republiky: Pravidla fotbalu*. Praha: Nakladatelství Olympia s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7376-408-1
- [16] WALD, František a kol. *Ocelové a dřevěné konstrukce: Řešené příklady*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04398-1.

### Internetové zdroje

- [17] JANDERA, Michal, ELIÁŠOVÁ, Martina a VRANÝ, Tomáš. *Ocelové konstrukce 01: Cvičení, 2015*. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~xjanderm/papers/OK01-Cv.pdf>

## **7 Seznam obrázků**

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1 Součinitele expozice $c_e(z)$ pro $c_0 = 1,0$ a $k_i = 1,0$ (zdroj: [5]) .....    | 5  |
| Obrázek 2 Proudění vzduchu kolem přístřešků (zdroj: [5]).....                               | 5  |
| Obrázek 3 Hodnoty součinitelů $c_{p,net}$ a $c_r$ pro pultové přístřešky (zdroj: [5]) ..... | 5  |
| Obrázek 4 Schéma konstrukce s popisy prvků .....  | 6  |
| Obrázek 5 Schéma stropní desky .....  | 7  |
| Obrázek 6 Schéma zjednodušení svařovaného plechu pro výpočet tloušťky plechu .....          | 9  |
| Obrázek 7 Průřez příčle v rámovém rohu .....  | 20 |
| Obrázek 8 Průřez příčle v polovině rozpětí .....  | 21 |
| Obrázek 9 Průřez sloupu S1 .....  | 25 |
| Obrázek 10 Schéma vybočení sloupu S1.....   | 26 |
| Obrázek 11 Schéma vybočení sloupu S2.....   | 29 |
| Obrázek 12 Účinná šířka patní desky sloupu S2.....  | 34 |
| Obrázek 13 Účinná šířka patní desky nosníku N3 .....  | 38 |
| Obrázek 14 Rozmístění šroubů přípoje .....  | 42 |

## **8 Seznam tabulek**

|   |    |
|---|----|
| Tabulka 1 Kategorie terénu a parametry terénu (zdroj: [5]).....                             | 4  |
| Tabulka 2 Hodnoty součinitelů $c_{p,net}$ a $c_r$ pro pultové přístřešky (zdroj: [5]) ..... | 5  |
| Tabulka 3 Tabulka výpočtů tlaků větru na jednotlivé oblasti.....                            | 6  |
| Tabulka 4 Zatížení stropní konstrukce v montážním stádiu.....                               | 7  |
| Tabulka 5 Charakteristické zatížení střešního panelu .....                                  | 8  |
| Tabulka 6 Přiřazení křivek vzpěrné pevnosti k průřezům .....                                | 23 |
| Tabulka 7 Součinitele $c_m$ ekvivalentního konstantního momentu .....                       | 24 |
| Tabulka 8 Součinitele $c_m$ ekvivalentního konstantního momentu .....                       | 27 |
| Tabulka 9 Přiřazení křivek vzpěrné pevnosti k průřezům .....                                | 29 |
| Tabulka 10 Součinitele $c_m$ ekvivalentního konstantního momentu.....                       | 30 |
| Tabulka 11 Tahová únosnost jednotlivých řad šroubů .....                                    | 50 |