



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

OCELOVÁ KONSTRUKCE HANGÁRU

THE STEEL STRUCTURE OF A HANGAR

STATICKÝ VÝPOČET

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Markéta Plačková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Štrba, Ph.D.

BRNO 2018

Obsah

1	ÚVOD	3
2	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE.....	5
2.1	ZATĚŽOVACÍ STAVY	5
2.2	ZATÍŽENÍ SNĚHEM.....	6
2.2.1	SNÍH ROVNOMĚRNÝ (ZS2).....	6
2.2.2	SNÍH NEROVNOMĚRNÝ (ZS3).....	6
2.2.3	SNÍH NAVÁTÝ (ZS4)	6
2.3	ZATÍŽENÍ VĚTREM.....	8
2.3.1	VÍTR PODÉLNÝ (ZS5).....	9
2.3.2	VÍTR PŘÍČNÝ (ZS6).....	11
2.4	STÁLÉ ZATÍŽENÍ	13
2.4.1	STŘEŠNÍ PLÁŠŤ.....	13
2.4.2	OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	13
2.4.3	STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	13
3	POSUDKY.....	14
3.1	Vaznice	14
3.2	Horní pás	19
3.3	Dolní pás.....	22
3.4	Diagonály.....	25
3.5	Svislice.....	27
3.6	Stojina sloupu.....	29
3.7	Diagonála sloupu.....	32
3.8	Ztužidla	33
3.9	Paždík	34
4	RUČNÍ POSOUZENÍ PRVKŮ	36
4.1	VAZNICE	36
4.2	HORNÍ PÁS VAZNÍKU	41
	Průřezové charakteristiky	41
4.3	SVISLICE	43
4.4	Diagonály.....	44
4.5	ZTUŽIDLA.....	46
5	DIMENZOVÁNÍ SPOJŮ	47
5.1	Připojení svislice a diagonály k dolnímu pásu.....	47
5.2	Posouzení čepového spoje.....	50
5.3	Montážní spoj horního/dolního pásu	54

5.4	Montážní spoj diagonály k hornímu pásu vazníku	57
5.5	Připojení příčného ztužidla k hornímu pásu vazníku.....	59

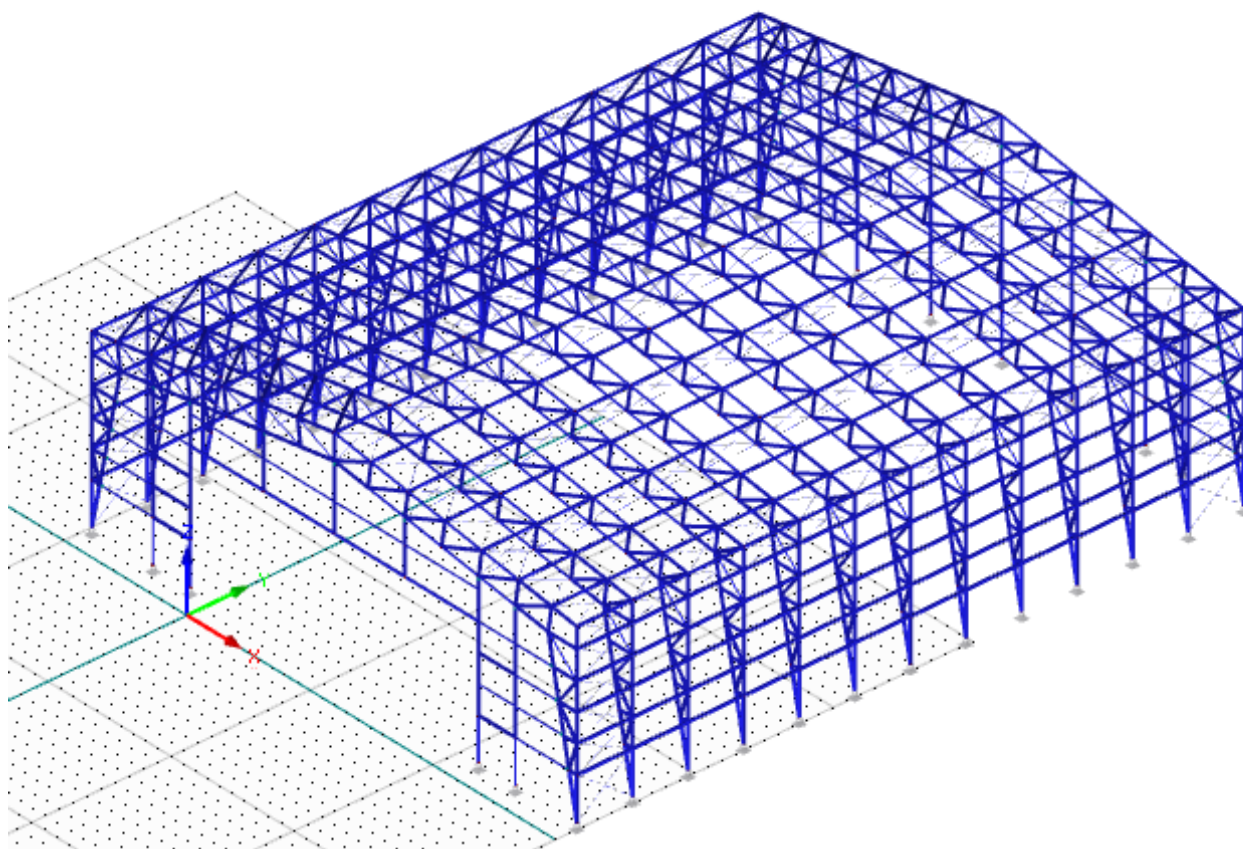
1 ÚVOD

Tento statický výpočet obsahuje zatížení, návrh a posouzení hlavních nosných prvků a spojů ocelové konstrukce hangáru pro malá letadla. Objekt se nachází v lokalitě Znojmo. Konstrukce je navržena z oceli a ocelových spojovacích prostředků.

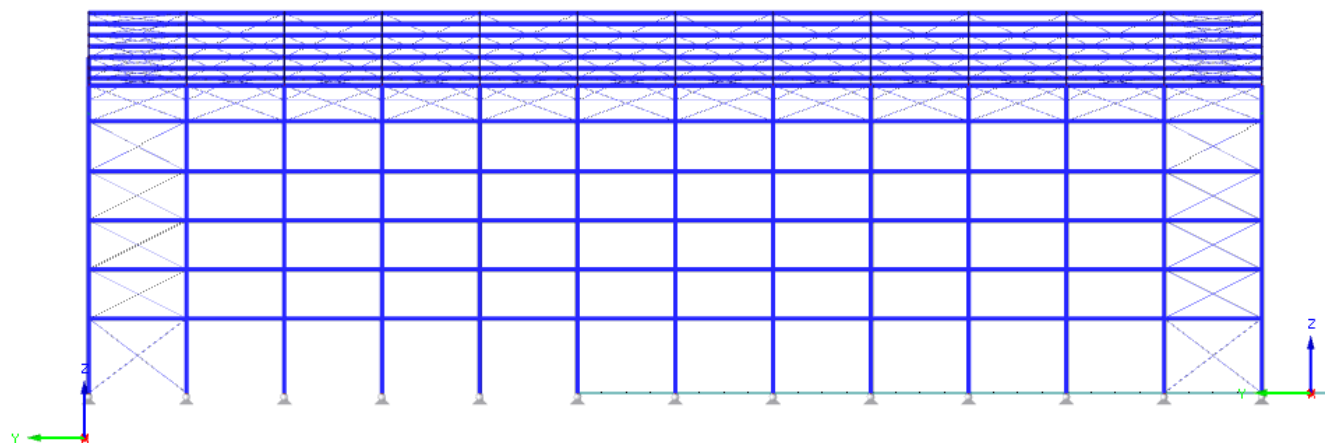
Konstrukce je navržena a posouzena dle platných norem.

V rámci práce byla konstrukce vymodelovaná v programu RFEM, ze kterého byly použity některé vnitřní síly a přetvoření. Ostatní hodnoty byly počítány ručně.

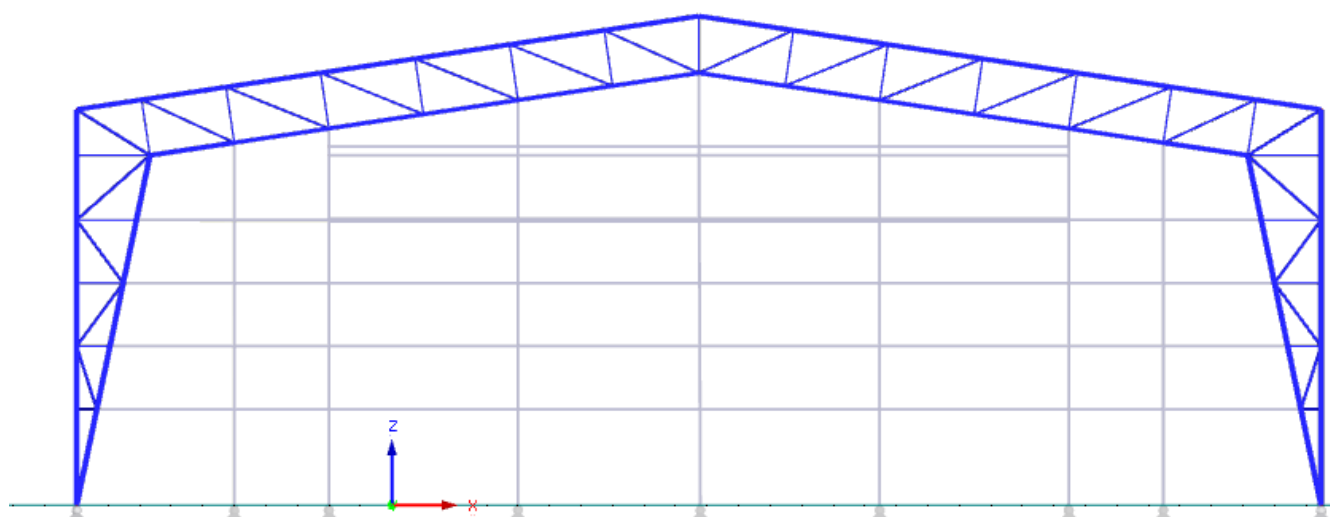
POHLEDY NA KONSTRUKCI



Celkový pohled 3D



Pohled podélný



Pohled příčný

2 ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE

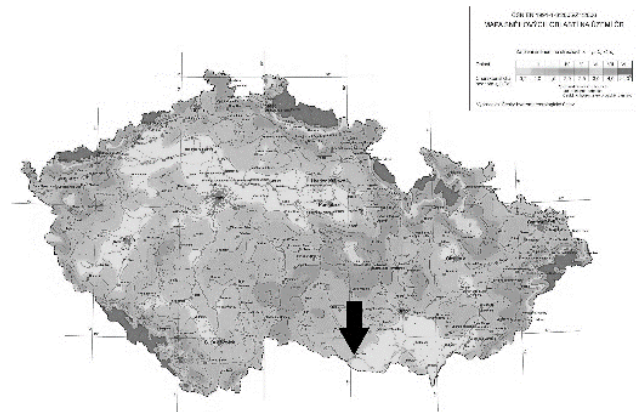
2.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS1 – vlastní tíha
ZS2 – sníh rovnoměrný
ZS3 – sníh nerovnoměrný
ZS4 – sníh navátý
ZS5 – vítr podélný ++
ZS6 – vítr podélný --
ZS7 – vítr podélný -+
ZS8 – vítr podélný +-
ZS9 – vítr příčný ++
ZS10 – vítr příčný --
ZS11 – vítr podélný ++
ZS12 – vítr podélný --
ZS13 – vítr podélný -+
ZS14 – vítr podélný +-
ZS15 – vítr příčný ++
ZS16 – vítr příčný --
ZS17 – přetlak
ZS18 – podtlak
ZS19 – ostatní stálé

2.2 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

- lokalita Znojmo → $s_k = 0,7 \text{ kPa}$
- sněhová oblast I
- součinitel typu krajiny $c_e = 0,8$ (otevřená krajina)
- tepelný součinitel $c_t = 1,0$

$$s_i = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = \mu_i \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \cdot \mu_i$$



2.2.1 SNÍH ROVNOMĚRNÝ (ZS2)

$$\mu_2 = 0,8$$

$$s_1 = s_i \cdot \mu_2 = 0,7 \cdot 0,8 = \underline{0,56 \text{ kN/m}^2}$$

2.2.2 SNÍH NEROVNOMĚRNÝ (ZS3)

$$\mu_3 \rightarrow \text{dle sklonu střechy } \alpha = 8,53^\circ$$

$$\mu_3 = 0,8 + \frac{0,8 \cdot \alpha}{30} = 0,8 + \frac{0,8 \cdot 8,53}{30} \rightarrow \text{tvarový součinitel } \mu_3 = 1,03$$

$$s_2 = 0,7 \cdot 1,03 = \underline{0,73 \text{ kN/m}^2}$$

2.2.3 SNÍH NAVÁTÝ (ZS4)

$$s_3 = s_i \cdot \mu_3 = 0,7 \cdot 1,04 = \underline{0,73 \text{ kN/m}^2}$$

$$\frac{s_3}{2} = \frac{0,73}{2} = 0,36 \text{ kN/m}^2$$



Zatížení sněhem bylo generováno programem RFEM.

Pro srovnání bylo zatížení sněhem vypočítáno i ručním výpočtem dle tabulky 2.1 a 2.2.

Číslo vaznice	Úhel [°]	ZŠ [mm]
1	8.53	2061
2	8.53	2677
3	8.53	3000
4	8.53	3000
5	8.53	3000
6	8.53	3000
7	8.53	3000
8	8.53	3000
9	8.53	3000
10	8.53	3000
11	8.53	3000
12	8.53	3000
13	8.53	3000
14	8.53	2677
15	8.53	2061

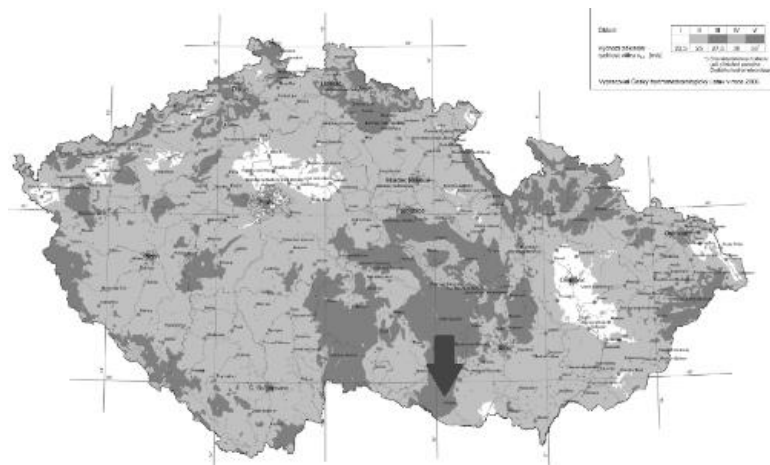
tab. 2.1

Sníh rovnoměrný		Sníh nerovnoměrný		Sníh navátý	
kN/m ²	kN/m	kN/m ²	kN/m	kN/m ²	kN/m
0.56	1.154	0	0.000	0.73	1.505
0.56	1.499	0.152	0.407	0.654	1.751
0.56	1.680	0.351	1.053	0.555	1.665
0.56	1.680	0.572	1.716	0.444	1.332
0.56	1.680	0.666	1.998	0.333	0.999
0.56	1.680	0.444	1.332	0.222	0.666
0.56	1.680	0.222	0.666	0.111	0.333
0.56	1.680	0	0.000	0	0.000
0.56	1.680	0.109	0.327	0.055	0.165
0.56	1.680	0.219	0.657	0.109	0.327
0.56	1.680	0.328	0.984	0.164	0.492
0.56	1.680	0.282	0.846	0.219	0.657
0.56	1.680	0.173	0.519	0.274	0.822
0.56	1.499	0.075	0.201	0.322	0.862
0.56	1.154	0	0.000	0.36	0.742

tab. 2.2

2.3 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Lokalita → větrná oblast III
 Znojmo → výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 27,5 \text{ m/s}$
 → součinitel směru větru $c_{dir} = 1,0$
 → součinitel ročního období $c_{season} = 1,0$



$$V_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = \underline{27,5 \text{ m/s}}$$

Tabulka 4.1 – Kategorie terénů a jejich parametry

Kategorie terénu	z_0 [m]	z_{min} [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenost je větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10
POZNÁMKA Kategorie terénu jsou zobrazeny v A.1.		

tab. 2.2.1

Kategorie terénu III → parametr drsnosti terénu $z_0 = 0,3 \text{ m}$
 → minimální výška $z_{min} = 5,0 \text{ m}$
 → $z_{max} = 200 \text{ m}$
 → $z = 15,5 \text{ m}$
 → $z_{min} < z < z_{max}$
 → $z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$ $5 < 15,5 < 200 \text{ m}$

a) Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

b) Charakteristická střední rychlost větru $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$

$$c_0(z) = 1,0$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,215 \cdot \ln\left(\frac{15,5}{0,3}\right) = 0,85$$

$$v_m(z) = 0,85 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = \underline{23,4 \text{ m/s}}$$

c) Maximální dynamický tlak $q_p(z)$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

→ součinitel turbulence $k_1 = 1,0$

→ měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

→ intenzita turbulence $I_v(z)$

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{15,5}{0,3}\right)} = 0,25$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,25] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 23,4^2 = \underline{0,94 \text{ kN/m}^2}$$

Tlak větru na povrchy $w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$

c_{pe} součinitel vnějšího tlaku

jelikož $A > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,10}$

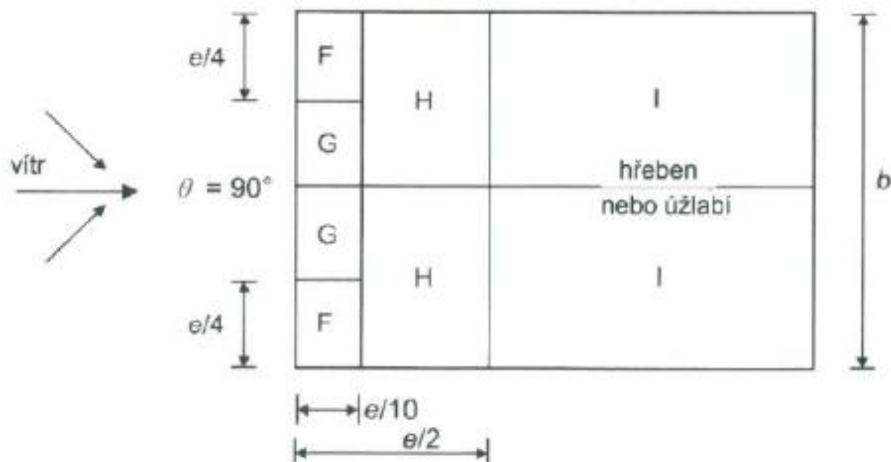
2.3.1 VÍTR PODÉLNÝ (ZS5)

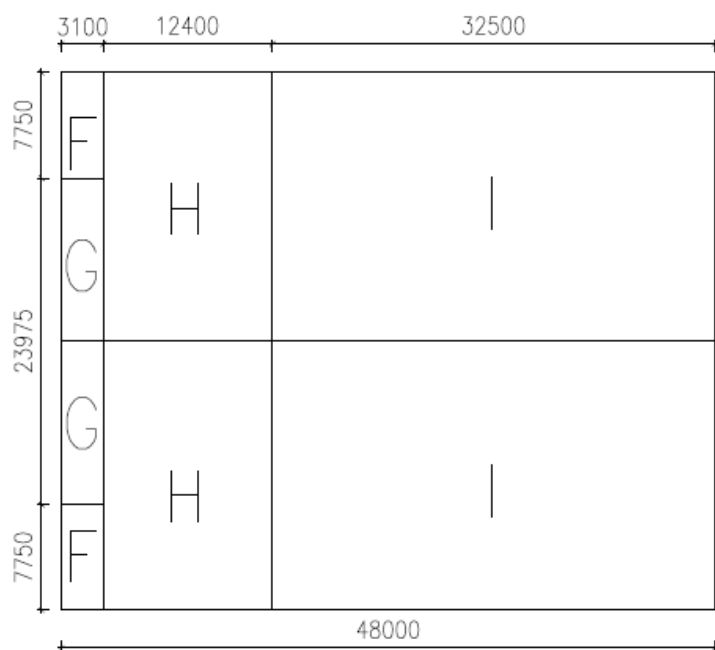
$$h = 15,5 \text{ m}$$

$$b = 39,475 \text{ m}$$

$$e = \min \{b; 2h\} = \{39,475; 2 \cdot 15,5\} \Rightarrow e = \underline{31,0 \text{ m}}$$

Zatížení větrem na střešní plášť





Tabulka 7.4b – Součinitele vnějšího tlaku pro sedlové střechy

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-1,2
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	-1,2
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-1,2
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2

$$w_e = q_p(z) \cdot C_{pe,10} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

sklon	oblast F		oblast G		oblast H		oblast I	
	$C_{pe,10}$	w_e (F)	$C_{pe,10}$	w_e (G)	$C_{pe,10}$	w_e (H)	$C_{pe,10}$	w_e (I)
8.53°	-1.49	1.401	-1.3	-1.222	0.66	-0.620	0.56	-0.526

Zatížení větrem na podélné stěny

$$e = \min \{b; 2h\} = \min \{39,475; 2 \cdot 15,5\} = \underline{31,0 \text{ m}}$$

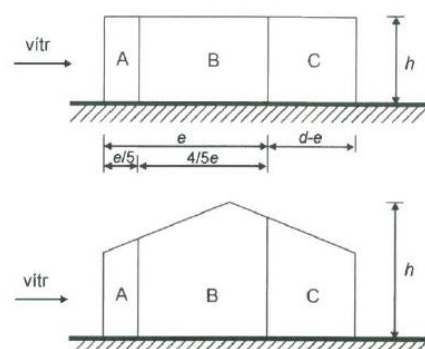
$$e = 31,0 \text{ m}$$

$$d = 48,0 \text{ m}$$

$$e < d \Rightarrow \text{oblasti A, B, C}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{15,5}{48} = 0,32$$

Pohled pro $e < d$



Tabulka 7.1 – Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny pozemních staveb s pravoúhlým půdorysem

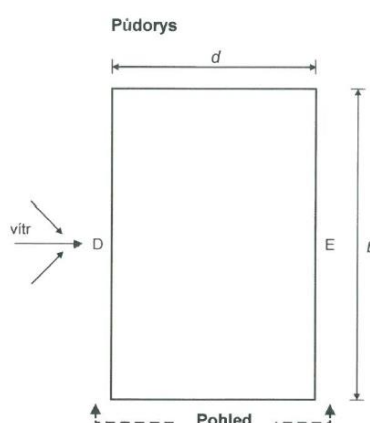
Oblast	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	+0,8	+1,0	-0,7	-0,7
1	-1,2	-1,4	-1,4	-1,1	-0,5	-0,5	+0,8	+1,0	-0,5	-0,5
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	+0,7	+1,0	-0,3	-0,3

$$w_e = q_p(z) \cdot C_{pe,10} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

oblast	oblast A		oblast B		oblast C	
h/d	$C_{pe,10}$	$w_e \text{ (A)}$	$C_{pe,10}$	$w_e \text{ (B)}$	$C_{pe,10}$	$w_e \text{ (C)}$
0.32	-1.2	-1.128	-0.86	-0.808	-0.5	-0.470

Zatížení větrem na štítové stěny

$$\frac{h}{d} = \frac{15,5}{48} = 0,32$$

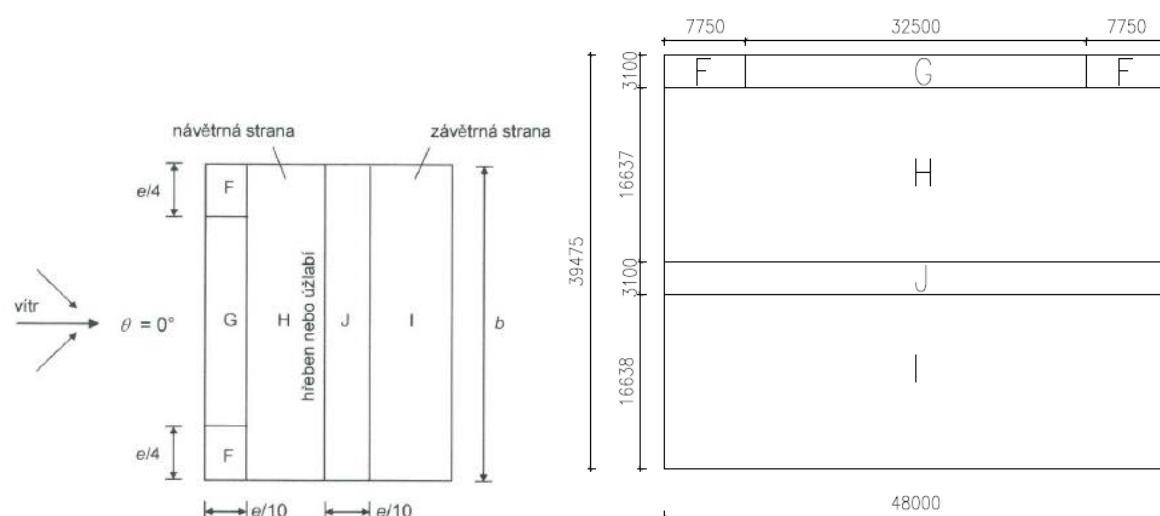


$$w_e = q_p(z) \cdot C_{pe,10} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

oblast	oblast D		oblast E	
h/d	$C_{pe,10}$	$w_e \text{ (A)}$	$C_{pe,10}$	$w_e \text{ (B)}$
0.32	0.71	0.667	-0.32	-0.301

2.3.2 VÍTR PŘÍČNÝ (ZS6)

$$e = \min \{b; 2h\} = \min \{48,0; 2 \cdot 15,5\} = \underline{31,0 \text{ m}}$$



sklon	oblast F		oblast G		oblast H		oblast I		oblast J	
	$c_{pe,10}$	w_e (F)	$c_{pe,10}$	w_e (G)	$c_{pe,10}$	w_e (H)	$c_{pe,10}$	w_e (I)	$c_{pe,10}$	w_e (J)
8.53°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.38	1.297	-1.04	0.978	0.48	0.451	0.52	0.489	0.28	0.386
	0.08	0.075	0.08	0.075	0.08	0.075	0.36	0.338	0.36	0.338

Zatížení větrem na štítové stěny

$$e = \min \{b; 2h\} = \min \{39,475; 2 \cdot 15,5\} = \underline{31,0 \text{ m}}$$

$$e = 31,0 \text{ m}$$

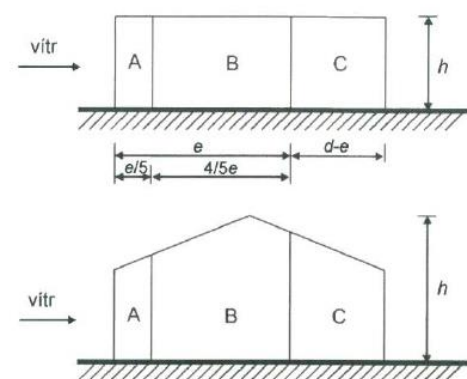
$$d = 48,0 \text{ m}$$

$$e < d \Rightarrow \text{oblasti A, B, C}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{15,5}{39,475} = 0,39$$

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10} [\text{kN/m}^2]$$

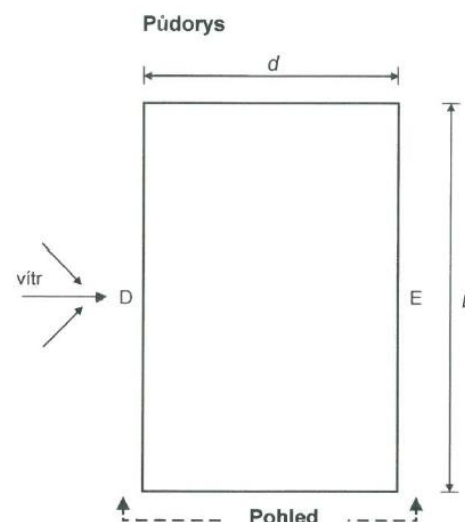
oblast	oblast A		oblast B		oblast C	
h/d	$c_{pe,10}$	w_e (A)	$c_{pe,10}$	w_e (B)	$c_{pe,10}$	w_e (C)
0.39	-1.2	-1.128	-0.91	-0.855	-0.5	-0.470

 Pohled pro $e < d$


Zatížení větrem na podélné stěny

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10} [\text{kN/m}^2]$$

oblast	oblast D		oblast E	
h/d	$c_{pe,10}$	w_e (A)	$c_{pe,10}$	w_e (B)
0.39	0.75	0.705	-0.39	-0.367



2.2.3 VNITŘNÍ TLAK – PŘETLAK (ZS7)

Plocha otvorů na rozhodující fasádě je více než třikrát větší než plocha otvorů na zbývajících fasádách, proto je použit součinitel vnitřního tlaku: $c_{pi} = 0,90 \cdot c_{pe}$.

$$c_{pi} = 0,90 \cdot 0,70 = 0,63$$

$$w_i = c_{pi} \cdot q_p(z) = 0,63 \cdot 0,94 = 0,59 \text{ kN/m}^2$$

2.2.4 VNITŘNÍ TLAK – PODTLAK (ZS8)

Plocha otvorů na rozhodující fasádě je více než třikrát větší než plocha otvorů na zbývajících fasádách, proto je použit součinitel vnitřního tlaku: $c_{pi} = 0,90 \cdot c_{pe}$.

$$c_{pi} = 0,90 \cdot (-0,30) = -0,27$$

$$w_i = c_{pi} \cdot q_p(z) = -0,27 \cdot 0,94 = -0,25 \text{ kN/m}^2$$

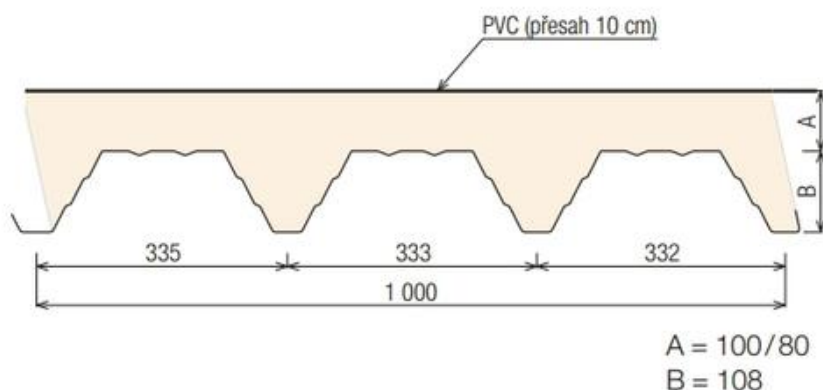
Zatížení větrem bylo generováno programem RFEM. Zatížení zatěžovacími stavy ZS7- přetlak a ZS8 – podtlak byly do programu vneseny ručně.

2.4 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

2.4.1 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Střešní plášť KINGSPAN KS1000 XM-DEK

- tento střešní plášť se vyznačuje vysokou protipožární ochranou, je vhodný pro velká rozpětí, z hlediska statiky jej můžeme uvažovat jako ztužující prvek střešní nosné konstrukce
- tloušťka 80 mm (tloušťka plechu 0,9 mm)
- hmotnost $17,7 \text{ kg/m}^2 \rightarrow 0,177 \text{ kN/m}^2$
- rozpětí panelů – 2,5 až 13,5 m (ZŠ $\rightarrow L = 1\,5010 \text{ mm}$)
- $g_{1,k} = \gamma \cdot L = 0,177 \cdot 1,5 = \underline{0,266 \text{ kN/m}}$



2.4.2 OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

- obsluha a technologické vybavení (osvětlení,..)
- Odhad $3 \text{ kg/m}^2 \rightarrow g_{2k} = \gamma \cdot L = 0,03 \cdot 1,5 = 0,045 \text{ kN/m}$
- $\Sigma g_{ki} = 0,266 + 0,045 = \underline{0,311 \text{ kN/m}}$

2.4.3 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

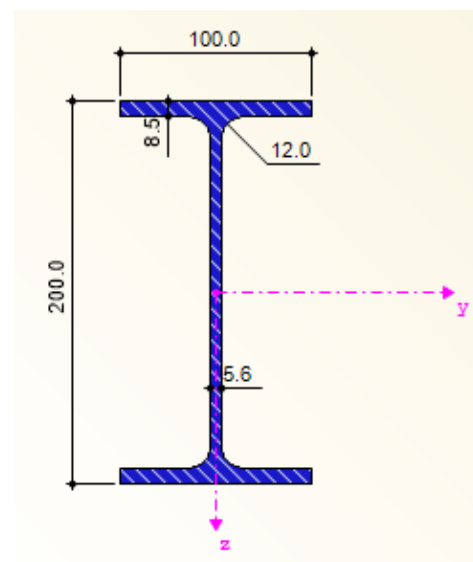
- vlastní tíha konstrukce
- objemová tíha oceli 7850 kg/m^3

3 POSUDKY

3.1 Vaznice IPE 200

Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha průřezu	A	2848.000	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_y	19430000.000	mm ⁴
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_z	1424000.000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	82.600	mm
Poloměr setrvačnosti	i_z	22.400	mm
Moment tuhosti v kroucení	I_t	69800.000	mm ⁴
Výšečový moment setrvačnosti	$I_{@v}$	12990000000.000	mm ⁶
Elastický průřezový modul	W_y	194300.000	mm ³
Elastický průřezový modul	W_z	28470.000	mm ³
Výšečový průřezový modul	$W_{@v}$	2713320.000	mm ⁴
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	220600.000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	44610.000	mm ³
Plastický výšečový průřezový modul	$W_{pl,@}$	4069380.000	mm ⁴
Plně plast. normál. síla podle DIN 18800-1 pro S 235	$N_{pl,d}$	0.621	MN
Plně plast. posouv. síla podle DIN 18800-1 pro S 235	$V_{pl,z,d}$	0.135	MN
Plně plast. ohyb. moment podle DIN 18800-1 pro S 235	$M_{pl,y,d}$	0.048	MNm



Přehled posudků

IPE 200					
1415	2.500	KZ134	0.00	≤ 1	100) Zanedbatelné vnitřní síly
1820	4.000	KZ192	0.04	≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
1820	0.000	KZ60	0.11	≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
1462	4.000	KZ60	0.11	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1210	4.000	KZ178	0.07	≤ 1	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1520	4.000	KZ122	0.05	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
1400	0.000	KZ136	0.01	≤ 1	123) Posouzení průřezu - smyk ve směru y podle 6.2.6
1120	0.000	KZ6	0.00	≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
1462	4.000	KZ60	0.11	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1210	4.000	KZ178	0.07	≤ 1	151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1508	4.000	KZ136	0.12	≤ 1	161) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb a smyk podle 6.2.6, 6.2.7 a 6.2.9
1821	2.000	KZ60	0.14	≤ 1	181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
1129	0.000	KZ180	0.10	≤ 1	201) Posouzení průřezu - ohyb okolo z, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
1508	0.000	KZ123	0.15	≤ 1	221) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9
1821	0.000	KZ25	0.02	≤ 1	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
1821	0.000	KZ25	0.13	≤ 1	312) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
1821	0.000	KZ25	0.03	≤ 1	321) Posouzení stability - vzpěr zkroucením podle 6.3.1.4 a 6.3.1.2(4)
1376	2.000	KZ74	0.28	≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez
1388	2.000	KZ122	0.36	≤ 1	363) Posouzení stability - dvouosý ohyb podle 6.3.3, metoda 2
1820	0.000	KZ60	0.98	≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Posouzení průřezu – klopení

☐ Návrhové vnitřní síly			
— Normálová síla	N_{Ed}	-9.722	kN
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.084	kN
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-1.544	kN
— Krouticí moment	T_{Ed}	-0.003	kNm
— Moment	$M_{y,Ed}$	8.483	kNm
— Moment	$M_{z,Ed}$	0.011	kNm

pásnice

— Délka	c_f	35.2	mm	
— Tloušťka	t_f	8.5	mm	
— Součinitel materiálu	ε_f	0.814		
— Max. poměr c/t - třída 1	$\lambda_{f,1}$	7.323		
— Max. poměr c/t - třída 2	$\lambda_{f,2}$	8.136		
— Max. poměr c/t - třída 3	$\lambda_{f,3}$	11.391		
— Poměr c/t	c/t_f	4.141		$\leq \lambda_{f,1}$
— Třída	Třída f	1		

stojina

— Podíl tlaku	α_w	0.630		
— Napětí vztažené na f_{yd}	$\sigma_{f-yd,1}$	355.000	MPa	
— Napětí vztažené na f_{yd}	$\sigma_{f-yd,2}$	-291.428	MPa	
— Poměr napětí	ψ_w	-0.821		
— Součinitel materiálu	ε_w	0.814		
— Max. poměr c/t - třída 1	$\lambda_{w,1}$	44.841		
— Max. poměr c/t - třída 2	$\lambda_{w,2}$	51.635		
— Max. poměr c/t - třída 3	$\lambda_{w,3}$	85.624		
— Poměr c/t	c/t_w	28.393		$\leq \lambda_{w,1}$
— Třída	Třída w	1		
Třída průřezu	Třída	1		

Kritérium	h/b	2.00		≤ 2
Křivka klopení	KK_{LT}	b		
Součinitel imperfekce	α_{LT}	0.340		
Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
Smykový modul	G	80769.200	MPa	
Součinitel délky	k_z	1.000		
Součinitel délky	k_w	1.000		
Délka	L	4.000	m	
Moment setrvačnosti	I_z	1424000.0	mm ⁴	
Výsečový moment setrvačnosti	I_w	1.29900E+1	mm ⁶	
Moment tuhosti v kroucení	I_t	69800.0	mm ⁴	
Kritický moment při klopení	$M_{cr,0}$	36.747	kNm	
Součinitel momentu	C_1	1.212		
Součinitel momentu	C_2	0.726		

— Poměrná štíhlost	λ_{LT}	1.585		
— Parametr	$\lambda_{LT,0}$	0.400		
— Parametr	β	0.750		
— Pomocný součinitel	Φ_{LT}	1.644		
— Součinitel klopení	χ_{LT}	0.393		
— Opravný součinitel	k_c	0.910		
— Modifikační součinitel	f	1.000		
— Součinitel klopení	$\chi_{LT,mod}$	0.393		
— Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M1}	1.000		
— Návrhová únosnost momentu klopení	$M_{b,Rd}$	30.740	kNm	
— Moment	$M_{y,Ed}$	8.483	kNm	
— Posouzení	η	0.28		≤ 1

☐ Rovnice pro posouzení

$$M_{y,Ed} / M_{b,Rd} = 0.28 \leq 1 \quad (6.54)$$

Posouzení průřezu – dvouosý ohyb

☐ Návrhové vnitřní síly

— Normálová síla	N_{Ed}	-7.114	kN	
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.128	kN	
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-2.486	kN	
— Krouticí moment	T_{Ed}	-0.001	kNm	
— Moment	$M_{y,Ed}$	-8.197	kNm	
— Moment	$M_{z,Ed}$	-0.955	kNm	

— Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_{LT}	b		
— Součinitel imperfekce	α_{LT}	0.340		
— Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
— Smykový modul	G	80769.200	MPa	
— Součinitel délky	k_z	1.000		
— Součinitel délky	k_w	1.000		
— Délka	L	4.000	m	
— Výsečový moment setrvačnosti	I_w	1.29900E+1	mm ⁶	
— Moment tuhosti v kroucení	I_t	69800.0	mm ⁴	
— Pružný kritický moment při klopení pro výpočet poměrné štíhlosti	$M_{cr,0}$	36.747	kNm	
— Součinitel momentu	C_1	1.600		
— Součinitel momentu	C_2	0.865		
— Působíště zatížení	z_g	100.0	mm	
— Kritický moment při klopení	M_{cr}	38.569	kNm	
— Průřezový modul	W_y	220600.0	mm ³	
— Poměrná štíhlost	λ_{LT}	1.425		
— Parametr	$\lambda_{LT,0}$	0.400		

— Pomocný součinitel	Φ_{LT}	1.436		
— Součinitel klopení	χ_{LT}	0.461		
— Opravný součinitel	k_c	0.910		
— Modifikační součinitel	f	0.990		
— Součinitel klopení	$\chi_{LT,mod}$	0.466		

— Součinitel momentu	ψ_y	0.097		
— Moment	$M_{h,y}$	11.001	kNm	
— Moment	$M_{s,y}$	-8.197	kNm	
— Poměr $M_{s,y} / M_{h,y}$	$\alpha_{s,y}$	-0.745		

Součinitel interakce	k_{yy}	0.699		
Součinitel interakce	k_{yz}	0.340		
Součinitel interakce	k_{zy}	0.990		
Součinitel interakce	k_{zz}	0.567		
Moment	$M_{y,Ed}$	11.001	kNm	
Průřezový modul	W_y	220600.0	mm ³	
Únosnost v ohybu	$M_{y,Rk}$	78.313	kNm	
Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M1}	1.000		
Momentová složka	η_{My}	0.30		
Moment	$M_{z,Ed}$	1.763	kNm	
Průřezový modul	W_z	44610.0	mm ³	
Únosnost v ohybu	$M_{z,Rk}$	15.837	kNm	
Momentová složka	η_{Mz}	0.11		
Posouzení 1	η_1	0.25		≤ 1
Posouzení 2	η_2	0.36		≤ 1

☐ Rovnice pro posouzení

$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.25 \leq 1 \quad (6.61)$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.36 \leq 1 \quad (6.62)$$

Posouzení průřezu – ohyb a tlak

☐ Návrhové vnitřní síly

Nomálová síla	N_{Ed}	-116.074	kN	
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.000	kN	
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	11.907	kN	
Krouticí moment	T_{Ed}	0.000	kNm	
Moment	$M_{y,Ed}$	-5.592	kNm	
Moment	$M_{z,Ed}$	0.000	kNm	

pásnice

- Součinitel materiálu	ε_f	0.814		
- Max. poměr c/t - třída 1	$\lambda_{f,1}$	7.323		
- Max. poměr c/t - třída 2	$\lambda_{f,2}$	8.136		
- Max. poměr c/t - třída 3	$\lambda_{f,3}$	11.391		
- Poměr c/t	c/t_f	4.141		$\leq \lambda_{f,1}$
- Třída	Třída f	1		

stojina

- Podíl tlaku	α_w	1.000		
- Napětí vztažené na f_{yd}	$\sigma_{f-yd,1}$	355.000	MPa	
- Napětí vztažené na f_{yd}	$\sigma_{f-yd,2}$	99.723	MPa	
- Poměr napětí	ψ_w	0.281		
- Součinitel materiálu	ε_w	0.814		
- Max. poměr c/t - třída 1	$\lambda_{w,1}$	26.849		
- Max. poměr c/t - třída 2	$\lambda_{w,2}$	30.917		
- Max. poměr c/t - třída 3	$\lambda_{w,3}$	44.804		
- Poměr c/t	c/t_w	28.393		$\leq \lambda_{w,2}$
- Třída	Třída w	2		
Třída průřezu	Třída	2		

☐ Posouzení					
Pružná kritická síla pro vybočení zkroucením	$N_{cr,T}$	999.736	kN		
Poměrná štíhlost	$\lambda_{_T}$	1.006			> 0.2
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_z	b			
Součinitel imperfekce	α_z	0.340			
Pomocný součinitel	Φ_T	1.143			
Součinitel vzpěrnosti	χ_T	0.593			
Modul pružnosti	E	210000.000	MPa		
Moment setrvačnosti	I_y	19430000.0	mm ⁴		
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,y}$	4.000	m		
Pružná kritická síla	$N_{cr,y}$	2516.930	kN		
Plocha průřezu	A	2848.0	mm ²		
Mez kluzu	f_y	355.000	MPa		
Poměrná štíhlost	$\lambda_{_y}$	0.634			> 0.2
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_y	a			
Součinitel imperfekce	α_y	0.210			
Pomocný součinitel	Φ_y	0.746			
Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.877			
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,z}$	4.000	m		
Pružná kritická síla	$N_{cr,z}$	184.463	kN		
Poměrná štíhlost	$\lambda_{_z}$	2.341			> 0.2
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_z	b			
Součinitel imperfekce	α_z	0.340			
Pomocný součinitel	Φ_z	3.604			
Součinitel vzpěrnosti	χ_z	0.158			
Výška průřezu	h	200.0	mm		
Šířka průřezu	b	100.0	mm		
Kritérium	h/b	2.00			≤ 2
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_{LT}	b			
Součinitel imperfekce	α_{LT}	0.340			
Smykový modul	G	80769.200	MPa		
Součinitel délky	k_z	1.000			
Součinitel délky	k_w	1.000			
Délka	L	4.000	m		
Výsečový moment setrvačnosti	I_w	1.29900E+1	mm ⁶		
Moment tuhosti v kroucení	I_t	69800.0	mm ⁴		
Pružný kritický moment při klopení pro výpočet poměrné štíhlosti	$M_{cr,0}$	36.747	kNm		
Součinitel momentu	C_1	1.219			
Součinitel momentu	C_2	0.790			
Působíště zatížení	z_g	100.0	mm		
Kritický moment při klopení	M_{cr}	30.438	kNm		
Průřezový modul	W_y	220600.0	mm ³		
Poměrná štíhlost	$\lambda_{_LT}$	1.604			
Parametr	$\lambda_{_LT,0}$	0.400			
Parametr	β	0.750			
Pomocný součinitel	Φ_{LT}	1.670			
Součinitel klopení	χ_{LT}	0.385			
Opravný součinitel	k_c	0.900			
Modifikační součinitel	f	1.000			
Součinitel klopení	$\chi_{LT,mod}$	0.385			
Typ úlohy kolem osy y	Typ	Pevně			
Průběh momentu	Diagr M_y	3) Max. v pc			
Součinitel momentu	ψ_y	0.733			
Moment	$M_{h,y}$	-5.592	kNm		
Moment	$M_{s,y}$	8.362	kNm		
Poměr $M_{h,y} / M_{s,y}$	$\alpha_{h,y}$	-0.669			
Typ zatížení	Zatížení z	Rovnom. pů			
Součinitel momentu	C_{my}	0.917			

Součinitel momentu	C_{mz}	0.400	
Průběh momentu	Diagr $M_{y,LT}$	3) Max. v pc	
Součinitel momentu	$\psi_{y,LT}$	0.733	
Moment	$M_{h,y,LT}$	-5.592	kNm
Moment	$M_{s,y,LT}$	8.362	kNm
Poměr $M_{h,y,LT} / M_{s,y,LT}$	$\alpha_{h,y,LT}$	-0.669	
Typ zatížení	Zatížení z	Rovnom. pú	
Součinitel momentu	C_{mLT}	0.917	
Typ dílce	Dílec	Torz. měkký	
Součinitel interakce	k_{yy}	0.969	
Součinitel interakce	k_{yz}	0.485	
Součinitel interakce	k_{zy}	0.891	
Součinitel interakce	k_{zz}	0.808	

☐ Rovnice pro posouzení

$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.40 \leq 1 \quad (6.61)$$

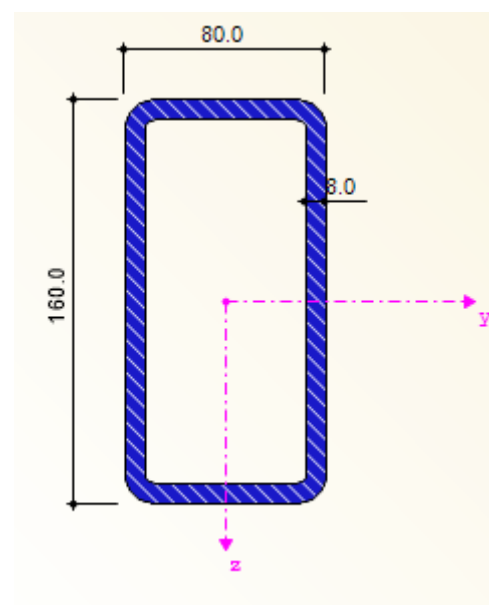
$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.98 \leq 1 \quad (6.62)$$

3.2 Horní pás

OBD 160/80/8

Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha průřezu	A	3520.000	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_y	10910000.000	mm ⁴
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_z	3560000.000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	55.700	mm
Poloměr setrvačnosti	i_z	31.800	mm
Moment tuhosti v kroucení	I_t	8830000.000	mm ⁴
Výšečový moment setrvačnosti	$I_{@v}$	1146000000.000	mm ⁶
Průřezový modul v kroucení	W_t	151000.000	mm ³
Elastický průřezový modul	W_y	136000.000	mm ³
Elastický průřezový modul	W_z	89000.000	mm ³
Výšečový průřezový modul	$W_{@v}$	1175840.000	mm ⁴
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	175000.000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	106000.000	mm ³



Přehled posudků

RRO 160x80x8 (tvar. za tepla)					
1085	2.030	KZ378	0.00	≤ 1	100) Zanedbatelné vnitřní síly
614	0.000	KZ60	0.30	≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
632	2.706	KZ60	0.42	≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
427	2.706	KZ29	0.07	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1074	0.000	KZ65	0.02	≤ 1	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1328	2.084	KZ180	0.03	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
892	2.706	KZ180	0.00	≤ 1	123) Posouzení průřezu - smyk ve směru y podle 6.2.6
55	0.000	KZ6	0.00	≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
427	2.706	KZ29	0.07	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8

1074	0.000	KZ65	0.02	≤ 1	151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1327	2.706	KZ51	0.03	≤ 1	161) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb a smyk podle 6.2.6, 6.2.7 a 6.2.9
632	2.706	KZ60	0.55	≤ 1	181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
616	3.034	KZ175	0.26	≤ 1	201) Posouzení průřezu - ohyb okolo z, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
1328	2.084	KZ180	0.12	≤ 1	221) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9
517	3.034	KZ49	0.09	≤ 1	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
609	3.034	KZ191	0.14	≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
1331	0.758	KZ281	0.05	≤ 1	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
609	3.034	KZ191	0.23	≤ 1	312) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
539	2.706	KZ60	0.79	≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Posouzení průřezu – tah

Návrhové vnitřní síly

— Normálová síla	N_{Ed}	377.464	kN
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-0.034	kN
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	10.507	kN
— Krouticí moment	T_{Ed}	0.005	kNm
— Moment	$M_{y,Ed}$	-10.041	kNm
— Moment	$M_{z,Ed}$	-0.015	kNm

Posouzení

— Tahová síla	$N_{t,Ed}$	377.464	kN	
— Plocha průřezu	A	3520.0	mm ²	
— Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
— Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M0}	1.000		
— Návrhová plastická únosnost vůči normálovým silám	$N_{pl,Rd}$	1249.600	kN	
— Únosnost při působení osových sil	$N_{t,Rd}$	1249.600	kN	
— Posouzení	η	0.30		≤ 1

Rovnice pro posouzení

$$N_{t,Ed} / N_{t,Rd} = 0.30 \leq 1 \quad (6.5)$$

Posouzení průřezu – tlak

Návrhové vnitřní síly

— Normálová síla	N_{Ed}	-520.407	kN
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.000	kN
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-3.136	kN
— Krouticí moment	T_{Ed}	-0.033	kNm
— Moment	$M_{y,Ed}$	-11.081	kNm
— Moment	$M_{z,Ed}$	0.018	kNm

Klasifikace průřezu - třída 1

Posouzení

— Tlaková síla	$N_{c,Ed}$	520.407	kN	
— Plocha průřezu	A	3520.0	mm ²	
— Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
— Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M0}	1.000		
— Únosnost při působení normálové síly	$N_{c,Rd}$	1249.600	kN	
— Posouzení	η	0.42		≤ 1

Rovnice pro posouzení

$$N_{c,Ed} / N_{c,Rd} = 0.42 \leq 1 \quad (6.9)$$

Posouzení průřezu – tlak

Návrhové vnitřní síly

Nomálová síla	N_{Ed}	-520.407	kN		
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.000	kN		
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-3.136	kN		
Krouticí moment	T_{Ed}	-0.033	kNm		
Moment	$M_{y,Ed}$	-11.081	kNm		
Moment	$M_{z,Ed}$	0.018	kNm		

Posouzení

Moment	$M_{y,Ed}$	11.081	kNm		
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	175000.0	mm ³		
Mez kluzu	f_y	355.000	MPa		
Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M0}	1.000			
Únosnost v ohybu	$M_{pl,y,Rd}$	62.125	kNm		
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	3.136	kN		
Účinná smyková plocha	$A_{v,z}$	2346.7	mm ²		
Únosnost ve smyku	$V_{pl,z,Rd}$	480.971	kN		
Kritérium $V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$	v_z	0.007		≤ 0.5	
Plocha průřezu	A	3520.0	mm ²		
Šířka průřezu	b	80.0	mm		
Tloušťka průřezu	t	8.0	mm		
Součinitel	a_w	0.500		≤ 0.5	
Nomálová síla	N_{Ed}	-520.407	kN		
Návrhová plastická únosnost vůči nomálovým silám	$N_{pl,Rd}$	1249.600	kN		
Poměr $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$	n	0.416			
Únosnost v ohybu	$M_{N,pl,y,Rd}$	48.337	kNm		
Složka posouzení M_y	η_{My}	0.23		≤ 1	
Posouzení	η	0.55		≤ 1	

Rovnice pro posouzení

$$M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd} = 0.55 \leq 1 \quad (6.31)$$

Posouzení průřezu – ohyb a tlak

Návrhové vnitřní síly

Nomálová síla	N_{Ed}	-519.717	kN		
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.023	kN		
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-3.133	kN		
Krouticí moment	T_{Ed}	-0.015	kNm		
Moment	$M_{y,Ed}$	-11.057	kNm		
Moment	$M_{z,Ed}$	0.054	kNm		
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,y}$	2.706	m		
Pružná kritická síla	$N_{cr,y}$	3087.060	kN		
Plocha průřezu	A	3520.0	mm ²		
Mez kluzu	f_y	355.000	MPa		
Poměrná štíhlost	$\lambda_{_y}$	0.636		> 0.2	
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_y	a			
Součinitel imperfekce	α_y	0.210			
Pomocný součinitel	Φ_y	0.748			
Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.876			
Moment setrvačnosti	I_z	3560000.0	mm ⁴		
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,z}$	2.706	m		
Pružná kritická síla	$N_{cr,z}$	1007.330	kN		
Poměrná štíhlost	$\lambda_{_z}$	1.114		> 0.2	
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_z	a			
Součinitel imperfekce	α_z	0.210			
Pomocný součinitel	Φ_z	1.216			
Součinitel vzpěrnosti	χ_z	0.587			

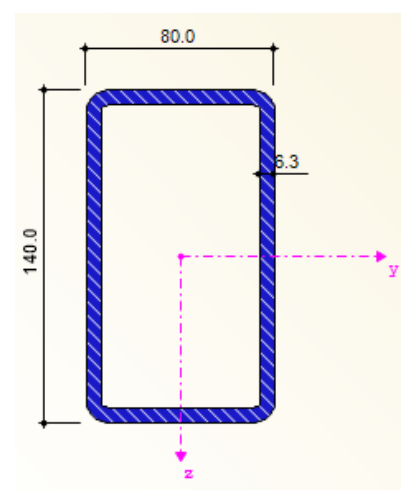
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,z}$	2.706	m	
Pružná kritická síla	$N_{cr,z}$	1007.330	kN	
Poměrná štíhlost	λ_z	1.114		> 0.2
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_z	a		
Součinitel imperfekce	α_z	0.210		
Pomocný součinitel	Φ_z	1.216		
Součinitel vzpěrnosti	χ_z	0.587		
Typ úlohy kolem osy y	Typ	Pevně		
Průběh momentu	Diagr M_y	2) Max. na c		
Součinitel momentu	ψ_y	-0.190		
Moment	$M_{h,y}$	-11.057	kNm	
Moment	$M_{s,y}$	-5.196	kNm	
Poměr $M_{s,y} / M_{h,y}$	$\alpha_{s,y}$	0.470		
Typ zatížení	Zatížení z	Rovnom. pů		
Součinitel momentu	C_{my}	0.576		

Součinitel interakce	k_{yy}	0.695	
Součinitel interakce	k_{yz}	0.878	
Součinitel interakce	k_{zy}	0.417	
Součinitel interakce	k_{zz}	1.463	
☐ Rovnice pro posouzení			
$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.60 \leq 1 \quad (6.61)$			
$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.79 \leq 1 \quad (6.62)$			

3.3 Dolní pás OBD 140/80/6.3

Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha průřezu	A	2570.000	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_y	6460000.000	mm ⁴
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_z	2650000.000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	50.100	mm
Moment tuhosti v kroucení	I_t	6070000.000	mm ⁴
Výšečový moment setrvačnosti	$I_{@v}$	446900000.000	mm ⁶
Průřezový modul v kroucení	W_t	110000.000	mm ³
Elastický průřezový modul	W_y	92300.000	mm ³
Elastický průřezový modul	W_z	66200.000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	115000.000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	77500.000	mm ³
Plně plast. normál. síla podle DIN 18800-1 pro $f_{y,d} = 21,82$ kN/cm ²	$N_{pl,d}$	0.561	MN
Plně plast. ohyb. moment podle DIN 18800-1 pro $f_{y,d} = 21,82$ kN/cm ²	$M_{pl,y,d}$	0.025	MNm
Plně plast. ohyb. moment podle DIN 18800-1 pro $f_{y,d} = 21,82$ kN/cm ²	$M_{pl,z,d}$	0.017	MNm



Přehled posudků

RRO 140x80x6.3 (tvar. za tepla)					
997	2.275	KZ146	0.00	≤ 1	100) Zanedbatelné vnitřní síly
528	0.000	KZ60	0.32	≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3

538	3.034	KZ60	0.31	≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
1345	3.034	KZ152	0.05	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1093	0.000	KZ51	0.01	≤ 1	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1345	0.000	KZ180	0.00	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
1336	3.034	KZ60	0.00	≤ 1	123) Posouzení průřezu - smyk ve směru y podle 6.2.6
72	2.275	KZ18	0.00	≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
1345	3.034	KZ152	0.05	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1093	0.000	KZ51	0.01	≤ 1	151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1087	3.034	KZ74	0.00	≤ 1	161) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb a smyk podle 6.2.6, 6.2.7 a 6.2.9
528	1.383	KZ60	0.34	≤ 1	181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
439	0.000	KZ74	0.30	≤ 1	201) Posouzení průřezu - ohyb okolo z, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
1345	3.034	KZ123	0.01	≤ 1	221) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9
904	3.034	KZ285	0.08	≤ 1	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
538	3.034	KZ88	0.37	≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
906	2.767	KZ356	0.05	≤ 1	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
538	3.034	KZ88	0.59	≤ 1	312) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
538	3.034	KZ60	0.62	≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Posouzení průřezu – tah

☐ Návrhové vnitřní síly

— Normálová síla	N_{Ed}	294.092	kN
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.105	kN
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.008	kN
— Krouticí moment	T_{Ed}	-0.002	kNm
— Moment	$M_{y,Ed}$	1.085	kNm
— Moment	$M_{z,Ed}$	0.145	kNm

☐ Posouzení

— Tahová síla	$N_{t,Ed}$	294.092	kN	
— Plocha průřezu	A	2570.0	mm ²	
— Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
— Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M0}	1.000		
— Návrhová plastická únosnost vůči normálovým silám	$N_{pl,Rd}$	912.350	kN	
— Únosnost při působení osových sil	$N_{t,Rd}$	912.350	kN	
— Posouzení	η	0.32		≤ 1

☐ Rovnice pro posouzení

$$N_{t,Ed} / N_{t,Rd} = 0.32 \leq 1 \quad (6.5)$$

Posouzení průřezu – ohyb, smyk a osová síla

☐ Návrhové vnitřní síly

— Normálová síla	N_{Ed}	294.037	kN
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.039	kN
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-0.035	kN
— Krouticí moment	T_{Ed}	-0.002	kNm
— Moment	$M_{y,Ed}$	1.067	kNm
— Moment	$M_{z,Ed}$	0.054	kNm

☐ Posouzení

— Moment	$M_{y,Ed}$	1.067	kNm	
— Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	115000.0	mm ³	
— Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
— Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M0}	1.000		
— Únosnost v ohybu	$M_{pl,y,Rd}$	40.825	kNm	
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.035	kN	
— Účinná smyková plocha	$A_{v,z}$	1635.5	mm ²	
— Únosnost ve smyku	$V_{pl,z,Rd}$	335.202	kN	
— Kritérium $V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$	v_z	0.000		≤ 0.5
— Plocha průřezu	A	2570.0	mm ²	
— Šířka průřezu	b	80.0	mm	
— Tloušťka průřezu	t	6.3	mm	
— Součinitel	a_w	0.500		≤ 0.5
— Normálová síla	N_{Ed}	294.037	kN	
— Návrhová plastická únosnost vůči normálovým silám	$N_{pl,Rd}$	912.350	kN	
— Poměr $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$	n	0.322		
— Únosnost v ohybu	$M_{N,pl,y,Rd}$	36.890	kNm	
— Složka posouzení M_y	η_{My}	0.03		≤ 1
— Posouzení	η	0.34		≤ 1

☐ Rovnice pro posouzení

$$M_{y,Ed} / M_{N,pl,y,Rd} = 0.34 \leq 1 \quad (6.31)$$

Posouzení průřezu – vzpěr okolo z

☐ Návrhové vnitřní síly

— Normálová síla	N_{Ed}	-271.988	kN	
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-0.010	kN	
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-0.463	kN	
— Krouticí moment	T_{Ed}	0.004	kNm	
— Moment	$M_{y,Ed}$	0.051	kNm	
— Moment	$M_{z,Ed}$	0.005	kNm	

☒ Klasifikace průřezu - třída 1

☐ Posouzení

— Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
— Moment setrvačnosti	I_z	2650000.0	mm ⁴	
— Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,z}$	3.034	m	
— Pružná kritická síla	$N_{cr,z}$	596.842	kN	
— Plocha průřezu	A	2570.0	mm ²	
— Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
— Poměrná štíhlost	$\lambda_{_z}$	1.236		> 0.2
— Osová síla (tlak)	N_{Ed}	271.988	kN	
— Kritérium $N_{Ed} / N_{cr,z}$	$\eta_{N,cr}$	0.456		> 0.04
— Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_z	a		
— Součinitel imperfekce	α_z	0.210		
— Pomocný součinitel	Φ_z	1.373		
— Součinitel vzpěrnosti	χ_z	0.507		
— Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M1}	1.000		
— Vzpěrná únosnost	$N_{b,z,Rd}$	463.000	kN	
— Posouzení	η	0.59		≤ 1

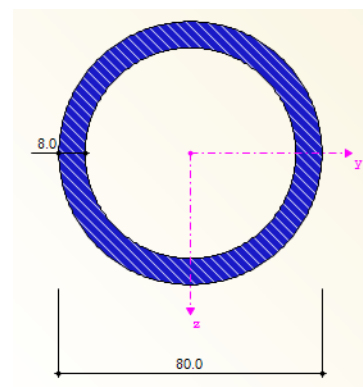
☐ Rovnice pro posouzení

$$N_{Ed} / N_{b,z,Rd} = 0.59 \leq 1 \quad (6.46)$$

3.4 Diagonály RO 80/8

Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha průřezu	A	1809.600	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_y	1187070.000	mm ⁴
Polární moment setrvačnosti	I_p	2374140.000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	25.600	mm
Moment tuhosti v kroucení	I_t	2374140.000	mm ⁴
Průřezový modul v kroucení	W_t	59353.500	mm ³
Elastický průřezový modul	W_y	29676.700	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y,max}$	41642.700	mm ³



Přehled posudků

Trubka 80/8					
43	0.658	KZ204	0.00	≤ 1	100) Zanedbatelné vnitřní síly
600	3.239	KZ60	0.44	≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
1291	0.000	KZ180	0.27	≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
21	3.239	KZ151	0.03	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1060	2.632	KZ84	0.02	≤ 1	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
600	0.000	KZ60	0.00	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
1288	3.517	KZ60	0.00	≤ 1	123) Posouzení průřezu - smyk ve směru y podle 6.2.6
21	3.239	KZ151	0.03	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1060	2.632	KZ84	0.02	≤ 1	151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1309	3.290	KZ64	0.00	≤ 1	161) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb a smyk podle 6.2.6, 6.2.7 a 6.2.9
600	0.000	KZ60	0.32	≤ 1	181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
1289	2.110	KZ60	0.12	≤ 1	201) Posouzení průřezu - ohyb okolo z, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
414	0.000	KZ60	0.01	≤ 1	221) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9
1291	0.648	KZ360	0.05	≤ 1	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
1291	0.000	KZ51	0.54	≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
1291	0.648	KZ360	0.05	≤ 1	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
1291	0.000	KZ51	0.54	≤ 1	312) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
1291	0.000	KZ180	0.88	≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Posouzení průřezu – tlak

Návrhové vnitřní síly			
Nomálová síla	N_{Ed}	285.374	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.022	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-0.750	kN
Krouticí moment	T_{Ed}	-0.007	kNm
Moment	$M_{y,Ed}$	-0.671	kNm
Moment	$M_{z,Ed}$	-0.023	kNm

☐ Posouzení				
— Tahová síla	$N_{t,Ed}$	285.374	kN	
— Plocha průřezu	A	1809.6	mm ²	
— Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
— Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M0}	1.000		
— Návrhová plastická únosnost vůči normálovým silám	$N_{pl,Rd}$	642.393	kN	
— Únosnost při působení osově síly	$N_{t,Rd}$	642.393	kN	
— Posouzení	η	0.44		≤ 1
☐ Rovnice pro posouzení				
— $N_{t,Ed} / N_{t,Rd} = 0.44 \leq 1$ (6.5)				

Posouzení průřezu – ohyb a tlak

☐ Návrhové vnitřní síly				
— Normálová síla	N_{Ed}	-170.511	kN	
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-0.075	kN	
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.418	kN	
— Krouticí moment	T_{Ed}	0.081	kNm	
— Moment	$M_{y,Ed}$	-0.114	kNm	
— Moment	$M_{z,Ed}$	-0.051	kNm	

☐ Klasifikace průřezu - třída 1				
— Napětí	σ	-98.075	MPa	< 0
— Součinitel materiálu	ε	0.814		
— Max. poměr d/t - třída 1	λ_1	33.099		
— Max. poměr d/t - třída 2	λ_2	46.338		
— Max. poměr d/t - třída 3	λ_3	59.577		
— Průměr	d	80.0	mm	
— Tloušťka stěny	t	8.0	mm	
— Poměr d/t	d/t	10.000		$\leq \lambda_1$
— Třída průřezu	Třída	1		

— Pružná kritická síla	$N_{cr,y}$	234.462	kN	
— Plocha průřezu	A	1809.6	mm ²	
— Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
— Poměr λ štíhlost	λ_y	1.655		> 0.2
— Křivka vzpěmě pevnosti	KVP_y	a		
— Součinitel imperfekce	α_y	0.210		
— Pomocný součinitel	Φ_y	2.023		
— Součinitel vzpěmosti	χ_y	0.314		

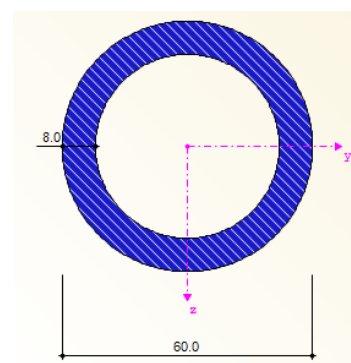
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,z}$	3.239	m	
Průžná kritická síla	$N_{cr,z}$	234.462	kN	
Poměrná štíhlost	λ_{z}	1.655		> 0.2
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_z	a		
Součinitel imperfekce	α_z	0.210		
Pomocný součinitel	Φ_z	2.023		
Součinitel vzpěrnosti	χ_z	0.314		
Typ úlohy kolem osy y	Typ	Pevně		
Průběh momentu	Diagr M_y	3) Max. v pc		
Součinitel momentu	ψ_y	0.911		
Moment	$M_{h,y}$	-0.125	kNm	
Moment	$M_{s,y}$	0.264	kNm	
Poměr $M_{h,y} / M_{s,y}$	$\alpha_{h,y}$	-0.475		
Typ zatížení	Zatížení z	Rovnom. pů		
Součinitel momentu	C_{my}	0.926		
Součinitel momentu	C_{mz}	0.853		
Typ dílce	Dílec	Torz. tuhý		
Součinitel interakce	k_{yy}	1.553		
Součinitel interakce	k_{yz}	0.858		
Součinitel interakce	k_{zy}	0.932		
Součinitel interakce	k_{zz}	1.431		
Osová síla (tlak)	N_{Ed}	170.511	kN	
Rozhodující průřezová plocha	A_i	1809.6	mm ²	
Únosnost v tlaku	N_{Rk}	642.393	kN	
Díleč součinitel únosnosti	γ_{M1}	1.000		
Složka posouzení N	η_{Ny}	0.85		≤ 1
Složka posouzení N	η_{Nz}	0.85		≤ 1
Moment	$M_{y,Ed}$	0.265	kNm	
Průřezový modul	W_y	41642.7	mm ³	
Únosnost v ohybu	$M_{y,Rk}$	14.783	kNm	
Momentová složka	η_{My}	0.02		
Moment	$M_{z,Ed}$	0.111	kNm	
Průřezový modul	W_z	41642.7	mm ³	
Únosnost v ohybu	$M_{z,Rk}$	14.783	kNm	
Momentová složka	η_{Mz}	0.01		
Posouzení 1	η_1	0.88		≤ 1

3.5 Svislice

RO 60/8

Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha průřezu	A	1306.900	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_y	452188.000	mm ⁴
Polární moment setrvačnosti	I_p	904377.000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	18.600	mm
Moment tuhosti v kroucení	I_t	904377.000	mm ⁴
Průřezový modul v kroucení	W_t	30145.900	mm ³
Elastický průřezový modul	W_y	15072.900	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y,max}$	21802.700	mm ³



Přehled posudků

Trubka 60/8					
563	0.632	KZ168	0.00	≤ 1	100) Zanedbatelné vnitřní síly
863	1.780	KZ122	0.24	≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
606	0.000	KZ60	0.42	≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
210	0.000	KZ110	0.04	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1298	1.780	KZ164	0.05	≤ 1	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
589	0.637	KZ60	0.01	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
1047	0.600	KZ60	0.01	≤ 1	123) Posouzení průřezu - smyk ve směru y podle 6.2.6
1283	1.187	KZ60	0.00	≤ 1	128) Posouzení průřezu - výsledná smyková síla podle 6.2.6
210	0.000	KZ110	0.04	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1298	1.780	KZ164	0.05	≤ 1	151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1285	0.000	KZ76	0.01	≤ 1	161) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb a smyk podle 6.2.6, 6.2.7 a 6.2.9
408	1.780	KZ60	0.28	≤ 1	181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
1047	1.800	KZ60	0.16	≤ 1	201) Posouzení průřezu - ohyb okolo z, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
594	1.780	KZ60	0.02	≤ 1	221) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9
941	1.780	KZ160	0.05	≤ 1	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
119	0.000	KZ76	0.60	≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
199	1.780	KZ124	0.05	≤ 1	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
119	0.000	KZ76	0.60	≤ 1	312) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
606	0.000	KZ60	0.87	≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Posouzení průřezu - tlak

☐ Návrhové vnitřní síly				
— Normálová síla	N_{Ed}	-194.766	kN	
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.009	kN	
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.093	kN	
— Krouticí moment	T_{Ed}	0.002	kNm	
— Moment	$M_{y,Ed}$	0.152	kNm	
— Moment	$M_{z,Ed}$	0.013	kNm	
☑ Klasifikace průřezu - třída 1				
☐ Posouzení				
— Tlaková síla	$N_{c,Ed}$	194.766	kN	
— Plocha průřezu	A	1306.9	mm ²	
— Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
— Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M0}	1.000		
— Únosnost při působení normálové síly	$N_{c,Rd}$	463.950	kN	
— Posouzení	η	0.42		≤ 1
☐ Rovnice pro posouzení				
— $N_{c,Ed} / N_{c,Rd} = 0.42 \leq 1$ (6.9)				

Posouzení průřezu - vzpěr okolo y

☐ Návrhové vnitřní síly				
— Normálová síla	N_{Ed}	-137.745	kN	
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-0.028	kN	
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.064	kN	
— Krouticí moment	T_{Ed}	0.003	kNm	
— Moment	$M_{y,Ed}$	0.049	kNm	
— Moment	$M_{z,Ed}$	-0.025	kNm	

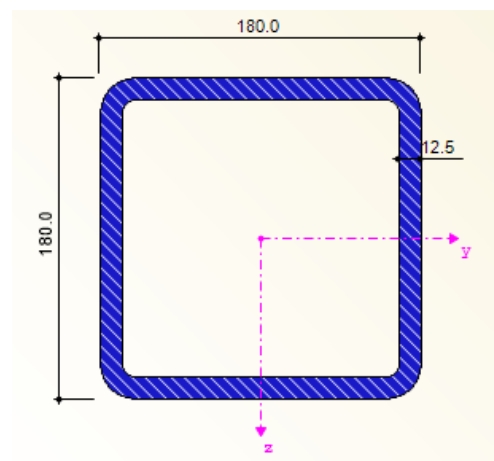
Klasifikace průřezu - třída 1				
Posouzení				
— Moment	$M_{y,Ed}$	0.049	kNm	
— Únosnost v ohybu	$M_{pl,y,Rd}$	7.740	kNm	
— Podíl mezního momentu	$\eta M_{y,limit}$	0.010		
— Podíl momentu $M_{y,Ed} / M_{pl,y,Rd}$	ηM_y	0.000		$\leq \eta M_{y,li}$
— Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
— Moment setrvačnosti	I_y	452188.0	mm ⁴	
— Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,y}$	1.780	m	
— Pružná kritická síla	$N_{cr,y}$	295.772	kN	
— Plocha průřezu	A	1306.9	mm ²	
— Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
— Poměrná štíhlost	$\lambda_{_y}$	1.252		> 0.2
— Osová síla (tlak)	N_{Ed}	137.745	kN	
— Kritérium $N_{Ed} / N_{cr,y}$	ηN_{cr}	0.466		> 0.04
— Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_y	a		
— Součinitel imperfekce	α_y	0.210		
— Pomocný součinitel	Φ_y	1.395		
— Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.498		
— Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M1}	1.000		
— Vzpěrná únosnost	$N_{b,y,Rd}$	230.968	kN	
— Posouzení	η	0.60		≤ 1

3.6 Stojina sloupu

ČTV 180/12.5

Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha průřezu	A	8210.000	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_y	37900000.000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	68.000	mm
Moment tuhosti v kroucení	I_t	60700000.000	mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	$I_{@v}$	81790000.000	mm ⁶
Průřezový modul v kroucení	W_t	613000.000	mm ³
Elastický průřezový modul	W_y	421000.000	mm ³
Statický moment	$S_{y,max}$	125898.000	mm ³
Plastický průřezový modul	W_{ply}	511000.000	mm ³



Přehled posudků

QRO 180x12.5 (tvar. za tepla)					
1459	2.667	KZ13	0.00	≤ 1	100) Zanedbatelné vnitřní síly
645	1.451	KZ60	0.09	≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
637	2.043	KZ60	0.18	≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
1358	2.049	KZ269	0.07	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1370	3.333	KZ138	0.03	≤ 1	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1359	0.000	KZ180	0.04	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
1005	0.726	KZ180	0.01	≤ 1	123) Posouzení průřezu - smyk ve směru y podle 6.2.6

81	0.000	KZ6	0.00	≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
1358	2.049	KZ269	0.07	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1370	3.333	KZ138	0.03	≤ 1	151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1358	2.049	KZ88	0.02	≤ 1	161) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb a smyk podle 6.2.6, 6.2.7 a 6.2.9
1358	2.049	KZ180	0.14	≤ 1	181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
1238	4.000	KZ151	0.02	≤ 1	201) Posouzení průřezu - ohyb okolo z, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
1359	0.000	KZ180	0.05	≤ 1	221) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9
637	2.043	KZ60	0.19	≤ 1	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
637	2.043	KZ60	0.19	≤ 1	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
640	3.105	KZ60	0.23	≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Posouzení průřezu – vzpěr okolo y

☐ Návrhové vnitřní síly				
— Normálová síla	N_{Ed}	-523.889	kN	
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.008	kN	
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.134	kN	
— Krouticí moment	T_{Ed}	0.016	kNm	
— Moment	$M_{y,Ed}$	-1.224	kNm	
— Moment	$M_{z,Ed}$	0.031	kNm	

pásnice

— Poměr napětí	ψ_f	0.998		
— Součinitel materiálu	ϵ_f	0.814		
— Max. poměr c/t - třída 1	$\lambda_{f,1}$	26.849		
— Max. poměr c/t - třída 2	$\lambda_{f,2}$	30.917		
— Max. poměr c/t - třída 3	$\lambda_{f,3}$	34.193		
— Poměr c/t	c/t_f	11.392		$\leq \lambda_{f,1}$
— Třída	Třída f	1		

stojina

— Poměr napětí	ψ_w	0.930		
— Součinitel materiálu	ϵ_w	0.814		
— Max. poměr c/t - třída 1	$\lambda_{w,1}$	26.849		
— Max. poměr c/t - třída 2	$\lambda_{w,2}$	30.917		
— Max. poměr c/t - třída 3	$\lambda_{w,3}$	34.974		
— Poměr c/t	c/t_w	11.392		$\leq \lambda_{w,1}$
— Třída	Třída w	1		
— Třída průřezu	Třída	1		

☐ Posouzení				
— Moment	$M_{y,Ed}$	-1.224	kNm	
— Únosnost v ohybu	$M_{pl,y,Rd}$	181.405	kNm	
— Podíl mezního momentu	$\eta_{My,limit}$	0.010		
— Podíl momentu $M_{y,Ed} / M_{pl,y,Rd}$	η_{My}	0.007		$\leq \eta_{My,li}$
— Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
— Moment setrvačnosti	I_y	37900000.0	mm ⁴	
— Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,y}$	2.043	m	
— Pružná kritická síla	$N_{cr,y}$	18811.100	kN	
— Plocha průřezu	A	8210.0	mm ²	
— Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
— Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M1}	1.000		
— Osová síla (tlak)	N_{Ed}	523.889	kN	
— Kritérium $N_{Ed} / N_{cr,y}$	$\eta_{N,cr}$	0.028		≤ 0.04
☐ Rovnice pro posouzení				
$N_{Ed} / N_{b,y,Rd} = 0.19 \leq 1$ (6.46)				

Posouzení průřezu – ohyb a tlak

Návrhové vnitřní síly

Nomálová síla	N_{Ed}	-500.330	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.003	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	3.338	kN
Krouticí moment	T_{Ed}	0.010	kNm
Moment	$M_{y,Ed}$	-0.078	kNm
Moment	$M_{z,Ed}$	0.011	kNm

pásnice

- Podíl tlaku	α_f	1.000	
- Napětí vztažené na f_{yd}	$\sigma_{f-yd,1}$	355.000	MPa
- Napětí vztažené na f_{yd}	$\sigma_{f-yd,2}$	354.750	MPa
- Poměr napětí	ψ_f	0.999	
- Součinitel materiálu	ε_f	0.814	
- Max. poměr c/λ - třída 1	$\lambda_{f,1}$	26.849	
- Max. poměr c/λ - třída 2	$\lambda_{f,2}$	30.917	
- Max. poměr c/λ - třída 3	$\lambda_{f,3}$	34.180	
- Poměr c/λ	c/λ_f	11.392	$\leq \lambda_{f,1}$
- Třída	$Třída_f$	1	

stojina

- Poměr napětí	ψ_w	0.995	
- Součinitel materiálu	ε_w	0.814	
- Max. poměr c/λ - třída 1	$\lambda_{w,1}$	26.849	
- Max. poměr c/λ - třída 2	$\lambda_{w,2}$	30.917	
- Max. poměr c/λ - třída 3	$\lambda_{w,3}$	34.226	
- Poměr c/λ	c/λ_w	11.392	$\leq \lambda_{w,1}$
- Třída	$Třída_w$	1	
Třída průřezu	$Třída$	1	

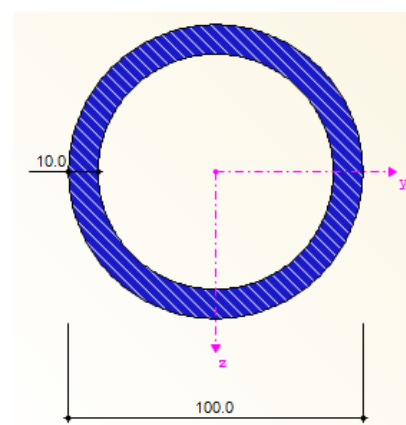
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,y}$	3.105	m
Pružná kritická síla	$N_{cr,y}$	8145.110	kN
Plocha průřezu	A	8210.0	mm ²
Mez kluzu	f_y	355.000	MPa
Poměrná štíhlost	λ_y	0.598	> 0.2
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_y	a	
Součinitel imperfekce	α_y	0.210	
Pomocný součinitel	Φ_y	0.721	
Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.891	
Moment setrvačnosti	I_z	37900000.0	mm ⁴
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,z}$	3.105	m
Pružná kritická síla	$N_{cr,z}$	8145.110	kN
Poměrná štíhlost	λ_z	0.598	> 0.2
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP_z	a	
Součinitel imperfekce	α_z	0.210	
Pomocný součinitel	Φ_z	0.721	
Součinitel vzpěrnosti	χ_z	0.891	

Součinitel momentu	ψ_y	0.008		
Součinitel momentu	C_{my}	0.603		
Typ úlohy kolem osy z	Typ	Pevně		
Průběh momentu	Diagr M_z	2) Max. na c		
Součinitel momentu	ψ_z	0.709		
Moment	$M_{h,z}$	0.016	kNm	
Moment	$M_{s,z}$	0.015	kNm	
Poměr $M_{s,z} / M_{h,z}$	$\alpha_{s,z}$	0.924		
Typ zatížení	Zatížení y	Rovnom. pů		
Součinitel momentu	C_{mz}	0.939		
Typ dílce	Dílec	Torz. tuhý		
Součinitel interakce	k_{yy}	0.649		
Součinitel interakce	k_{yz}	0.607		
Součinitel interakce	k_{zy}	0.390		
Součinitel interakce	k_{zz}	1.011		
Osová síla (tlak)	N_{Ed}	500.330	kN	
Rozhodující průřezová plocha	A_i	8210.0	mm ²	
Únosnost v tlaku	N_{Rk}	2914.550	kN	
Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M1}	1.000		
Složka posouzení N	ηN_y	0.19		≤ 1
Složka posouzení N	ηN_z	0.19		≤ 1

3.7 Diagonála sloupu RO 100/10

Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha průřezu	A	2827.400	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_y	2898120.000	mm ⁴
Polární moment setrvačnosti	I_p	5796240.000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	32.000	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_p	45.300	mm
Moment tuhosti v kroucení	I_t	5796240.000	mm ⁴
Průřezový modul v kroucení	W_t	115925.000	mm ³
Elastický průřezový modul	W_y	57962.400	mm ³
Statický moment	$S_{y,max}$	20333.300	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y,max}$	81333.300	mm ³



Přehled posudků

Trubka 100/10					
697	2.099	KZ63	0.00	≤ 1	100) Zanedbatelné vnitřní síly
120	0.000	KZ192	0.23	≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
585	2.741	KZ60	0.43	≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
1315	0.000	KZ180	0.02	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1043	2.324	KZ123	0.01	≤ 1	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
585	2.055	KZ60	0.00	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
1315	0.000	KZ180	0.02	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1043	2.324	KZ123	0.01	≤ 1	151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
49	0.000	KZ60	0.00	≤ 1	161) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb a smyk podle 6.2.6, 6.2.7 a 6.2.9
585	2.741	KZ60	0.27	≤ 1	181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1

5	2.055	KZ64	0.10	≤ 1	201) Posouzení průřezu - ohyb okolo z, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
306	2.741	KZ60	0.00	≤ 1	221) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9
5	1.370	KZ114	0.05	≤ 1	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
469	2.741	KZ151	0.38	≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
5	1.370	KZ114	0.05	≤ 1	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
469	2.741	KZ151	0.38	≤ 1	312) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
585	2.741	KZ60	0.76	≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Posouzení průřezu – tah

Návrhové vnitřní síly

Normálová síla	N_{Ed}	-429.930	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-0.001	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-0.746	kN
Krouticí moment	T_{Ed}	-0.002	kNm
Moment	$M_{y,Ed}$	-0.853	kNm
Moment	$M_{z,Ed}$	0.013	kNm

Klasifikace průřezu - třída 1

Napětí	σ	-166.771	MPa	< 0
Součinitel materiálu	ϵ	0.814		
Max. poměr d/t - třída 1	λ_1	33.099		
Max. poměr d/t - třída 2	λ_2	46.338		
Max. poměr d/t - třída 3	λ_3	59.577		
Průměr	d	100.0	mm	
Tloušťka stěny	t	10.0	mm	
Poměr d/t	d/t	10.000		$\leq \lambda_1$
Třída průřezu	Třída	1		

Posouzení

Tlaková síla	$N_{c,Ed}$	429.930	kN	
Plocha průřezu	A	2827.4	mm ²	
Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
Dílčí součinitel únosnosti	γ_{MO}	1.000		
Únosnost při působení normálové síly	$N_{c,Rd}$	1003.740	kN	
Posouzení	η	0.43		≤ 1

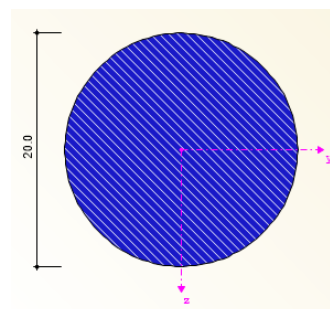
Rovnice pro posouzení

$$N_{c,Ed} / N_{c,Rd} = 0.43 \leq 1 \quad (6.9)$$

3.8 Ztužidla R20

Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha průřezu	A	314.000	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_y	7854.000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	5.000	mm
Moment tuhosti v kroucení	I_t	15708.000	mm ⁴
Elastický průřezový modul	W_y	785.400	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	1333.300	mm ³



Přehled posudků

RD 20					
1973	0.000	KZ392	0.00	≤ 1	100) Zanedbatelné vnitřní síly
1985	0.000	KZ60	0.56	≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3

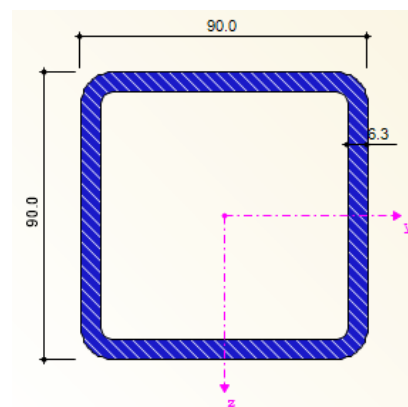
Posouzení průřezu – tah

Návrhové vnitřní síly					
Normálová síla	N_{Ed}	80.375	kN		
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.000	kN		
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.000	kN		
Krouticí moment	T_{Ed}	0.000	kNm		
Moment	$M_{y,Ed}$	0.000	kNm		
Moment	$M_{z,Ed}$	0.000	kNm		
Posouzení					
Tahová síla	$N_{t,Ed}$	80.375	kN		
Plocha průřezu	A	314.0	mm ²		
Mez kluzu	f_y	460.000	MPa		
Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M0}	1.000			
Návrhová plastická únosnost vůči normálovým silám	$N_{pl,Rd}$	144.440	kN		
Únosnost při působení osové síly	$N_{t,Rd}$	144.440	kN		
Posouzení	η	0.56		≤ 1	
Rovnice pro posouzení					
$N_{t,Ed} / N_{t,Rd} = 0.56 \leq 1 \quad (6.5)$					

3.9 Paždík
ČTV 90/6.3

Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha průřezu	A	2070.000	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_y	2380000.000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	34.000	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_p	48.100	mm
Moment tuhosti v kroucení	I_t	3820000.000	mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	$I_{@v}$	1306500.000	mm ⁶
Průřezový modul v kroucení	W_t	77000.000	mm ³
Elastický průřezový modul	W_y	53000.000	mm ³
Statický moment	$S_{y,max}$	15835.200	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	64300.000	mm ³



Přehled posudků

QRO 90x6.3 (tvar. za tepla)					
1885	5.040	KZ37	0.00	≤ 1	100) Zanedbatelné vnitřní síly
2154	0.000	KZ123	0.10	≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
1914	2.049	KZ60	0.20	≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
1917	0.851	KZ180	0.11	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2

2160	0.000	KZ46	0.03	≤ 1	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
1917	0.000	KZ60	0.03	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
2160	0.000	KZ180	0.01	≤ 1	123) Posouzení průřezu - smyk ve směru y podle 6.2.6
162	0.000	KZ6	0.00	≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
1917	0.851	KZ180	0.11	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
2160	0.000	KZ46	0.03	≤ 1	151) Posouzení průřezu - ohyb okolo z a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
1906	0.000	KZ165	0.01	≤ 1	161) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb a smyk podle 6.2.6, 6.2.7 a 6.2.9
1917	0.851	KZ51	0.16	≤ 1	181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
2160	0.000	KZ180	0.08	≤ 1	201) Posouzení průřezu - ohyb okolo z, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
1917	0.851	KZ60	0.06	≤ 1	221) Posouzení průřezu - dvouosý ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9
1915	0.851	KZ138	0.09	≤ 1	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
2154	2.452	KZ180	0.16	≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
1915	0.851	KZ138	0.09	≤ 1	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
2154	2.452	KZ180	0.16	≤ 1	312) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
1914	2.049	KZ60	0.34	≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Posouzení průřezu – tlak

Návrhové vnitřní síly

—	Nomálová síla	N_{Ed}	-147.298	kN
—	Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-0.012	kN
—	Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-0.830	kN
—	Krouticí moment	T_{Ed}	0.069	kNm
—	Moment	$M_{y,Ed}$	0.546	kNm
—	Moment	$M_{z,Ed}$	0.735	kNm

Posouzení

—	Tlaková síla	$N_{c,Ed}$	147.298	kN	
—	Plocha průřezu	A	2070.0	mm ²	
—	Mez kluzu	f_y	355.000	MPa	
—	Dílčí součinitel únosnosti	γ_{MO}	1.000		
—	Únosnost při působení nomálové síly	$N_{c,Rd}$	734.850	kN	
—	Posouzení	η	0.20		≤ 1

Rovnice pro posouzení

$$N_{c,Ed} / N_{c,Rd} = 0.20 \leq 1 \quad (6.9)$$

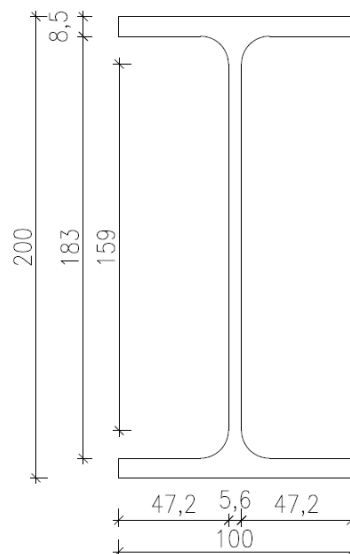
4 RUČNÍ POSOUZENÍ PRVKŮ

4.1 VAZNICE

Byly zvoleny dva typy vaznic. Průřez IPE 180 pro vnitřní pole a IPE 200 pro krajní pole. Krajní vaznice jsou zesíleny z důvodu jejich velkých průhybu a natočení v krajních polích. Podrobný výpočet bude proveden pro nejvíce namáhanou vaznici v krajním poli. Ostatní vaznice jsou namáhány méně, proto už není potřeba je posuzovat.

Průřezové charakteristiky

Šířka $b = 100 \text{ mm}$
 Výška $h = 200 \text{ mm}$
 Výška rovné části stojiny $d = 159 \text{ mm}$
 Tloušťka pásnice $t_f = 8,5 \text{ mm}$
 Tloušťka stojiny $t_w = 5,6 \text{ mm}$
 $A = 2,848 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
 $I_y = 1,943 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$
 $I_z = 1,424 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
 $W_{el,y} = 1,943 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
 $W_{el,z} = 2,847 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
 $W_{pl,y} = 2,206 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
 $W_{pl,z} = 4,461 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
 $I_{\omega} = 1,299 \cdot 10^{-8} \text{ m}^6$
 $I_t = 6,98 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$
 $i_y = 82,6 \text{ mm}$
 $i_z = 22,4 \text{ mm}$



Zatřídění průřezu

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

stojina:
$$z = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = \frac{116,05 \cdot 10^3}{0,0056 \cdot 355 \cdot 10^6} = 58,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\alpha_c = \frac{d+z}{2} = \frac{0,159+58,6 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,109 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{\alpha_c}{d} = \frac{0,109}{0,159} = 0,686 > 0,5$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{159}{5,6} = 28,39 \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha-1} = \frac{396 \cdot 0,81}{13 \cdot 0,686-1} = 40,51 \rightarrow 1. \text{ třída průřezu}$$

pásnice:
$$\frac{c}{t_f} = \frac{44,4}{8,5} = 5,22 \leq 10\varepsilon = 10 \cdot 0,81 = 8,1 \rightarrow 1. \text{ třída průřezu}$$

Vnitřní síly

$$N_{Ed} = -116,05 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = -1,14 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 11,93 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 8,38 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 1,26 \text{ kNm}$$

Posouzení na tlak

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,848 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1011,04 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{116,05}{1011,01} = 0,12 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení na ohybový moment M_y

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,y,Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,206 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 78,31 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,y,Rd}} = \frac{8,38}{78,31} = 0,11 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení na ohybový moment M_z

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,z,Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,461 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 15,84 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,z,Rd}} = \frac{1,26}{15,84} = 0,080 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení na smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$$

A_v ... smyková plocha

$$A_v \text{ pro IPE: } \mu \cdot \sum (h_w \cdot t_w) = 1,0 \cdot (0,183 \cdot 0,0056) = 1,025 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\mu = 1,0$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} = \frac{1,025 \cdot 10^{-3} \cdot 355}{1,0 \sqrt{3}} = 210,08 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{11,93}{210,08} = 0,057 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na ohyb a smyk

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{Ed} = 11,93 \text{ kN} < 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 210,08 \text{ kN} = 105,04 \text{ kN}$$

Vyhovuje → Smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti, tedy můžeme vliv smyku zanedbat.

Posouzení na ohyb a osovou sílu

$$M_{Ed} \leq M_{N,Rd}$$

$$\text{Podmínky: } N_{Ed} = 116,05 \text{ kN} < 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 0,25 \cdot 1011,04 = 252,76 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,848 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1011,04 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{Ed} = 116,05 \text{ kN} < \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \cdot 0,183 \cdot 0,0056 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 181,90 \text{ kN}$$

Podmínky byly splněny, proto účinek osové síly na plastický moment únosnosti při ohybu okolo osy y-y není nutné uvažovat.

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{Ed} = 116,05 \text{ kN} < \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,183 \cdot 0,0056 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 363,80 \text{ kN}$$

Podmínka byla splněna, proto účinek osově síly na plastický moment únosnosti při ohybu okolo osy z-z není nutné uvažovat.

Posouzení na ohyb, smyk a osovou sílu

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{Pl,Rd}$$

$$V_{Ed} = 11,93 \text{ kN} < 0,5 \cdot V_{Pl,Rd} = 0,5 \cdot 210,08 \text{ kN} = 105,04 \text{ kN}$$

Vyhovuje → Návrhová hodnota smykové síly je menší než polovina návrhové plastické smykové únosnosti, tedy můžeme účinek smyku a osově síly zanedbat.

Posouzení na vzpěrnou únosnost

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\lambda' - 0,2) + \lambda'^2]$$

$$\lambda' = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Křivky vzpěrné pevnosti a odpovídající součinitelé imperfekce:

Křivka vzpěrné pevnosti	a ₀	a	b	c	d
Součinitel imperfekce α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Rovinný vzpěr – vybočení k ose y

$$\lambda_1 = 93,9\epsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$L_{cr,y} = 4,0 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{4000}{82,6} = 48,43 < 200$$

$$\lambda'_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{48,43}{76,4} = 0,634$$

→ křivka b → α = 0,34

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 [1 + \alpha \cdot (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = \\ &= 0,5 [1 + 0,34 \cdot (0,634 - 0,2) + 0,634^2] = 0,775 \end{aligned}$$

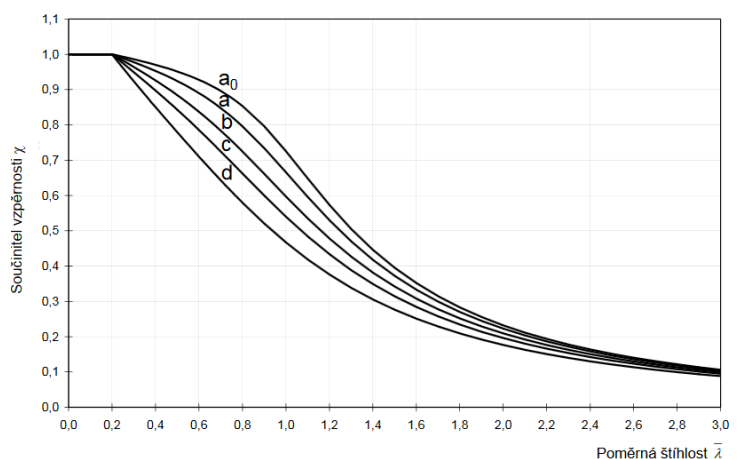
$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{0,775 + \sqrt{0,775^2 - 0,634^2}} =$$

$$0,819$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,819 \cdot 2,847 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 827,75 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} = \frac{116,05}{827,75} = 0,14 < 1,0$$

VYHOVÍ



Rovinný vzpěr – vybočení k ose z

$$\lambda_1 = 93,9\epsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$L_{cr,y} = 4,0 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{4000}{22,4} = 178,57 < 200$$

$$\lambda'_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{178,57}{76,4} = 2,337$$

→ křivka c → $\alpha = 0,49$

$$\phi_z = 0,5 [1 + \alpha \cdot (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 [1 + 0,49 \cdot (2,377 - 0,2) + 2,377^2] = 3,858$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda'^2_z}} = \frac{1}{3,858 + \sqrt{3,858^2 - 2,337^2}} = 0,144$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_z}{\gamma_{M1}} = \frac{0,144 \cdot 2,847 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 145,54 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} = \frac{116,05}{145,54} = 0,80 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení na klopení

- průřez je IPE, proto bude náchylný ke klopení

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$W_y = W_{pl,y}$ (pro průřezy třídy 1 a 2)

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'^2_{LT}}} \leq 1,0$$

$$\leq \frac{1}{\chi'^2_{LT}}$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda'^2_{LT}]$$

$$\lambda'_{LT,0} = \max 0,4 \quad \text{doporučená hodnota}$$

$$\beta = \min 0,75 \quad \text{doporučená hodnota}$$

$$\lambda'_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

Křivka klopení	a	b	c	d
Součinitel imperfekce při klopení α_{LT}	0,21	0,34	0,49	0,76

Tab. Doporučené hodnoty součinitelů imperfekce pro křivky klopení

Průřez	Meze	Křivka klopení
Válcované I průřezy	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Svařované I průřezy	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Jiné průřezy	-	d

$$\frac{h}{b} = \frac{200}{100} = 2,0 \leq 2,0 \rightarrow$$

křivka klopení b → $\alpha_{LT} = 0,34$

Tab. Doporučené přiřazení křivek klopení k průřezům

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L}$$

$$\mu_{cr} = \frac{c_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right]$$

bezrozměrný parametr kroucení

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{\kappa_w \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}}$$

bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

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

bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

$$\zeta_j = 0$$

$k_w, k_z \dots$ součinitelé vzpěrné délky, $k_w, k_z = 1,0$

$$z_g = z_a - z_s = 100 \text{ mm}$$

$$\zeta_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0,10}{1,0 \cdot 4,0} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,424 \cdot 10^{-6}}{81 \cdot 10^9 \cdot 6,98 \cdot 10^{-8}}} = 0,571$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{\kappa_w \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 4,0} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,299 \cdot 10^{-8}}{81 \cdot 10^9 \cdot 6,98 \cdot 10^{-8}}} = 0,546$$

$$C_1 = 1,22$$

$$C_2 = 0,79$$

$$\mu_{cr} = \frac{c_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right] =$$

$$\frac{1,22}{1,0} \left[\sqrt{1 + 0,546^2 + (0,79 \cdot 0,571 - 0)^2} - (0,79 \cdot 0,571) \right] = 0,945$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} = 0,945 \cdot \frac{\pi \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 1,424 \cdot 10^{-6} \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 6,98 \cdot 10^{-8}}}{4,0} = 30,52 \text{ kNm}$$

$$\lambda'_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,206 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{30,52 \cdot 10^3}} = 1,602$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda'^2_{LT} \right] = 0,5 \left[1 + 0,49(1,602 - 0,4) + 0,75 \cdot 1,602^2 \right] = 1,757$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'^2_{LT}}} = \frac{1}{1,757 + \sqrt{1,757^2 - 1,602^2}} = 0,401 < 1,0$$

$$< \frac{1}{\chi'^2_{LT}} = \frac{1}{1,602^2} = 0,402$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,401 \cdot 2,206 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{355 \cdot 10^6}{1,0} = 31,48 \text{ kNm}$$

$$b \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{8,38}{31,48} = 0,27 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na ohyb a osový tlak

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 2,206 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 78,31 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 4,461 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6 = 15,84 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2,848 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1011,01 \text{ kN}$$

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s}; M_h = 0 \rightarrow \alpha_h = 0$$

$k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$ součinitele interakce

$$k_{yy} = c_{my} \cdot \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) \frac{\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq c_{my} \left(1 + 0,8 \cdot \frac{\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

c_{my}, c_{mz} dle tabulky

$$c_{my} = 0,9 \quad c_{mz} = 0,9$$

$$k_{yy} = c_{my} \cdot \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) \frac{\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}}}{\chi_y \gamma_{M1}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + (0,634 - 0,2) \frac{116,05}{0,819 \cdot \frac{1011,01}{1,0}} \right) = 0,976$$

$$\leq c_{my} \left(1 + 0,8 \cdot \frac{\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,9 \left(1 + 0,8 \cdot \frac{116,05}{0,819 \cdot \frac{1011,01}{1,0}} \right) = 1,023$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,976 = 0,586$$

$$k_{zz} = c_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda'_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + (2 \cdot 2,337 - 0,2) \frac{116,05}{0,144 \cdot \frac{1011,01}{1,0}} \right) = 2,312$$

$$\leq c_{mz} \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,9 \left(1 + 1,4 \cdot \frac{116,05}{0,144 \cdot \frac{1011,01}{1,0}} \right) = 1,904 \rightarrow k_{zz} = 1,204$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,904 = 1,142$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}}{\frac{116,05}{0,819 \cdot \frac{1011,01}{1,0}}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}}{\frac{8,38 + 0}{0,401 \cdot \frac{78,31}{1,0}}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}}}{\frac{1,26 + 0}{15,84}} \leq 1,0$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}}{\frac{116,05}{0,144 \cdot \frac{1011,01}{1,0}}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}}}{\frac{8,38 + 0}{0,401 \cdot \frac{78,31}{1,0}}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}}}{\frac{1,26 + 0}{15,84}} \leq 1,0$$

Mezní stav použitelnosti

$$\delta = \dots \text{ mm}$$

$$L = 4\,000 \text{ mm}$$

$$\delta_{\max} = \frac{L}{250} = \frac{4000}{250} = 16 \text{ mm}$$

$$\delta = \dots \text{ mm} \leq \delta_{\max} = 16 \text{ mm} \quad \text{VYHOVÍ}$$

4.2 HORNÍ PÁS VAZNÍKU

Průřezové charakteristiky

$$\text{Šířka } b = 80 \text{ mm}$$

$$\text{Výška } h = 160 \text{ mm}$$

$$t = 8,0 \text{ mm}$$

$$A = 3,52 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 1,09 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

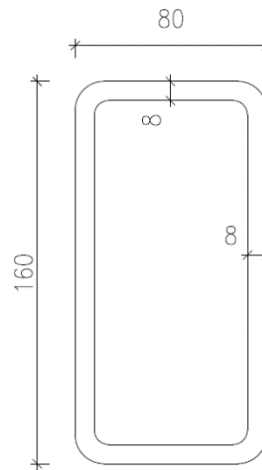
$$I_z = 3,56 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = 1,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 1,06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$i_y = 55,7 \text{ mm}$$

$$i_z = 31,8 \text{ mm}$$



Zatřídění průřezu

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

Stojina

$$\frac{c}{t} = \frac{140}{8} = 17,5 < 33\varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,73 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

Pásnice

$$\frac{c}{t} = \frac{60}{8} = 7,5 < 33\varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,73 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

Posouzení na tlak

$N_{c,Ed} = 524,27 \text{ kN}$ maximální normálová síla na prutu č. 632 od kombinace zatížení KZ60.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,52 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1249,60 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{524,27}{1249,60} = 0,42 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení na ohyb, smyk a osovou sílu

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{Pl,Rd}$$

$$V_{Pl,Rd} = \frac{A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,173 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{355 \cdot 10^6}{\sqrt{3}}}{1,0} = 240,42 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 3,12 \text{ kN} < 0,5 \cdot V_{Pl,Rd} = 0,5 \cdot 240,42 \text{ kN} = 120,21 \text{ kN}$$

Vyhovuje \rightarrow Návrhová hodnota smykové síly je menší než polovina návrhové plastické smykové únosnosti, tedy můžeme účinek smyku a osově síly zanedbat.

Posouzení na ohyb a osový tlak

$$N_{Ed} = 523,27 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 11,08 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,063 \text{ kN}$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 1,75 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 62,13 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 1,06 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 37,63 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 3,52 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1249,60 \text{ kN}$$

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s}; M_h = 0 \rightarrow \alpha_h = 0$$

$$c_{my} = 0,9 \quad c_{mz} = 0,9$$

$$\lambda'_y = 0,636 \quad \chi_y = 0,876$$

$$\lambda'_z = 1,114 \quad \chi_z = 0,587$$

$k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$ součinitele interakce

$$k_{yy} = c_{my} \cdot \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) \frac{\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} \right) \leq c_{my} \left(1 + 0,8 \cdot \frac{\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}}}{\chi_y \cdot \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = c_{my} \cdot \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \gamma_{M1} \frac{N_{Rk}}{1,0}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + (0,636 - 0,2) \frac{523,27}{0,876 \cdot \frac{1249,60}{1,0}} \right) = 1,086$$

$$\leq c_{my} \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \gamma_{M1} \frac{N_{Rk}}{1,0}} \right) = 0,9 \left(1 + 0,8 \frac{523,27}{0,876 \cdot \frac{1249,60}{1,0}} \right) = 1,244$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,086 = 0,652$$

$$k_{zz} = c_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda'_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z \gamma_{M1} \frac{N_{Rk}}{1,0}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + (2 \cdot 1,114 - 0,2) \frac{523,27}{0,587 \cdot \frac{1249,60}{1,0}} \right) = 2,202$$

$$\leq c_{mz} \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \gamma_{M1} \frac{N_{Rk}}{1,0}} \right) = 0,90 \left(1 + 1,4 \frac{523,27}{0,587 \cdot \frac{1249,60}{1,0}} \right) = 1,799$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,799 = 1,079$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \gamma_{M1} \frac{N_{Rk}}{1,0}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \gamma_{M1} \frac{M_{y,Rk}}{1,0}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \frac{M_{z,Rk}}{1,0}} \leq 1,0$$

$$\frac{523,27}{0,876 \cdot \frac{1249,60}{1,0}} + 1,086 \cdot \frac{11,08 + 0}{0,722 \cdot \frac{62,13}{1,0}} + 1,079 \cdot \frac{0,063 + 0}{\frac{37,63}{1,0}} = 0,61 < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \gamma_{M1} \frac{N_{Rk}}{1,0}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \gamma_{M1} \frac{M_{y,Rk}}{1,0}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \frac{M_{z,Rk}}{1,0}} \leq 1,0$$

$$\frac{523,27}{0,587 \cdot \frac{1249,60}{1,0}} + 0,652 \cdot \frac{11,08 + 0}{0,722 \cdot \frac{62,13}{1,0}} + 1,799 \cdot \frac{0,063 + 0}{\frac{37,63}{1,0}} = 0,80 < 1,0$$

Mezní stav použitelnosti

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{4800}{250} = 192 \text{ mm}$$

$$u = 88,2 \text{ mm}$$

$$u = 88,2 \text{ mm} < u_{lim} = 192 \text{ mm} \quad \text{VYHOVÍ}$$

4.3 SVISLICE

Průřezové charakteristiky

$$\text{Průměr } d = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Tloušťka } t = 8 \text{ mm}$$

$$A = 1,307 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

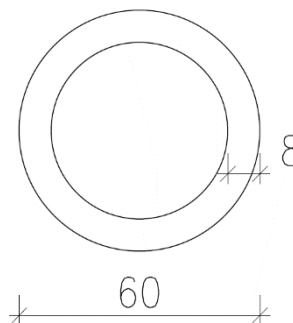
$$I_y = I_z = 4,522 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$W_{el,y} = W_{el,z} = 1,507 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = W_{pl,z} = 2,180 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$I_t = 9,044 \cdot 10^{-7} \text{ mm}^4$$

$$i_y = i_z = 18,6 \text{ mm}$$



Zatřídění průřezu

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

$$\frac{d}{t} \leq 50 \varepsilon^2$$

$$\frac{60}{8} = 7,5 \leq 50 \cdot 0,81^2 = 32,8 \quad \text{vyhoví} \Rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

Posouzení na vzpěr

$N_{Ed} = 138,08$ kN maximální normálová síla v prutu č. 119 od kombinace zatížení KZ76.

$$L_{cr,y} = 1,780 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,522 \cdot 10^{-7}}{1,780^2} = 295,81 \text{ kN}$$

$$\lambda'_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,307 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{295,81 \cdot 10^3}} = 1,252$$

→ křivka a → $\alpha = 0,21$

$$\phi_y = 0,5 [1 + \alpha(\lambda'_y - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 [1 + 0,21(1,252 - 0,2) + 1,252^2] = 1,394$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{1,394 + \sqrt{1,394^2 - 1,252^2}} = 0,498$$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,498 \cdot \frac{1,307 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 231,06 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{138,08}{231,06} = 0,60 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení ve směru z je totožné jako ve směru y.

Posouzení na tah

$N_{t,Ed} = 110,50$ kN maximální normálová síla v prutu č. 863 od kombinace zatížení KZ122.

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,307 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 463,99 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{110,50}{463,99} = 0,24 < 1,0 \text{ VYHOVÍ}$$

4.4 Diagonály

Průřezové charakteristiky

Průměr $d = 80$ mm

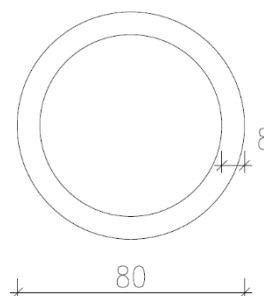
Tloušťka $t = 8$ mm

$A = 1,81 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

$I_y = I_z = 1,187 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

$W_{pl,y} = 4,164 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

$i_y = i_z = 25,6$ mm



Zatřídění průřezu

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

$$\frac{d}{t} \leq 50\varepsilon^2$$

$$\frac{80}{8} = 10,0 \leq 50 \cdot 0,81^2 = 32,8 \quad \text{vyhoví} \Rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

Posouzení na vzpěr

$N_{Ed} = 102,91$ kN maximální normálová síla na prutu č. 785 od kombinace zatížení KZ192.

$$L_{cr,y} = 3,290 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,187 \cdot 10^{-6}}{3,29^2} = 227,29 \text{ kN}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3290}{25,6} = 128,52 < 200$$

$$\lambda'_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,81 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{227,29 \cdot 10^3}} = 1,681$$

→ křivka a → $\alpha = 0,21$

$$\phi_y = 0,5 [1 + \alpha(\lambda'_y - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 [1 + 0,21(1,681 - 0,2) + 1,681^2] = 2,068$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{2,068 + \sqrt{2,068^2 - 1,681^2}} = 0,305$$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,305 \cdot \frac{1,81 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 195,98 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{102,91}{195,98} = 0,53 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení ve směru z je totožné jako ve směru y.

Posouzení na tlak

$N_{Ed} = 148,29$ kN maximální normálová síla na prutu č. 768 od kombinace zatížení KZ192.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,81 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 642,55 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{148,29}{642,55} = 0,23 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení na ohyb a osový tlak

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 137,20 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 0,348 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,002 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rk} = M_{z,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 4,164 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6 = 14,78 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 1,81 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 642,55 \text{ kN}$$

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s}; M_h = 0 \rightarrow \alpha_h = 0$$

$k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$ součinitele interakce

$$k_{yy} = c_{my} \cdot \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1} \cdot \frac{N_{Rk}}{\chi_y}} \right) \leq c_{my} \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

c_{my}, c_{mz} dle tabulky

$$c_{my} = 0,4$$

$$c_{mz} = 0,9$$

$$k_{yy} = c_{my} \cdot \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \gamma_{M1}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + (1,682 - 0,2) \frac{137,20}{0,305 \cdot \frac{642,55}{1,0}} \right) = 1,834$$

$$\leq c_{my} \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,9 \left(1 + 0,8 \frac{137,20}{0,305 \cdot \frac{642,55}{1,0}} \right) = 1,404$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,404 = 0,842$$

$$k_{zz} = c_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda'_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z \gamma_{M1}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + (2 \cdot 1,682 - 0,2) \frac{137,20}{0,305 \cdot \frac{642,55}{1,0}} \right) = 2,894$$

$$\leq c_{mz} \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,9 \left(1 + 1,4 \frac{137,20}{0,305 \cdot \frac{642,55}{1,0}} \right) = 1,782$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,782 = 1,069$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{137,20}{0,305 \cdot \frac{642,55}{1,0}} + 1,834 \cdot \frac{0,348 + 0}{0,401 \cdot \frac{14,78}{1,0}} + 1,069 \cdot \frac{0,002 + 0}{\frac{14,78}{1,0}} = 0,49 < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{137,20}{0,305 \cdot \frac{642,55}{1,0}} + 0,842 \cdot \frac{0,348 + 0}{0,401 \cdot \frac{14,78}{1,0}} + 1,782 \cdot \frac{0,002 + 0}{\frac{14,78}{1,0}} = 0,75 < 1,0$$

4.5 ZTUŽIDLA

Příčné i podélné ztužidlo je tvořeno táhly Macalloy 460 o průměru 20mm. Je tvořeno jednopramencovým vinutým lanem. Ztužidla budou osazena při spodních okrajích vaznic pomocí koncovek SAF19 systému Macalloy 460.

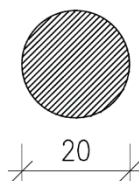
Průřezové charakteristiky

$$d = 20,0 \text{ mm}$$

$$A = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$i = 5 \text{ mm}$$

$$f_y = 460 \text{ MPa}$$



Posouzení na tah

$N_{t,Ed} = 79,60 \text{ kN}$ maximální tahová síla na prutu č. 1985 z kombinace zatížení KZ60.

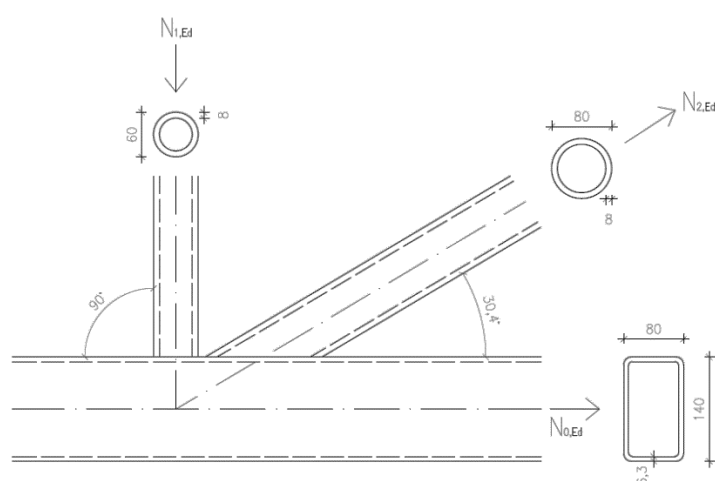
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 460 \cdot 10^6}{1,0} = 144,44 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{79,60}{144,44} = 0,55 \leq 1 \quad \text{VYHOVÍ}$$

5 DIMENZOVÁNÍ SPOJŮ

5.1 Připojení svislice a diagonály k dolnímu pásu



Vnitřní síly

$$N_{Ed,0} = 294,09 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,1} = 194,77 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,2} = 285,37 \text{ kN}$$

Rozměry prvků

Dolní pás: $h_0 = 140 \text{ mm}$

$$b_0 = 80 \text{ mm}$$

$$t_0 = 6,3 \text{ mm}$$

Svislice: $d_0 = 60 \text{ mm}$

$$t_0 = 8 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 90^\circ$$

Diagonála: $d_0 = 80 \text{ mm}$

$$t_0 = 8 \text{ mm}$$

$$\theta_2 = 30,4^\circ$$

Posouzení svaru svislice a dolního pásu

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = \pi \cdot d_1 = \pi \cdot 60 = 188,5 \text{ mm}$$

$$A = L \cdot a = 188,5 \cdot 4 = 754,0 \text{ mm}^2$$

napětí:

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{1,Ed}}{\sqrt{2} \cdot A} = \frac{240,52 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 754} = 215,56 \text{ MPa}$$

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

posouzení:

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

$$\beta_w = 0,9$$

$$\sqrt{215,56^2 + 3 \cdot 215,56^2 + 3 \cdot 0^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$431,12 \leq 435,56 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVÍ}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$215,56 \text{ MPa} \leq 352,80 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení svaru diagonály a dolního pásu

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = \pi \cdot d_1 = \pi \cdot 80 = 251,3 \text{ mm}$$

$$A = L \cdot a = 251,3 \cdot 4 = 1005,2 \text{ mm}^2$$

napětí:

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{2,Ed} \cdot \sin \theta_2}{\sqrt{2} \cdot A} = \frac{261,18 \cdot 10^3 \cdot \sin 30,4}{\sqrt{2} \cdot 754} = 123,94 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{2,Ed} \cdot \cos \theta_2}{\sqrt{2} \cdot A} = \frac{261,18 \cdot 10^3 \cdot \cos 30,4}{\sqrt{2} \cdot 754} = 211,24 \text{ MPa}$$

posouzení:

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

$$\beta_w = 0,9$$

$$\sqrt{123,94^2 + 3 \cdot 123,94^2 + 3 \cdot 211,24^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$421,94 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$123,94 \text{ MPa} \leq 352,8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Konstrukční požadavky na styčník

$$\frac{d_1}{b_0} = \frac{60}{80} = 0,75 > 0,35 \quad \text{a zároveň} \quad 0,1 + 0,01 \frac{b_0}{t_0} = 0,1 + 0,01 \frac{80}{6,3} = 0,23 < 1,0$$

$$\frac{d_2}{b_0} = \frac{80}{80} = 1,00 > 0,35 \quad \text{a zároveň} \quad 0,1 + 0,01 \frac{b_0}{t_0} = 0,1 + 0,01 \frac{80}{6,3} = 0,23 < 1,0$$

$$\frac{d_1}{t_1} = \frac{60}{8} = 7,5 > 35$$

$$\frac{d_2}{t_2} = \frac{60}{80} = 0,75 < 35$$

$$\frac{d_1}{b_0} = \frac{80}{8} = 10,0 < 35$$

$$\frac{d_1}{b_0} = \frac{60}{80} = 0,75 < 0,35$$

třída průřezu 1:

$$0,5 < \frac{h_0}{b_0} < 2,0$$

$$0,5 < \frac{140}{80} = 1,75 < 2,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{80}{8} = 10,0 < 0,35$$

$$15 < \frac{h_0}{t_0} = \frac{140}{6,3} = 22,22 < 35$$

$$0,6 < \frac{d_1+d_2}{2 \cdot d_1} = \frac{60+80}{2 \cdot 60} = 1,17 < 1,3$$

dolní pás je třídy průřezu 1

Odolnost proti porušení povrchu dolního pásu

$$\beta = \frac{d_1+d_2}{2 \cdot b_0} = \frac{60+80}{2 \cdot 80} = 0,875 \leq 1,0$$

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{80}{2 \cdot 6,3} = 6,35 \leq 1,0$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{294,09}{2570} + \frac{1,085}{92300} = 114,44 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{114,44}{355} = 0,322 > 0 \dots \text{tlak}$$

Svislice

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,322}{0,875} = 1,153 \dots \neq 1 \rightarrow k_n = 1,0$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_{y,0} \cdot t_0^2 / \sin \theta_1}{\gamma_{M5}} \cdot \left(\frac{d_1+d_2}{2 \cdot b_0} \right) \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{5} \cdot 1 \cdot 355 \cdot 8^2 / \sin 90}{1,00} \cdot \left(\frac{60+80}{2 \cdot 80} \right) \cdot \frac{\pi}{4} = 310,73 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1 \leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1$$

$$194,77 \text{ kN} < 310,73 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Diagonála

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot k_n \cdot f_{y,0} \cdot t_0^2 / \sin \theta_2}{\gamma_{M5}} \cdot \left(\frac{d_1+d_2}{2 \cdot b_0} \right) \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \sqrt{5} \cdot 1 \cdot 355 \cdot 8^2 / \sin 30,4}{1,00} \cdot \left(\frac{60+80}{2 \cdot 80} \right) \cdot \frac{\pi}{4} = 614,05 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1 \leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1$$

$$285,37 \text{ kN} < 614,05 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Odolnost proti porušení mezipásového prutu

Svislice

$$b_{eff} = \frac{10 \cdot f_{y,0} \cdot t_0}{b_0 \cdot f_{y,1} \cdot t_1} \cdot d_1 = \frac{10 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 8}{80 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 8} \cdot 60 = 47,25 \text{ mm} \leq 60 \text{ mm} = d_1$$

$$b_{eff} = 47,25 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y,1} \cdot t_1 (2 \cdot d_1 - 4 \cdot t_1 + d_1 + b_{eff})}{\gamma_{M5}} \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{355 \cdot 8 (2 \cdot 60 - 4 \cdot 8 + 60 + 47,25)}{1,0} \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$N_{1,Rd} = 423,95 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} = 194,77 \text{ kN} < N_{1,Rd} = 423,95 \text{ kN}$$

Diagonála

$$b_{eff} = \frac{10 \cdot f_{y,0} \cdot t_0}{\frac{b_0}{t_0} \cdot f_{y,2} \cdot t_2} \cdot d_2 = \frac{10 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 8}{\frac{80}{6,3} \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 8} \cdot 80 = 63,0 \text{ mm} \leq 80 \text{ mm} = d_2$$

$$\Rightarrow b_{eff} = 63 \text{ mm}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{f_{y,2} \cdot t_2 (2 \cdot d_2 - 4 \cdot t_2 + d_2 + b_{eff})}{\gamma_{M5}} \frac{\pi}{4} = \frac{355 \cdot 8 (2 \cdot 80 - 4 \cdot 8 + 80 + 63)}{1,0} \frac{\pi}{4}$$

$$N_{2,Rd} = 612,39 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = 285,37 \text{ kN} < N_{2,Rd} = 612,39 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Prolomení smykem

Svislice

$$b_{e,p} = \frac{10}{\frac{b_0}{t_0}} \cdot d_1 = \frac{10}{\frac{80}{8}} \cdot 60 = 60 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\frac{f_{y,0} \cdot t_0}{\sqrt{3} \cdot \sin \theta_1} \left(\frac{2 \cdot d_1}{\sin \theta_1} + d_1 + b_{e,p} \right)}{\gamma_{M5}} \frac{\pi}{4} = \frac{\frac{355 \cdot 8}{\sqrt{3} \cdot \sin 90} \left(\frac{2 \cdot 60}{\sin 90} + 60 + 60 \right)}{1,0} \frac{\pi}{4}$$

$$N_{1,Rd} = 309,07 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} < N_{1,Rd} =$$

Diagonála

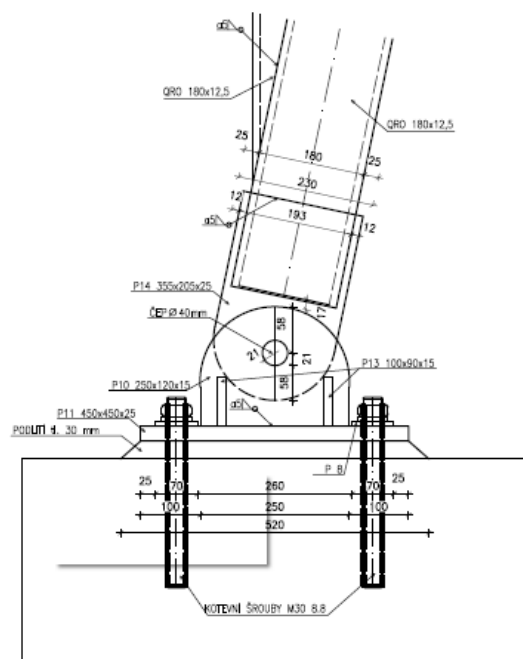
$$b_{ep} = \frac{10}{\frac{b_0}{t_0}} \cdot d_2 = \frac{10}{\frac{80}{6,3}} \cdot 80 = 63 \text{ mm}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{\frac{f_{y,0} \cdot t_0}{\sqrt{3} \cdot \sin \theta_2} \left(\frac{2 \cdot d_2}{\sin \theta_2} + d_2 + b_{ep} \right)}{\gamma_{M5}} \frac{\pi}{4} = \frac{\frac{355 \cdot 8}{\sqrt{3} \cdot \sin 30,4} \left(\frac{2 \cdot 80}{\sin 30,4} + 80 + 63 \right)}{1,0} \frac{\pi}{4}$$

$$N_{2,Rd} = 1111,83 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = 285,37 \text{ kN} < N_{2,Rd} = 1111,83 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

5.2 Posouzení čepového spoje



Reakce

$$R_x = 108,11 \text{ kN}$$

$$R_y = 0,34 \text{ kN}$$

$$R_z = 265,04 \text{ kN}$$

Všechny reakce jsou od zatěžovacího stavu ZS

$$F_{Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} = \sqrt{108,11^2 + 265,04^2} = 288,23 \text{ kN}$$

Čepový spoj

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$d_0 = 32 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 30^2}{4} = 1257 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ocel S460: } f_y = 460 \text{ MPa}$$

$$f_u = 540 \text{ MPa}$$

Rozměry plechu

$$t_{min} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{288,23 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{355 \cdot 10^6}} = 19,9 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \text{ návrh } t = 25 \text{ mm}$$

$$d_0 = 42 \text{ mm} < 2,5 \cdot t = 2,5 \cdot 25 = 62,5 \text{ mm}$$

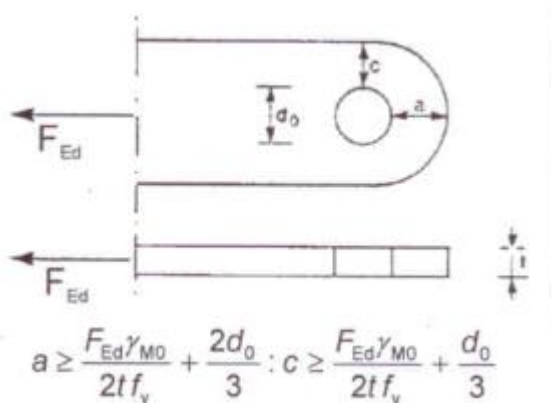
$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{288,23 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 25 \cdot 355 \cdot 10^6} + \frac{2 \cdot 42}{3} = 28,0 \text{ mm}$$

podmínky splněny

$$\rightarrow \text{ návrh } a = 30 \text{ mm}$$

$$s_{min} = 2,5 \cdot d_0 = 2,5 \cdot 42 = 105 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \text{ návrh } s = 100 \text{ mm}$$



Geometrické požadavky na pruty ukončené čepovými spoji

Únosnost čepu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 1,257 \cdot 10^{-3} \cdot 540 \cdot 10^6}{1,25} = 325,81 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{288,23}{325,81} = 0,88 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Únosnost plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 460 \cdot 10^6}{1,0} = 690,0 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{288,23}{690,0} = 0,42 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Únosnost čepu v ohybu

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M0}} \geq M_{Ed}$$

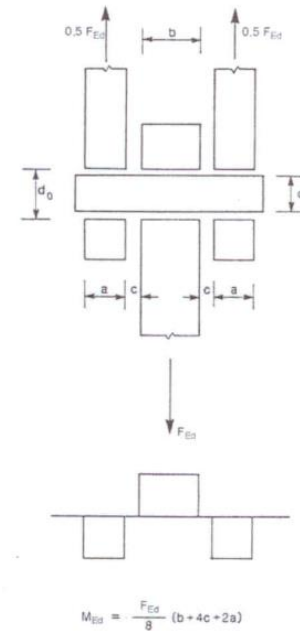
$$W_{el} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 40^3}{32} = 6283,2 \text{ mm}^3$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot R_z \cdot (b - 4c + 2a) = \frac{1}{8} \cdot 265,00 (25 - 4 \cdot 2 + 2 \cdot 15)$$

$$M_{Ed} = 1,23 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 6283,2 \cdot 460}{1,0} = 4,34 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{1,23}{4,34} = 0,28 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$



Únosnost čepu při kombinaci stříhu a ohybu

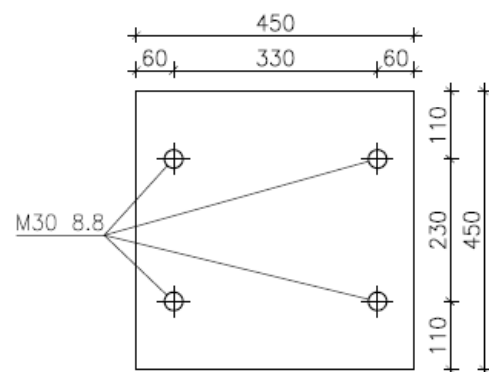
$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,0$$

$$\left[\frac{0,28}{4,34} \right]^2 + \left[\frac{288,23}{325,81} \right]^2 = 0,79 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Kotevní šrouby

Návrh 4 kotevních šroubů M30, třída pevnost 8.8

$n = 4$
 $d = 30 \text{ mm}$
 $d_0 = 33 \text{ mm}$
 $d_m = 49,6 \text{ mm}$
 $A = 561 \text{ mm}^2$
 $f_y = 640 \text{ MPa}$
 $f_u = 800 \text{ MPa}$



Únosnost v tahu

$r_x = 350 \text{ mm}$
 $r_y = 250 \text{ mm}$
 $e = 150 \text{ mm}$

$$M_{y,Ed} = R_x \cdot e = 108,11 \cdot 0,15 = 17,01 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = R_y \cdot e = 0,34 \cdot 0,15 = 0,051 \text{ kNm}$$

$$F_{t,Ed} = \left(\frac{R_z}{n} + \frac{M_{y,Ed} \cdot r_x}{m \cdot \sum r_x^2} + \frac{M_{z,Ed} \cdot r_y}{m \cdot \sum r_y^2} \right) = \left(\frac{108,11 \cdot 10^3}{4} + \frac{17,01 \cdot 10^3 \cdot 0,35}{2 \cdot 0,35^2} + \frac{0,051 \cdot 10^3 \cdot 0,25}{2 \cdot 0,25^2} \right) = 52,91 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 561}{1,25} = 323,14 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{52,91}{323,14} = 0,16 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Únosnost ve střihu

$$F_{v,Rd} = \sqrt{\frac{R_x^2 + R_y^2}{n}} = \sqrt{\frac{108,11^2 + 0,34^2}{4}} = 56,69 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{\alpha_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 561}{1,25} = 215,42 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{56,69}{215,42} = 0,26 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Únosnost při kombinaci tahu a smyku

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{56,69}{215,42} + \frac{52,91}{1,4 \cdot 323,14} = 0,38 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Patní deska

$$t = 30 \text{ mm}$$

Minimální rozteče šroubů

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 33 = 39,6 \text{ mm} \rightarrow 60 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 33 = 72,6 \text{ mm} \rightarrow 330 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 33 = 39,6 \text{ mm} \rightarrow 60 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 33 = 79,2 \text{ mm} \rightarrow 230 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{60}{3 \cdot 33}; \frac{330}{3 \cdot 33} - \frac{1}{4}; \frac{800}{490}; 1,0 \right\} = \min \{0,61; 3,33; 1,0\} = 0,61$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 \frac{60}{33} - 1,7; 1,4 \frac{230}{33} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{3,39; 8,06; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,61 \cdot 2,5 \cdot 490 \cdot 30 \cdot 25}{1,25} = 470,40 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{56,69}{470,40} = 0,12 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Únosnost v protlačení

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 49,6 \cdot 30 \cdot 540}{1,25} = 1099,49 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{288,23}{1099,49} = 0,26 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Únosnost betonu v tlaku

Beton: C16/20

$$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 1,0}{0,45 \cdot 0,35}} = 2,52$$

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 2,52 \cdot 16 \cdot 10^6}{1,5} = 18,01 \text{ MPa}$$

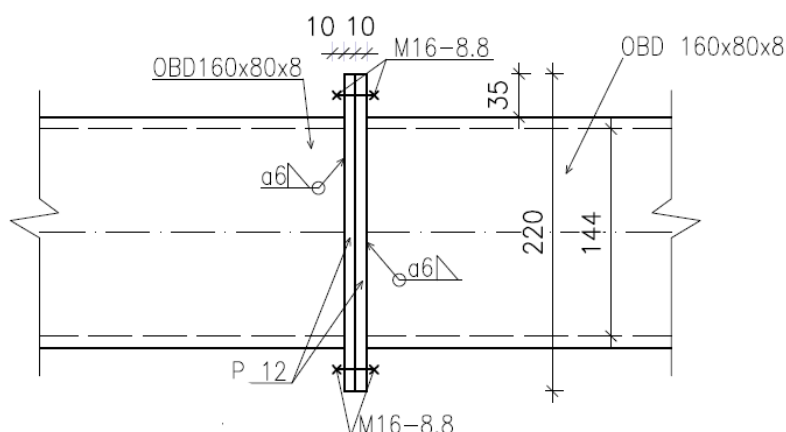
$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = 0,01 \sqrt{\frac{355 \cdot 10^6}{3 \cdot 18,01 \cdot 10^6 \cdot 1,0}} = 0,0256 \text{ m}$$

$$A_{eff} = (0,35 + 2 \cdot 0,0256)(0,40 + 2 \cdot 0,0256) = 0,0181 \text{ m}^2$$

$$d N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 0,0181 \cdot 18,01 \cdot 10^6 = 325,98 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{288,23}{325,98} = 0,88 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

5.3 Montážní spoj horního/dolního pásu



Vnitřní síly

$$N_{t,Ed} = 313,243 \text{ kN} \quad (\text{na prutu 521 od KZ161})$$

$$V_{z,Ed} = 8,535 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -8,445 \text{ kNm}$$

Tloušťka plechu

t = 12 mm

Návrh šroubů

2 x M16 – 8.8

d = 16 mm

 $f_{yb} = 640 \text{ MPa}$ $d_0 = 18 \text{ mm}$ $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$ $d_m = 25,9 \text{ mm}$ $A = 201 \text{ mm}^2$ $A_s = 157 \text{ mm}^2$ Minimální rozteče šroubů $e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm} \rightarrow 25 \text{ mm}$ $p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 18 = 34,6 \text{ mm} \rightarrow 50 \text{ mm}$ $e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm} \rightarrow 25 \text{ mm}$ $p_1 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 18 = 43,2 \text{ mm} \rightarrow 50 \text{ mm}$ Posouzení**Smyk**

a) stříh

$$F_{v,1,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{n} = \frac{8,535}{6} = 1,423 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 201}{1,25} = 77,18 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{1,423}{77,18} = 0,018 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

b) otláčení

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{25}{3 \cdot 18}; \frac{50}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}; \frac{800}{490}; 1,0 \right\} = \min \{0,46; 0,68; 1,63; 1,0\} = 0,46$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0}; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 \frac{25}{18} - 1,7; 1,4 \frac{50}{18}; 2,5 \right\} = \min \{2,19; 2,19; 2,5\} = 2,19$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,19 \cdot 0,46 \cdot 490 \cdot 16 \cdot 8}{1,25} = 50,54 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{1,423}{50,54} = 0,03 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Tah

$$F_{t,2,Ed} = \frac{N_{t,Ed}}{n} = \frac{313,243}{4} = 78,31 \text{ kN}$$

Vliv páčení

a = 25 mm

b = 25 mm

$$t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{25 \cdot 16^2}{25}} = 27,3 > t = 12 \text{ mm} \rightarrow \text{vliv páčení je nutné započítat}$$

$$r_1 = \sqrt{\left(\frac{160}{2}\right)^2 + \left(\frac{160}{2}\right)^2} = 113,14 \text{ mm}$$

$$F_{1,M} = M_{y,Ed} \cdot \frac{r_1}{\sum r^2} = 8,445 \cdot \frac{113,14}{4 \cdot 113,14^2} = 18,66 \text{ kN}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^2}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{27,3^2 - 12^2}{4 \cdot 16^2} = 1,003$$

$$F_{t,2,Ed} = \gamma_p \cdot (F_{t,1,Ed} + F_{1,M}) = 1,003 \cdot (78,31 + 18,66) = 59,83 \text{ kN}$$

a) posouzení na přetržení

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} = 90,43 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,1,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{59,83}{90,43} = 0,66 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

b) posouzení na protlačení

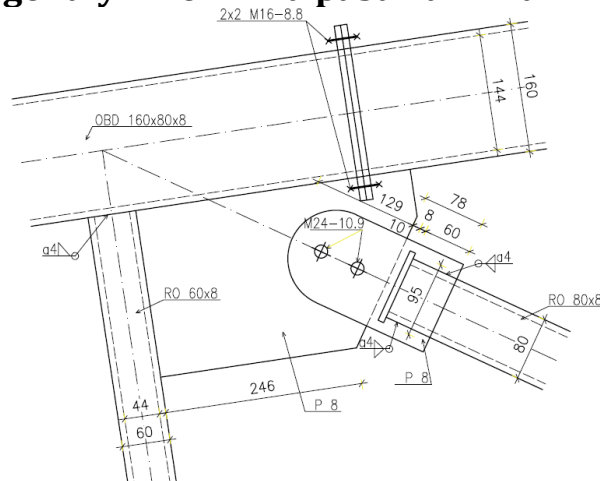
$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 25,9 \cdot 12 \cdot 490}{1,25} = 229,65 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{59,83}{229,65} = 0,26 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Kombinace namáhání tahu a smyku

$$\frac{F_{v,1,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,1,Ed}}{1,4 F_{v,Rd}} = \frac{1,423}{77,18} + \frac{59,83}{1,4 \cdot 90,43} = 0,49 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

5.4 Montážní spoj diagonály k hornímu pásu vazníku



Vnitřní síly

$$N_{tEd} = 285,374 \text{ kN}$$

Šrouby

$$2 \times M24 - 10.9$$

$$f_u = 1000 \text{ MPa}$$

Minimální rozteče šroubů

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26 = 31,2 \text{ mm} \rightarrow 35 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 26 = 57,2 \text{ mm} \rightarrow 60 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26 = 31,2 \text{ mm} \rightarrow 35 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 26 = 62,4 \text{ mm} \rightarrow 65 \text{ mm}$$

Posouzení

Posouzení svaru diagonály a dolního pásu

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$t_1 = 12 \text{ mm (tloušťka plechu)}$$

$$t_2 = 12 \text{ mm (tloušťka stěny připojovaného prvku)}$$

$$L = 2 \cdot (160 - 2 \cdot 12) + 2 \cdot (80 - 2 \cdot 12) = 416,0 \text{ mm}$$

$$A = L \cdot a = 416,0 \cdot 4 = 1664 \text{ mm}^2$$

Rozklad sil

$$d N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \cos \theta = 285,374 \cdot \cos 57 = 155,43 \text{ kN}$$

$$d N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin \theta = 285,374 \cdot \sin 57 = 239,33 \text{ kN}$$

Napětí

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{\sqrt{2} \cdot A} = \frac{239,33 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 1664} = 101,70 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{\sqrt{2} \cdot A} = \frac{155,43 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 1664} = 66,18 \text{ MPa}$$

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

$$\beta_w = 0,9$$

$$\sqrt{66,18^2 + 3 \cdot 66,18^2 + 3 \cdot 101,70^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$220,34 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$66,18 \text{ MPa} \leq 352,8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Smyk

a) střih

$$F_{v,1,Ed} = \frac{N_{t,Ed}}{n} = \frac{285,374}{2} = 142,69 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 351}{1,25} = 145,40 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{142,69}{145,40} = 0,88 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

b) otláčení

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{35}{3 \cdot 26}; \frac{60}{3 \cdot 26} - \frac{1}{4}; \frac{1000}{490}; 1,0 \right\} = \min \{0,45; 0,52; 2,04; 1,0\} = 0,45$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0}; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 \frac{35}{26} - 1,7; 1,4 \frac{65}{26}; 2,5 \right\} = \min \{2,07; 3,5; 2,5\} = 2,07$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,07 \cdot 0,46 \cdot 800 \cdot 24 \cdot 12}{1,25} = 175,51 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{142,69}{175,51} = 0,81 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Oslabený průřez

$$A_{NET} = A_p - d_0 \cdot t = 120 \cdot 8 - 18 \cdot 8 = 816 \text{ mm}^2$$

$$N_{c,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{NET} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 816 \cdot 490}{1,25} = 287,88 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{285,374}{287,88} = 0,99 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Svar diagonály a styčnickového plechu

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = 80 - 2 \cdot 4 = 72 \text{ mm}$$

$$A = 4 \cdot L \cdot a = 1152 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{285,374}{1152} = 245,12 \text{ MPa}$$

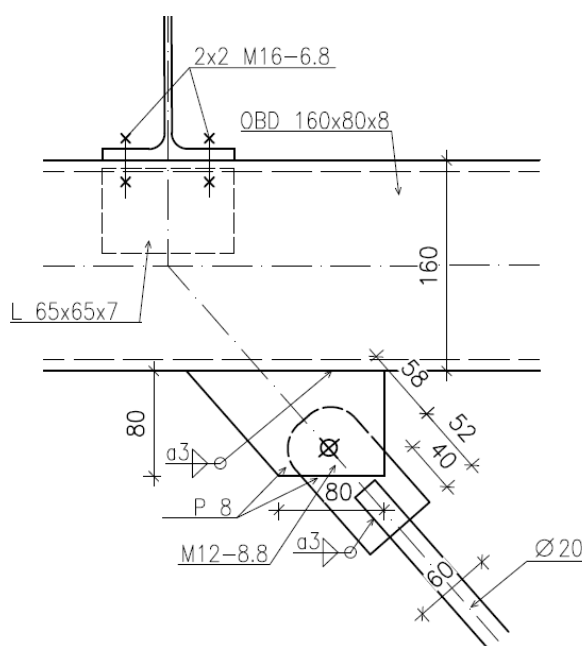
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{0 + 3 \cdot 0 + 3 \cdot 245,12^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$424,56 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

5.5 Připojení příčného ztužidla k hornímu pásu vazníku**Vnitřní síly**

$N_{t,Ed} = 80,375 \text{ kN}$ maximální tahová síla na prutu č. 1985 z kombinace zatížení KZ60.

Šrouby

M12 - 8.8

 $d = 12 \text{ mm}$ $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$ $d_0 = 13 \text{ mm}$ $d_m = 20,15 \text{ mm}$

Plech

$t = 8 \text{ mm}$

Posouzení

Koutový svar

a) připojení ztužidla k plechu

$a = 3 \text{ mm}$

$L_w = 160 \text{ mm}$

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

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A \cdot L_w} = \frac{80,375 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 3 \cdot 160} = 117,26 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{117,26^2 + 3 \cdot 117,26^2 + 3 \cdot 0} \leq \frac{540}{0,9 \cdot 1,25}$$

234,52 MPa < 480,0 MPa VYHOVÍ

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{\beta_w \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

117,26 MPa ≤ 388,80 MPa VYHOVÍ

b) připojení plechu k hornímu pásu

$a = 3 \text{ mm}$

$L_w = 2 \cdot (40 + 30) = 140 \text{ mm}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A \cdot L_w} = \frac{80,375 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 3 \cdot 140} = 134,01 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{134,01^2 + 3 \cdot 134,01^2 + 3 \cdot 0} \leq \frac{540}{0,9 \cdot 1,25}$$

268,02 MPa < 480,0 MPa VYHOVÍ

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{\beta_w \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

134,01 MPa ≤ 388,80 MPa VYHOVÍ

Únosnost v otláčení

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{35}{3 \cdot 13}; \frac{600}{540}; 1,0 \right\} = \min \{0,90; 1,11; 1,0\} = 0,90$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 \frac{35}{13} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{5,84; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,90 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8}{1,25} = 93,31 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{79,60}{93,31} = 0,85 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Únosnost v protlačení

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 20,15 \cdot 8 \cdot 540}{1,25} = 131,26 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{80,375}{131,26} = 0,61 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení styčnickového plechu na tah

$$A_{NET} = 70 \cdot 8 - 13 \cdot 8 = 456 \text{ mm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_u \cdot A_{NET}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 460 \cdot 456}{1,25} = 151,03 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{80,375}{116,55} = 0,68 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$