

Obsah statického výpočtu:

1. Průvodní zpráva	3
1.1. Popis konstrukce.....	3
1.2. Geometrické uspořádání objektu	3
1.2.1. Axonometrický pohled	3
1.2.2. Púdorys.....	3
2. Zatížení	4
2.1. Provozní stádium	4
2.1.1. Administrativní část.....	4
2.1.2. Garáž.....	6
2.2. Montážní stádium.....	7
2.2.1. Administrativní část.....	7
2.2.2. Garáž	7
2.3. Klimatická zatížení	8
2.3.1. Zatížení sněhem	8
2.3.2. Zatížení větrem.....	9
3. Materiál	13
3.1. Materiálové pevnostní charakteristiky.....	13
3.2. Fyzikální vlastnosti	13
3.3. Dílčí součinitele průřezu.....	13
4. Kombinace zatížení.....	13
4.1. Mezní stav únosnosti	13
4.2. Mezní stav použitelnosti.....	14
5. Návrh a posouzení hlavní konstrukce.....	14
5.1. Posouzení trapézových plechů	14
5.1.1. Trapézový plech stropů - administrativní část	14
5.1.2. Trapézový plech střechy – administrativní část.....	15
5.1.3. Trapézový plech stropů -garáž	17
5.1.4. Trapézový plech střechy -garáž	19
5.2. Posouzení spřažení	21
5.2.1. Stropnice– administrativní část-běžné podlaží	21
5.2.2. Stropnice – garáž –běžné podlaží	24
5.2.3. Stropnice – administrativní část -střecha.....	28
5.2.4. Průvlak - administrativní část-běžné podlaží	32
5.2.5. Průvlak - administrativní část-střecha.....	35
5.2.6. Průvlak-garáž.....	38
5.3. Návrh ztužidla	40
5.3.1. Zatížení ztužidla.....	40

5.3.2. Stanovení vnitřních sil.....	41
5.3.3. Rozhodující kombinace	43
5.3.4. Návrh diagonály ztužidla	44
5.3.5. Návrh sloupů ztužidla	45
5.4. Posouzení sloupu.....	45
5.4.1. Administrativní část- sloup v poli	45
5.4.2. Administrativní část – krajní sloup	49
5.4.3. Garáž - sloup v poli.....	54
5.4.4. Garáž – krajní sloup.....	57
6. Návrh a posouzení kotvení sloupů	62
6.1. Sloupy kotvení K1	62
6.2. Sloupy kotvení K2	64
6.3. Sloupy kotvení K3	66
6.4. Sloupy kotvení K4	68
6.5. Sloupy kotvení K5	69
7. Návrh a posouzení montážních spojů	72
7.1. Přípoj stropnice k průvlakům-administrativní část.....	72
7.2. Přípoj stropnice k průvlakům-garáž	74
7.3. Přípoj stropnice na sloup-administrativní část	75
7.4. Přípoj stropnice na sloup-garáž	77
7.5. Přípoj průvlaku na sloup–administrativní část.....	79
7.6. Přípoj průvlaku na sloup– garáž	80
7.7. Přípoj diagonály ztužidla–administrativní část	82

1. Průvodní zpráva

1.1. Popis konstrukce

Jedná se o nosní ocelovou konstrukci vícepodlažní administrativní budovy v Brně. Objekt je složen z pěti patrové administrativní části a dvou patrové garáže.

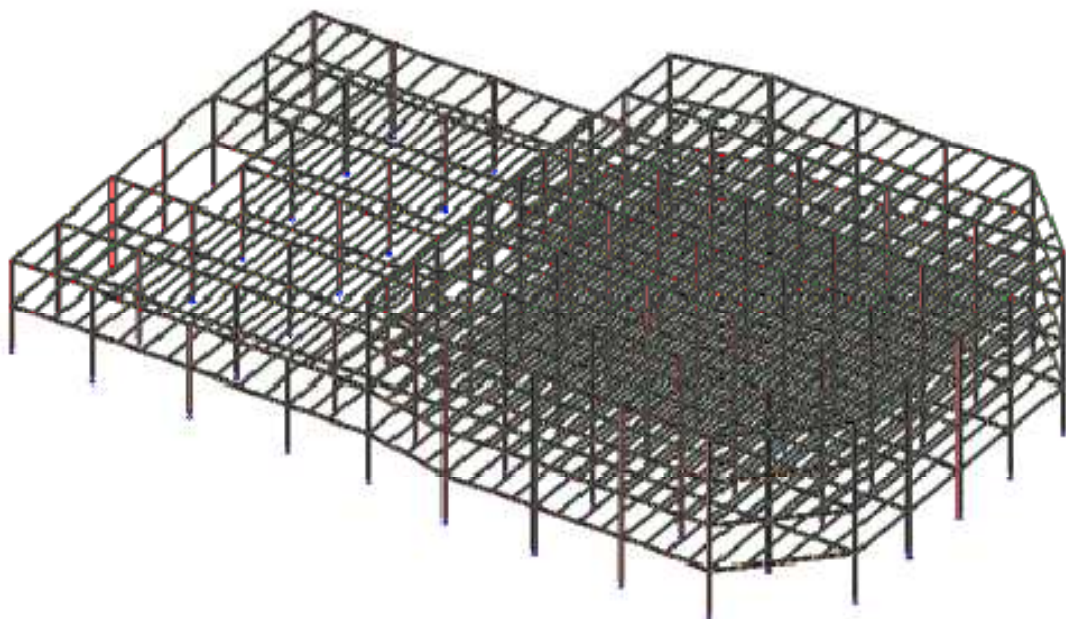
Půdorysný rozměr administrativní části je 38,8x35 m se vzdáleností sloupů 7m,6m a 6,4m

Konstrukční výška patra je 3,5m. Garáž je navržena o půdorysných rozměrech 36x24,8m

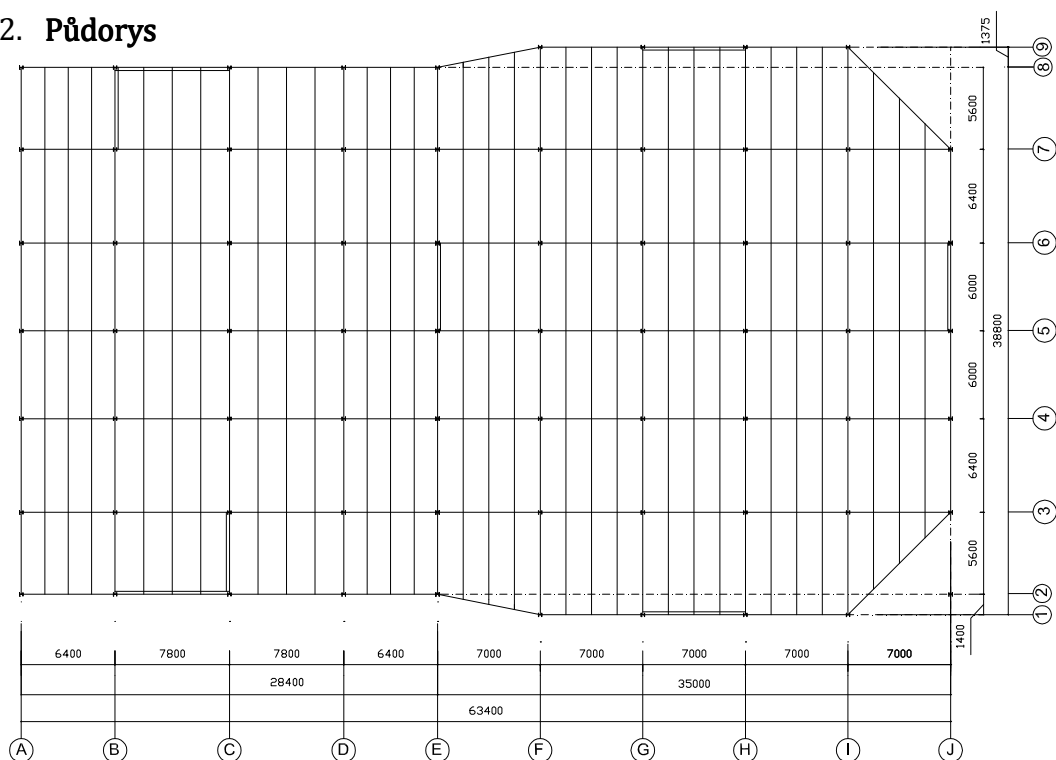
z 30 parkovacími stáními. Celková výška objektu je 17,5m.

1.2. Geometrické uspořádání objektu

1.2.1. Axonometrický pohled



1.2.2. Půdorys



2. Zatížení

2.1. Provozní stádium

2.1.1. Administrativní část

Vlastní tíha:

Vlastní tíha je generována programem Scia Engineer 2009.

Stálé – podlaha

(Zatížení je počítáno v souladu s ČSN EN 1991-1-1)

vrstva	objemová tíha [kNm ⁻³]	normové zatížení g _k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení g _d [kNm ⁻²]
PVC	19	0,171	1,35	0,231
Lepící tmel tl.0,003mm	15	0,045	1,35	0,061
2 x separační PE fólie tl.0,0002mm	14	0,0028	1,35	0,004
2xdřevotřískové desky tl.40mm	7,8	0,312	1,35	0,421
ROCKWOOL Steprock tl.40mm	0,4	0,016	1,35	0,022
Betonová deska (srovnaná tl.) $t = 50 + 50 * \frac{54 + 30,5}{250} \cong 70\text{mm}$	25	1,750	1,35	2,362
Trap. plech TR50/250;tl.1,0;10,0kg/m ²	1	0,1	1,35	0,135
Podhled sádrokarton 15kg/m ²	1	0,15	1,35	0,203
		2,472		3,337

Stálé – střecha

(Zatížení je počítáno v souladu s ČSN EN 1991-1-1)

vrstva	objemová tíha [kNm ⁻³]	normové zatížení g _k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení g _d [kNm ⁻²]
PVC hydroizolační pás - tl.1,5mm	15	0,0225	1,35	0,0304
ROCKWOOL MONROCK MAX 180mm	0,4	0,072	1,35	0,0972
Parozábrana-PE folie 0,2mm	14	0,003	1,35	0,004
Penetrační nátěr		0,312	1,35	0,421
Spádová vrstva z lehčených betonů 140mm	10	1,4	1,35	1,89
Betonová deska tl.67mm	25	1,675	1,35	2,261
Trap. plech TR50/250;10,0kg/m ²	1	0,1	1,35	0,135
Podhled sádrokarton 15kg/m ²	1	0,15	1,35	0,203
		3,734		5,041

Stálé – schodiště

(Zatížení je počítáno v souladu s ČSN EN 1991-1-1)

vrstva	objemová tíha [kNm ⁻³]	normové zatížení g _k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení g _d [kNm ⁻²]
Keramická dlažba	19	0,171	1,35	0,231
Lepící tmel	15	0,045	1,35	0,061
Betonová deska tl.80mm	25	2	1,35	2,7
Podhled sádrokarton 15kg/m ²	1	0,15	1,35	0,203
		2,366		3,195

Stálé-obvodový plášť

(Zatížení je počítáno v souladu s ČSN EN 1991-1-1)

vrstva	normové zatížení q _k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení q _d [kNm ⁻²]
AGROB BUCHTAL-konstrukční hmotnost systému:32kg/ m ²	0,32	1,35	0,432
Tepelná izolace-ISOVER FASSIL,140mm ρ=50kg/m ³	0,07	1,35	0,0945
Nosné zdivo-YTONG P1,8-300 , 450kg/m ³	1,35	1,35	1,823
Vnitřní omítka, 10mm ρ=1800kg/m ³	0,18	1,35	0,243
	1,92		2,592

Užitné-běžné podlaží

(Zatížení je počítáno v souladu s ČSN EN 1991-1-1)

vrstva	normové zatížení q _k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení q _d [kNm ⁻²]
Kategorie B-kancelářské plochy	2,5	1,5	3,75
Přídavné užité zatížení za přemístitelné příčky ≤ 2,0 kN/m ²	0,8	1,5	1,2
	3,3		4,95

Užitné – schodišťový prostor

	normové zatížení q _k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení q _d [kNm ⁻²]
Kategorie C - Plochy kde dochází ke shromáždění lidí 5,0 kN/m ²	5	1,5	7,5

Užitné – střecha

	normové zatížení q_k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení q_d [kNm ⁻²]
Kategorie H - Nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby, oprav, nátěru a menších oprav 0,4 kN/m ²	0,4	1,5	0,6

2.1.2. Garáž

Stálé – podlaha

(Zatížení je počítáno v souladu s ČSN EN 1991-1-1)

vrstva	objemová tíha [kNm ⁻³]	normové zatížení g_k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení g_d [kNm ⁻²]
Cementový potěr 0,03mm	23	0,69	1,35	0,932
Betonová deska (srovnaná tl.) $40 + \frac{40}{2} = 60\text{mm}$	25	1,50	1,35	2,025
Trap.plech TR40/160, tl.1,0mm 10,35kg/m ²	1	0,1035	1,35	0,139
Podhled sádrokarton 15kg/m ²	1	0,15	1,35	0,203
		2,443		3,298

Stálé – střecha

(Zatížení je počítáno v souladu s ČSN EN 1991-1-1)

vrstva	objemová tíha [kNm ⁻³]	normové zatížení g_k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení g_d [kNm ⁻²]
PVC hydroizolační pás tl. 1,5mm	15	0,022 5	1,35	0,0304
ROCKWOOL MONROCK MAX 180mm	0,4	0,072	1,35	0,0972
Parozábrana-PE folie 0,2mm	14	0,003	1,35	0,004
Penetrační nátěr	0	0,312	1,35	0,421
Spádová vrstva z lehčených betonů 140mm	10	1,4	1,35	1,89
Betonová deska tl.62 mm	25	1,55	1,35	2,093
Trap.plech TR40/183, 10,93kg/m	1	0,109	1,35	0,147
Podhled sádrokarton 15kg/m ²	1	0,15	1,35	0,203
		3,619		4,885

Užitné:

(Zatížení je počítáno v souladu s ČSN EN1991-1-1)

	normové zatížení q_k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení q_d [kNm ⁻²]
Osobní automobily 2,5kN/m ²	2,5	1,5	3,75

2.2. Montážní stádium**2.2.1. Administrativní část****Stálé zatížení:**

vrstva	objemová tíha [kNm ⁻³]	normové zatížení g_k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení g_d [kNm ⁻²]
Betonová deska tl.67mm	26	1,742	1,35	2,352
Trap.plech TR50/250; 10,0kg/m ²	1	0,1	1,35	0,135
		1,842		2,487

Proměnné zatížení:

	normové zatížení q_k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení q_d [kNm ⁻²]
Zvětšené (zvětšené proměnné zatížení působí na čtverci 3x3m, umístěné v nejnepříznivější poloze pro posuzovaný prvek)	1,5	1,5	2,25
Rovnoměrné	0,75	1,5	1,125

2.2.2. Garáž**Stálé zatížení:**

vrstva	objemová tíha [kNm ⁻³]	normové zatížení g_k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení g_d [kNm ⁻²]
Betonová deska tl.60mm	26	1,560	1,35	2,106
Trap.plech TR40/160; 10,35kg/m ²	1	0,1035	1,35	0,139
		1,664		2,245

Proměnné zatížení:

	normové zatížení q_k [kNm ⁻²]	součinitel zatížení γ	výpočtové zatížení q_d [kNm ⁻²]
Zvětšené (zvětšené proměnné zatížení působí na čtverci 3x3m, umístěné v nejnepříznivější poloze pro posuzovaný prvek)	1,5	1,5	2,25
Rovnoměrné	0,75	1,5	1,125

2.3. Klimatická zatížení

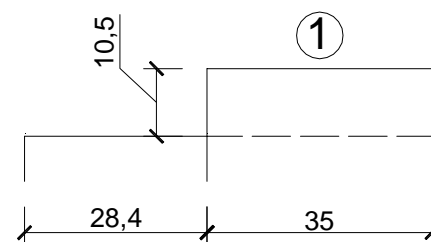
2.3.1. Zatížení sněhem

(Zatížení je počítáno v souladu s ČSN EN 1991-1-3)

I. Sněhová oblast (Brno)

ZATÍŽENÍ SNĚHEM OBLAST 1

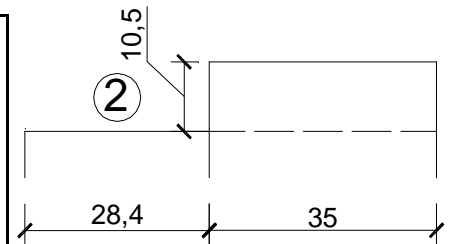
Tvarový součinitel	$\mu=0,8$ $0^\circ < \alpha < 30^\circ$
Součinitel topografie	$c_e=1,0$
Součinitel teploty	$c_t=1,0$
Charakteristická hodnota zatížení sněhem	$s_k=1,0$ kN/m ²
$s=\mu*c_e*c_t*s_k=0,80$ kN/m ²	



normové zat. q_k [kNm ⁻²]	součinitel zat. γ	výpočtové zat. q_d [kNm ⁻²]
0,8	1,5	1,2

ZATÍŽENÍ SNĚHEM OBLAST 2

Tvarový součinitel	$\mu = 0,8$ $0^\circ < \alpha < 30^\circ$
Součinitel topografie	$c_e = 1,0$
Součinitel teploty	$c_t = 1,0$
Charakteristická hodnota zatížení sněhem	$s_k = 1,0$ kN/m ²
$s_1 = \mu * c_e * c_t * s_k = 0,8 * 1 * 1 * 1 = 0,8$ kN/m ²	
NAVÁTÍ	
$\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 0 + 3,019 = 3,019$	
$\alpha \leq 15^\circ \dots \mu_s = 0$	
$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2 * h} = \frac{28,4 + 35}{2 * 10,5} = 3,019$	
$\leq \frac{\gamma * h}{s_k} = \frac{2 * 10,5}{1} = 21$	
$s_k = 1,0$ kN/m ²	
$s_2 = \mu_2 * c_e * c_t * s_k = 3,019 * 1 * 1 * 1 = 3,019$ kN/m ²	



normové zat. q_k [kNm ⁻²]	součinitel zat. μ	výpočtové zat. q_d [kNm ⁻²]
0,8		1,2
3,019	1,5	4,528

2.3.2. Zatížení větrem

(Zatížení je počítáno v souladu s ČSN EN 1991-1-4)

Větrná oblast II.(Brno)

Kategorie terénu: IV

Referenční rychlost větru: $v_b = 26$ m/s

Součinitel turbulence: $k_l = 1,0$

Součinitel ortografie: $c_0(z) = 1,0$

Parameter drsnosti terénu $z_0 = 1,0$

Měrná hmotnost vzduchu: $\rho = 1,25$ kg/m³

A.STATICKÝ VÍTR - ADMINISTRATIVNÍ ČÁST

Referenční výška: $z_e = h = 17,5$ m

Charakteristický maximální dynamický tlak:

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z) = 652,25 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Intenzita turbulence: } I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_0(z) * \ln^2\left(\frac{z}{z_0}\right)} = 0,349$$

$$\text{Střední rychlost větru: } v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 17,41 \text{ m/s}$$

$$\text{Součinitel drsnosti terénu: } c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,67$$

$$\text{Součinitel terénu: } k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,234$$

kde $z_{0,II}=0,05$ (kategorie terénu II.)

B.STATICKÝ VÍTR - GARÁŽ

Referenční výška: $z_e=h=7\text{m}$

Charakteristický maximální dynamický tlak:

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z) = 393,38 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Intenzita turbulence: } I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_{0(z)} * I_n * \left(\frac{z}{z_0}\right)} = 0,514$$

$$\text{Střední rychlost větru: } v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 11,7 \text{ m/s}$$

$$\text{Součinitel drsnosti terénu: } c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,45$$

$$\text{Součinitel terénu: } k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,234$$

kde $z_{0,II}=0,05$ (kategorie terénu II.)

ZATÍŽENÍ VĚTREM- STĚNY

A. Administrativní část:

$$h=17,5\text{m}$$

$$b=38,8\text{m}$$

$$d=35\text{m}$$

$$e=\min(b,2h)=\min(38,8;35)=35$$

$$e=\min(d,2h)=\min(35;35)=35$$

c_{pe}

h/d ; h/b	A	B	D	E
0,5	-1,2	-1	0,73	-0,36
0,45	-1,2	-0,96	0,726	-0,35

příčný vítr:

$$\text{návětrná stěna: } w_{e,D} = q_p(z_e) * c_{pe,10} = 0,65 * 0,73 = 0,47\text{kN/m}^2$$

$$\text{závětrná stěna: } w_{e,E} = q_p(z_e) * c_{pe,10} = 0,65 * (-0,36) = -0,23\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,A} = q_p(z_e) * c_{pe,10} = 0,65 * (-1,2) = -0,78\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = q_p(z_e) * c_{pe,10} = 0,65 * (-1,0) = -0,65\text{kN/m}^2$$

podélný vítr:

$$\text{návětrná stěna: } w_{e,D} = q_p(z_e) * c_{pe,10} = 0,65 * 0,726 = 0,47\text{kN/m}^2$$

$$\text{závětrná stěna: } w_{e,E} = q_p(z_e) * c_{pe,10} = 0,65 * (-0,35) = -0,23\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,A} = q_p(z_e) * c_{pe,10} = 0,65 * (-1,2) = -0,78\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = q_p(z_e) * c_{pe,10} = 0,65 * (-0,96) = -0,624\text{kN/m}^2$$

B:GARÁŽ

h=7m

b=36m

d=24,8m

e=min(b,2h)=min(36;14)=14

e=min(d,2h)=min(24,8;14)=14

c_{pe}

h/d ; h/b	A	B	C	D	E
0,68	-1,2	-1,144	-0,5	0,757	-0,415
0,47	-1,2	-0,976	-0,5	0,729	-0,358

příčný vítr:

návětrná stěna: $w_{e,D} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * 0,757 = 0,295kN/m^2$

závětrná stěna: $w_{e,E} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (-0,415) = -0,161kN/m^2$

$w_{e,A} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (-1,2) = -0,468kN/m^2$

$w_{e,B} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (-1,144) = -0,446kN/m^2$

$w_{e,C} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (-0,5) = -0,195kN/m^2$

podélný vítr:

návětrná stěna: $w_{e,D} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * 0,729 = 0,284kN/m^2$

závětrná stěna: $w_{e,E} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (-0,358) = -0,139kN/m^2$

$w_{e,A} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (-1,2) = -0,468kN/m^2$

$w_{e,B} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (-0,976) = -0,381kN/m^2$

$w_{e,C} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (-0,5) = -0,195kN/m^2$

Přehled zatížení-příčný vítr

Administrativní část	w_{ek} [kNm ⁻²]	γ	w_{ed} [kNm ⁻²]
$w_{e,A}$	0,744	1,5	1,116
$w_{e,B}$	-0,65		-0,975
$w_{e,D}$	-0,47		-0,705
$w_{e,E}$	-0,23		-0,345
Garáž	w_{ek} [kNm ⁻²]	γ	w_{ed} [kNm ⁻²]
$w_{e,A}$	0,295	1,5	0,443
$w_{e,B}$	-0,161		-0,242
$w_{e,C}$	-0,468		-0,702
$w_{e,D}$	-0,446		-0,669
$w_{e,E}$	-0,195		-0,293

Přehled zatížení-podélný vítr

Administrativní část	w_{ek} [kNm ⁻²]	γ	w_{ed} [kNm ⁻²]
$w_{e,A}$	0,78	1,5	1,17
$w_{e,B}$	-0,624		-0,936
$w_{e,D}$	-0,47		-0,705
$w_{e,E}$	-0,23		-0,345
Garáž	w_{ek} [kNm ⁻²]	γ	w_{ed} [kNm ⁻²]
$w_{e,A}$	0,284	1,5	0,426
$w_{e,B}$	-0,139		-0,208
$w_{e,C}$	-0,468		-0,702
$w_{e,D}$	-0,381		-0,572
$w_{e,E}$	-0,195		-0,293

ZATÍŽENÍ VĚTREM- STŘECHY

- plochá střecha - sklon $-5^0 < \alpha < 5^0$

A. ADMINISTRATIVNÍ ČÁST

c_{pe}

oblast	F	G	H	I
Ostré hrany	-1,8	-1,2	-0,7	0,2

$$w_{e,F} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,65 * (-1,8) = -1,17 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,G} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,65 * (-1,2) = -0,78 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,H} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,65 * (-0,7) = -0,455 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,I} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,65 * (0,2) = 0,13 \text{ kN/m}^2$$

B. GARÁŽ

c_{pe}

oblast	F	G	H	I
Ostré hrany	-1,8	-1,2	-0,7	0,2

$$w_{e,F} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (-1,8) = -0,702 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,G} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (-1,2) = -0,468 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,H} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (-0,7) = -0,273 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,I} = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,39 * (0,2) = 0,078 \text{ kN/m}^2$$

Přehled zatížení-vítr střecha

Administrativní část	w_{ek} [kNm ⁻²]	γ	w_{ed} [kNm ⁻²]
$w_{e,F}$	-1,17	1,5	-1,755
$w_{e,G}$	-0,78		-1,17
$w_{e,H}$	-0,455		-0,683
$w_{e,I}$	0,13		0,195
Garáž	w_{ek} [kNm ⁻²]	γ	w_{ed} [kNm ⁻²]
$w_{e,F}$	-0,702	1,5	-1,053
$w_{e,G}$	-0,468		0,702
$w_{e,H}$	-0,273		0,409
$w_{e,I}$	0,078		0,117

3. Materiál

Použitá ocel pevnostní třídy: S235

3.1. Materiálové pevnostní charakteristiky

Mez kluzu: $f_y = 235 \text{ MPa}$

Mez pevnosti v tahu: $f_u = 360 \text{ MPa}$

Poměrné přetvoření: $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1$

3.2. Fyzikální vlastnosti

Modul pružnosti v tahu a tlaku: $E = 210 \text{ GPa}$

Modul pružnosti ve smyku: $G = 81 \text{ MPa}$

Objemová hmotnost: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Součinitel příčné roztažnosti: $\nu = 0,3$

Součinitel délkové tepelné roztažnosti: $\alpha_t = 0,000012 \text{ K}^{-1}$

3.3. Dílčí součinitele průřezu

Průřezy třídy 1, 2, 3: $\gamma_{M0} = 1,1$

Průřezy třídy 4, stabilita: $\gamma_{M1} = 1,1$

Průřezy oslabené dírami pro šrouby: $\gamma_{M2} = 1,25$

4. Kombinace zatížení

4.1. Mezní stav únosnosti

Pro posouzení mezního stavu únosnosti pro trvalé a dočasné návrhové situace je použit vztah kombinace zatížení (6.10)

$$\Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Zatížení stálé:

$$\gamma_{G,j} = 1,35 \text{ (nepříznivé působení)}$$

$$\gamma_{G,j} = 1,0 \text{ (příznivé působení)}$$

Zatížení proměnné:

$$\gamma_{Q,1} = 1,5 \text{ (nepříznivé působení)}$$

$$\gamma_{Q,1} = 0,0 \text{ (příznivé působení)}$$

Užitná zatížení kategorie H (nepřístupné střechy): $\Psi_0 = 0,0$

Zatížení větrem: $\Psi_0 = 0,6$

Zatížení sněhem pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000$ m n. m.: $\Psi_0 = 0,5$

4.2. Mezní stav použitelnosti

Pro posouzení mezního stavu použitelnosti pro trvalé změny je použit vztah kombinace :

$$\Sigma G_{k,j} + Q_{k,1} + \Sigma \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

5. Návrh a posouzení hlavní konstrukce

5.1. Posouzení trapézových plechů

5.1.1. Trapézový plech stropů - administrativní část

Délka rozpětí pole (vzdálenost stropnic) 1,75 m

ZATÍŽENÍ: (uvažuje se šířka 1m)

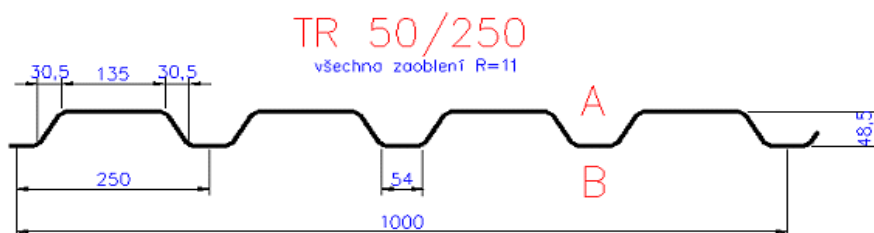
Uvažováno 1. STÁLÉ (vrstva betonu+vl.tíha trapézového plechu): $g_d=2,487$ kN/m²

2. NAHODILÉ MONT. STAV - uvnitř pracovní plochy 3x3m: $q_d=2,25$ kN/m²

- vně pracovní plochy: $q_d=1,125$ kN/m²

NÁVRH:

Navrženy trapézový plech: TR50/250, ocel S235



Tloušťka	Hmotnost	PLNÝ PRŮŘEZ		EFEKTIVNÍ PRŮŘEZ				Materiál
		A_g	$I_{y,g}$	W_{y,eff^+}	W_{y,eff^-}	I_{y,eff^+}	I_{y,eff^-}	
[mm]	[kg/m ²]	[mm ²]	[mm ⁴] x10 ⁶	[mm ³] x10 ³	[mm ³] x10 ³	[mm ⁴] x10 ⁶	[mm ⁴] x10 ⁶	dle EN 10147
1,00	10,07	1197	0,469	12,43	12,83	0,311	0,413	S 320G

POSOUZENÍ V MONTÁŽNÍM STAVU:

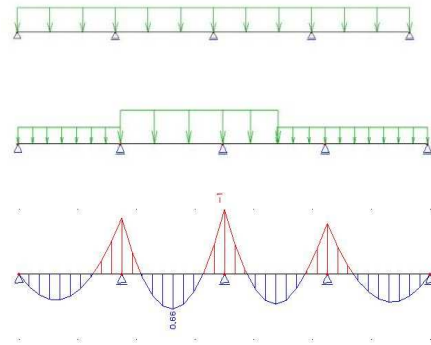
1. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

ZATÍŽENÍ:

stálé: $g_d = 2,487 \text{ kN/m}^2$

nahodilé uvnitř pracovní plochy: $q_d = 2,25 \text{ kN/m}^2$

nahodilé vně pracovní plochy: $q_d = 1,125 \text{ kN/m}^2$



POSOUZENÍ:

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

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff,min}^- * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{12830 * 235 * 10^{-6}}{1,0} = 3,015 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,min} < M_{Rd,min}$$

$-1,23 < -3,015 \text{ kNm} \Rightarrow$ Navržený profil TR 50/250 VYHOVUJE

2. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- průhyb od čerstvého betonu

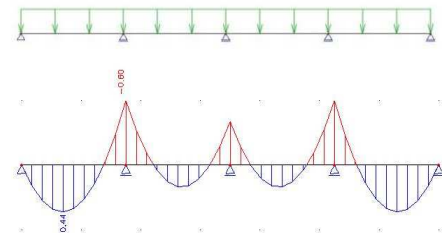
ZATÍŽENÍ:

$g_k = 1,742 \text{ kN/m}^2$

POSOUZENÍ:

$$M_1 = 0,6 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\delta = \frac{1}{E * I} * \left(\frac{5}{384} * g * L^4 - \frac{1}{16} * M_1 * L^2 \right) =$$
$$= \frac{1}{210 * 10^3 * 413000} * \left(\frac{5}{384} * 1,742 * 1750^4 - \frac{1}{16} * 0,6 * 10^6 * 1750^2 \right) =$$
$$= 1,3 \text{ mm} < \frac{70}{10} = 7 \text{ mm} \Rightarrow \text{rybníkový efekt není nutno uvažovat}$$



Navržený profil TR50/250 VYHOVUJE

5.1.2. Trapézový plech střechy – administrativní část

Délka rozpětí pole (vzdálenost stropnic) 1,75 m

ZATÍŽENÍ: (uvažuje se šířka 1m)

Uvažováno: STÁLÉ+SNÍH +VÍTR

$g_k = 3,734 \text{ kN/m}^2$

$s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$

$w_k = 0,13 \text{ kN/m}^2$

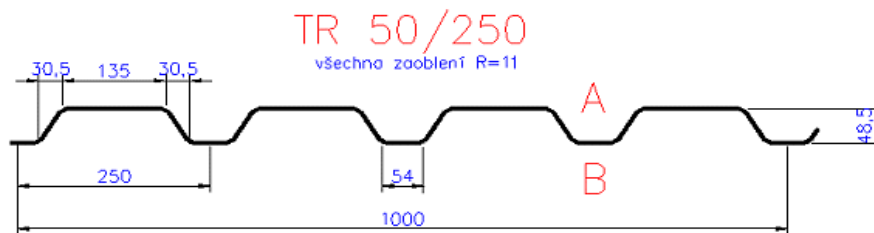
ÚNOSNOST:

$$3,734 * 1,35 + 0,8 * 1,5 * 0,5 + 0,13 * 1,5 * 0,6 = 5,99 \text{ kN/m}^2$$

POUŽITELNOST:

$$3,734 * 1,0 + 0,8 * 1,0 * 0,5 + 0,13 * 1,0 * 0,6 = 4,212 \text{ kN/m}^2$$

Návrh: TR 50/250TR



Tloušťka [mm]	Hmotnost [kg/m ²]	PLNÝ PRŮŘEZ		EFEKTIVNÍ PRŮŘEZ				Materiál dle EN 10147
		A _g [mm ²]	I _{y,g} [mm ⁴] x10 ⁶	W _{y,eff} ⁺ [mm ³] x10 ³	W _{y,eff} ⁻ [mm ³] x10 ³	I _{y,eff} ⁺ [mm ⁴] x10 ⁶	I _{y,eff} ⁻ [mm ⁴] x10 ⁶	
1,00	10,07	1197	0,469	12,43	12,83	0,311	0,413	S 320G

POSOUZENÍ:

Dle statických tabulek navržený profil vyhovuje

q^d 1- návrhová hodnota únosnosti

- pro prostý nosník s přesahem plechu 1,5xvýška plechu za podporu,

šířka podpory 40 mm

-pro spojitý nosník s vnitřní podporou šířky 100 mm a krajní podporou šířky 60 mm

q^d 2- návrhová hodnota únosnosti

-pro prostý nosník bez přesahu plechu za podporu, šířka podpory 40 mm

-pro spojitý nosník s vnitřní podporou šířky 60 mm a krajní podporou šířky 40 mm

q^k - charakteristická (normová) hodnota únosnosti pro deformaci L/200

[mm]	Hmot t [kg/ m ²]		únosnost q [kN/m ²] pro rozpětí pole L [m]														
			1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
1,00	10,07	q ^d 1	9,87	7,77	6,28	5,20	4,37	3,80	3,28	2,86	2,51	2,23	1,99	1,79	1,61	1,46	1,33
		q ^d 2	9,07	7,19	5,85	4,86	4,10	3,58	3,10	2,71	2,39	2,12	1,90	1,71	1,55	1,41	1,29
		q ^k (L/200)	14,10	8,88	5,95	4,18	3,05	2,29	1,76	1,39	1,11	0,90	0,74	0,62	0,52	0,44	0,38
		q ^k (L/400)	7,05	4,44	2,98	2,09	1,53	1,15	0,88	0,70	0,56	0,45	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19

POSOUZENÍ V MONTÁŽNÍM STAVU :

STÁLÉ: (vrstva betonu+vl.tíha trapézového plechu): g_d=2,487 kN/m²

NAHODILÉ MONT. STAV -uvnitř pracovní plochy 3x3m: q_d=2,25 kN/m²

- vně pracovní plochy: q_d=1,125 kN/m²

NÁVRH:

TR50/250, ocel S235

1. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

ZATÍŽENÍ:

$$g_d = 2,487 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 2,25 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 1,125 \text{ kN/m}^2$$

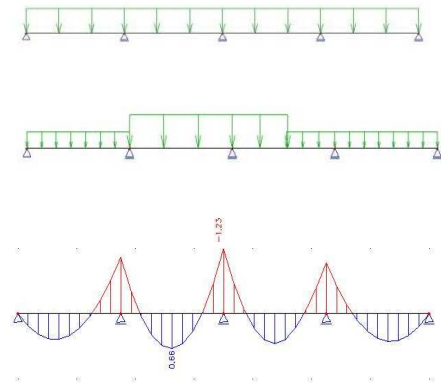
POSOUZENÍ:

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

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff,min}^- * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{12830 * 235 * 10^{-6}}{1,0} = 3,015 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,min} < M_{Rd,min}$$

$-1,23 < -3,015 \text{ kNm} \Rightarrow$ Navržený profil TR 50/250 VYHOVUJE



2. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- průhyb od čerstvého betonu

ZATÍŽENÍ:

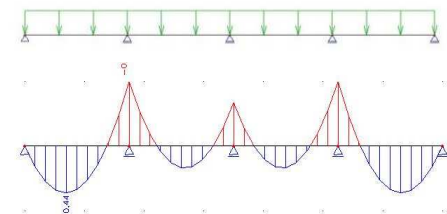
$$g_k = 1,742 \text{ kN/m}^2$$

POSOUZENÍ:

$$M_1 = 0,6 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{1}{E * I} * \left(\frac{5}{384} * g * L^4 - \frac{1}{16} * M_1 * L^2 \right) = \\ &= \frac{1}{210 * 10^3 * 413000} * \left(\frac{5}{384} * 1,742 * 1750^4 - \frac{1}{16} * 0,6 * 10^6 * 1750^2 \right) = \\ &= 1,3 \text{ mm} < \frac{70}{10} = 7 \text{ mm} \Rightarrow \text{rybníkový efekt není nutno uvažovat} \end{aligned}$$

Navržený profil TR50/250 VYHOVUJE



5.1.3. Trapézový plech stropů -garáž

Délka rozpětí pole (vzdálenost stropnic): Střední pole: 1950 mm

Krajní pole: 1600 mm

ZATÍŽENÍ: (uvažuje se šířka 1m)

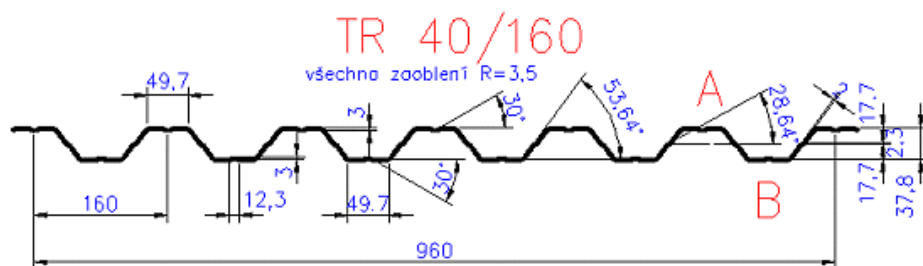
Uvažováno 1. STÁLÉ (vrstva betonu + vl.tíha trapezového plechu): $g_d = 2,245 \text{ kN/m}^2$

2. NAHODILÉ MONT. STAV - uvnitř pracovní plochy 3x3m: $q_d = 2,25 \text{ kN/m}^2$

- vně pracovní plochy: $q_d = 1,125 \text{ kN/m}^2$

NÁVRH:

Navržený trapézový plech: TR40/160, ocel S235



Tloušťka [mm]	Hmotnost [kg/m ²]	PLNÝ PRŮŘEZ		EFEKTIVNÍ PRŮŘEZ				Materiál dle EN 10147
		A _g [mm ²]	I _{y,g} [mm ⁴] x10 ⁶	W _{y,eff} ⁺ [mm ³] x10 ³	W _{y,eff} ⁻ [mm ³] x10 ³	I _{y,eff} ⁺ [mm ⁴] x10 ⁶	I _{y,eff} ⁻ [mm ⁴] x10 ⁶	
1,00	10,28	1242	0,284	14,50	14,50	0,284	0,284	S 320G

POSOUZENÍ STŘEDNÍ POLE:

1. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

ZATÍŽENÍ:

$$g_d = 2,245 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 2,25 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 1,125 \text{ kN/m}^2$$

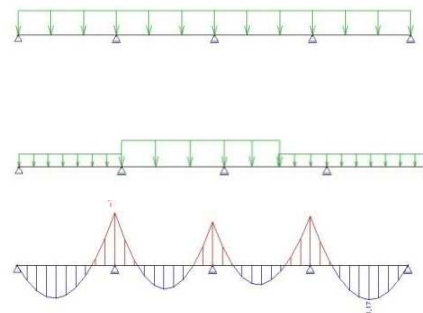
POSOUZENÍ:

$$M_{Ed} = 1,81 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = -\frac{W_{eff,min}^- \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{14500 \cdot 235 \cdot 10^{-6}}{1,0} = 3,407 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,min} < M_{Rd,min}$$

$$1,81 < 3,407 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Navržený profil TR 40/160 VYHOVUJE}$$



2. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

ZATÍŽENÍ:

$$g_k = 1,664 \text{ kN/m}^2$$

POSOUZENÍ:

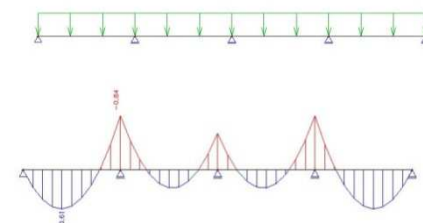
$$M_1 = 0,84 \text{ kNm}$$

$$\delta = \frac{1}{E \cdot I_{eff}} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot g \cdot L^4 - \frac{1}{16} \cdot M_1 \cdot L^2 \right) =$$

$$= \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 289000} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 1,664 \cdot 1950^4 - \frac{1}{16} \cdot 0,84 \cdot 10^6 \cdot 1950^2 \right) =$$

$$= 1,87 \text{ mm} < \frac{60}{10} = 6 \text{ mm} \Rightarrow \text{rybníkový efekt není nutno uvažovat}$$

$$\text{Navržený profil TR40S/160 VYHOVUJE}$$



POSOUZENÍ KRAJNÍ POLE:

1. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

ZATÍŽENÍ:

$$g_d = 2,245 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 2,25 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 1,125 \text{ kN/m}^2$$

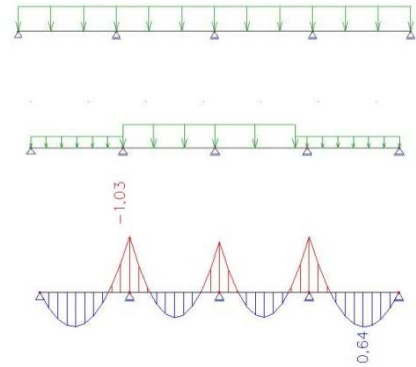
POSOUZENÍ:

$$M_{Ed} = 1,03 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff,min}^- * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{14500 * 235 * 10^{-6}}{1,0} = 3,407 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,min} < M_{Rd,min}$$

$$1,03 < 3,407 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Navržený profil TR 40S/160 VYHOVUJE}$$



2. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

ZATÍŽENÍ:

$$g_k = 1,664 \text{ kN/m}^2$$

POSOUZENÍ:

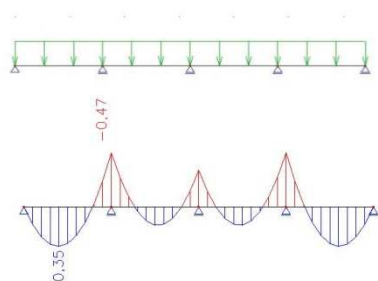
$$M_1 = 0,47 \text{ kNm}$$

$$\delta = \frac{1}{E * I} * \left(\frac{5}{384} * g * L^4 - \frac{1}{16} * M_1 * L^2 \right) =$$

$$= \frac{1}{210 * 10^3 * 289000} * \left(\frac{5}{384} * 1,664 * 1600^4 - \frac{1}{16} * 0,47 * 10^6 * 1600^2 \right) =$$

$$= 1,1 \text{ mm} < \frac{60}{10} = 6 \text{ mm} \Rightarrow \text{rybníkový efekt není nutno uvažovat}$$

$$\text{Navržený profil TR 40/160 VYHOVUJE}$$



5.1.4. Trapézový plech střechy -garáž

Délka rozpětí pole (vzdálenost stropnic) 1,95 m

ZATÍŽENÍ: (uvažuje se šířka 1m)

Uvažováno: STÁLÉ+SNÍH +VÍTR

$$g_k = 3,619 \text{ kN/m}^2$$

$$s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k = 0,078 \text{ kN/m}^2$$

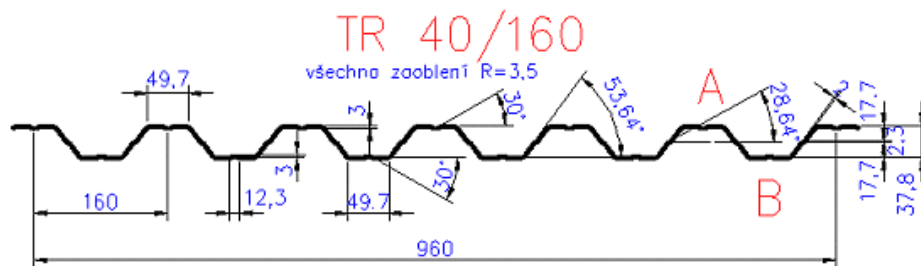
ÚNOSNOST:

$$3,619 * 1,35 + 0,8 * 1,5 * 0,5 + 0,078 * 1,5 * 0,6 = 5,55 \text{ kN/m}^2$$

POUŽITELNOST:

$$3,619 * 1,0 + 0,8 * 1,0 * 0,5 + 0,078 * 1,0 * 0,6 = 4,066 \text{ kN/m}^2$$

Návrh: TR 40/160



Tloušťka [mm]	Hmotnost [kg/m ²]	PLNÝ PRŮŘEZ		EFEKTIVNÍ PRŮŘEZ				Materiál dle EN 10147
		A _g [mm ²]	I _{v,g} [mm ⁴] x10 ⁶	W _{v,eff} ⁺ [mm ³] x10 ³	W _{v,eff} ⁻ [mm ³] x10 ³	I _{v,eff} ⁺ [mm ⁴] x10 ⁶	I _{v,eff} ⁻ [mm ⁴] x10 ⁶	
1,00	10,28	1242	0,284	14,50	14,50	0,284	0,284	S 320G

POSOUZENÍ:

Dle statických tabulek navržený profil vyhovuje

q^d 1- návrhová hodnota únosnosti

- pro prostý nosník s přesahem plechu 1,5xvýška plechu za podporu,
šířka podpory 40 mm

-pro spojitý nosník s vnitřní podporou šířky 100 mm a krajní podporou šířky 60 mm

q^d 2- návrhová hodnota únosnosti

-pro prostý nosník bez přesahu plechu za podporu, šířka podpory 40 mm

-pro spojitý nosník s vnitřní podporou šířky 60 mm a krajní podporou šířky 40 mm

q^k – charakteristická (normová) hodnota únosnosti pro deformaci L/200

[mm]	Hmot [kg/ m ²]		únosnost q [kN/m ²] pro rozpětí pole L [m]														
			1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
1,00	10,07	q ^d 1	9,87	7,77	6,28	5,20	4,37	3,80	3,28	2,86	2,51	2,23	1,99	1,79	1,61	1,46	1,33
		q ^d 2	9,07	7,19	5,85	4,86	4,10	3,58	3,10	2,71	2,39	2,12	1,90	1,71	1,55	1,41	1,29
		q ^k (L/200)	14,10	8,88	5,95	4,18	3,05	2,29	1,76	1,39	1,11	0,90	0,74	0,62	0,52	0,44	0,38
		q ^k (L/400)	7,05	4,44	2,98	2,09	1,53	1,15	0,88	0,70	0,56	0,45	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19

5.2. Posouzení spřažení

5.2.1. Stropnice– administrativní část-běžné podlaží

POSOUZENÍ LMSU

ZATÍŽENÍ

-zatěžovací šířka $b=1750\text{mm}$

-odhad vlastní tíhy nosníku $26,2\text{kg/m}$

STÁLÉ ZATÍŽENÍ: $g_k = 2,472\text{ kN/m}^2 * 1,75 + 0,262 = 4,588\text{ kN/m}$

UŽITNÉ ZATÍŽENÍ: $q_k = 3,3\text{ kN/m}^2 * 1,75 = 5,775\text{ kN/m}$

KOMBINACE: $4,588 * 1,35 + 5,775 * 1,5 = 14,8\text{ kN/m}$

Vnitřní síly:

$$M_{pl.ed} = \frac{1}{8} * (g_d + q_d) * l^2 = \frac{1}{8} * 14,8 * 7^2 = 90,65\text{ kNm}$$

$$V_{pl.ed} = \frac{1}{2} * (g_d + q_d) * l = \frac{1}{2} * 14,8 * 7 = 51,8\text{ kN}$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

Ocel: S235 $f_y = 235\text{MPa}$

$$\gamma_a = 1,0$$

Beton: C25/30 $f_{ck} = 25\text{MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

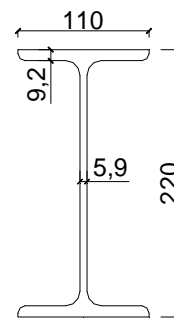
$$f_{cd} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 * \frac{25}{1,5} = 14,2\text{MPa}$$

IPE: 220 $A_a = 3337\text{ mm}^2$

$$h=220\text{mm}$$

$$b=110\text{mm}$$

třída průřezu 1 pro ohyb



Deska: trapézový plech TR50/250

celková tloušťka 100mm

Účinná šířka desky:

$$b_{eff} = 2b_{e1} = \frac{L}{4} = \frac{7000}{4} = 1750\text{mm}$$

Poloha neutrální osy:

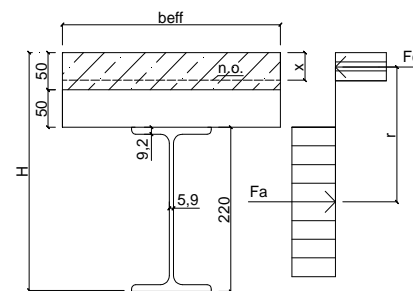
-předpoklad: neutrální osa leží v betonové desce

$$F_a = F_c$$

$$A_a * f_{yd} = x * b_{eff} * 0,85 f_{cd}$$

$$x = \frac{A_a * f_{yd}}{b_{eff} * 0,85 * f_{cd}} = \frac{3337 * 235}{1750 * 0,85 * 16,66} = 31,76\text{mm} < 50\text{mm} \Rightarrow$$

předpoklad byl splněn, neutrální osa leží v desce



Výpočet momentové únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = F_a * r = A_a * f_{yd} * r = 3337 * 235 * 194,12 = 152,2 * 10^6 Nmm$$

$$r = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} = 320 - 110 - \frac{31,76}{2} = 194,12mm$$

Posouzení:

$$M_{pl,Rd} = 152,2 kNm > M_{pl,Ed} = 90,65 kNm \Rightarrow \text{PRŮŘEZ VYHOVÍ}$$

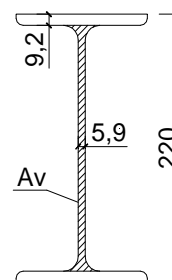
Smyková únosnost průřezu:

$$t_f = 9,2 mm$$

$$t_w = 5,9 mm$$

$$A_v = 1915,4 mm^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 1915,4 * \frac{235 * 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 259,88 kN$$



Posouzení:

$$V_{pl,Rd} = 259,88 kN > V_{pl,Ed} = 51,8 kN \Rightarrow \text{PRŮŘEZ VYHOVÍ}$$

Návrh spřažení:

Průřezové a materiálové charakteristiky:

Ocel: S235 $f_y = 235 MPa$

$$\gamma_a = 1,0$$

Beton: C25/30 $f_{ck} = 25 MPa$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$E_{cm} = 30,5 kN/mm^2$$

IPE: 220 $A_a = 3337 mm^2$

Deska: trapézový plech TR50/250

trny: $\Phi 22mm$

$$h = 80mm$$

$$f_u = 360 MPa$$

$$\alpha = 1 \text{ pro } h > 4d$$

Únosnost spřahovacích trnů:

-výpočet únosnosti

$$P_{Rk} = \min \left\{ 0,8 * f_u * \frac{\pi d^2}{4}; 0,29 * \alpha * d^2 \sqrt{f_{ck} * E_{cm}} \right\}$$

$$P_{Rk} = \min \left\{ 0,8 * 360 * \frac{\pi * 22^2}{4}; 0,29 * 1 * 22^2 \sqrt{25 * 30500} \right\}$$

$$P_{Rk} = \min \{109,42; 122,56 kN\} = 109,42 kN$$

Výpočet návrhové únosnosti

$$P_{rd} = \frac{\min P_{rk}}{\gamma_v} = \frac{73,25}{1,25} = 87,54 \text{ kN}$$

-redukováná návrhová únosnost

-žebra kolmo k ose nosníku

-redukční součinitel:

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} * \frac{b_0}{h_p} * \left(\frac{h}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{1}} * \frac{85,44}{50} * \left(\frac{80}{50} - 1 \right) = 0,718$$

$n_r = 1$ – počet trnů v žebře

$$P'_{rd} = P_{rd} * k_t = 87,54 * 0,718 = 62,8 \text{ kN}$$

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{cf} = N_c = N_a = A_{ocel} * f_{yd} = 3337 * 235 = 784,19 \text{ kN}$$

potřebný počet trnů na polovině nosníku:

$$n_f = \frac{N_{cf}}{P'_{rd}} = \frac{784,19}{62,8} \cong 13$$

Maximální množství trnů na 1/2 nosníku

TR 50/250 – modulová šířka žebra 250mm

-na polovině nosníku lze umístit : $L/2 = 3,5\text{m} \Rightarrow 3500/250 = 14$ trnů

ÚPLNÉ SMYKOVÉ SPOJENÍ VYHOVUJE

POSOUZENÍ I.L.M.S

Ideální průřez ocelobetonového nosníku:

$$E_{cm} = 30,5 \text{ GPa}$$

-modul pružnosti s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30,5}{2} = 15,25 \text{ GPa}$$

-pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210}{15,25} = 13,77$$

Průřezové charakteristiky ideálního průřezu:

-plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 3337 + \frac{50 * 1750}{13,77} = 9691,39 \text{ mm}^2$$

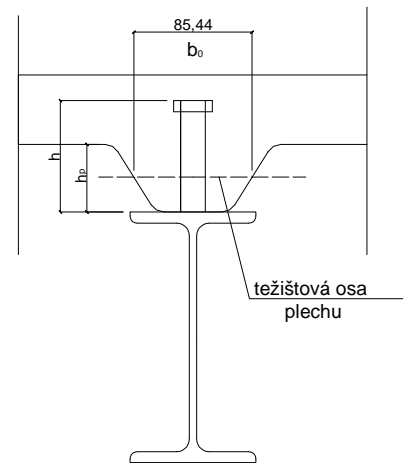
-těžiště ideálního průřezu

$$z_i = \frac{A_a * z_a + \frac{A_c * z_c}{n}}{A_i} = \frac{3337 * 110 + \frac{50 * 1750 * (220 + 50 + \frac{50}{2})}{13,77}}{9691,39} = 231,3 \text{ mm}$$

-moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = (I_a + A_a * r_a^2) + \left(\frac{I_c + A_c * r_c^2}{n} \right) = 27,72 * 10^6 + 3337 * (231,3 - 110)^2 +$$

$$\left(\frac{\frac{1}{12} * 1750 * 50^3 + 1750 * 50 * (295 - 231,3)^2}{13,77} \right) = 103927574,9 \text{ mm}^4$$



Průhyb při betonování desky

ZATÍŽENÍ (vl.tíha+trapezový plech+mokrý beton):

$$g_k = 0,262 + 1,250 + 0,1 = 1,612 * Z\check{S} = 1,612 * 1,75 = 2,821 kN/m$$

$$\delta_a = \frac{5}{384} * \frac{g_k * L^4}{E_a * I_a} = \frac{5}{384} * \frac{2,821 * 7000^4}{210 * 10^3 * 27,72 * 10^6} = 15,15 mm$$

Průhyb spřaženého nosníku

ZATÍŽENÍ (zbytek stálého zatížení +užitné)

$$g_k = 0,622 + 3,3 = 3,922 * Z\check{S} = 3,922 * 1,75 = 6,86 kN/m$$

$$\delta_c = \frac{5}{384} * \frac{g_k * L^4}{E_a * I_i} = \frac{5}{384} * \frac{6,86 * 7000^4}{210 * 10^3 * 10,49 * 10^7} = 9,83 mm$$

Celkové deformace

$$\delta_{celk} = \delta_a + \delta_c = 15,15 + 9,83 = 24,9 mm$$

Posouzení

$$\delta_{dov} = \frac{L}{250} = \frac{7000}{250} = 28 mm$$

$$\delta_{celk} \leq \delta_{dov}$$

24,9 mm < 28 mm \Rightarrow SPŘAŽENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI VYHOVUJE

5.2.2. Stropnice – garáž –běžné podlaží

POSOUZENÍ I.M.S

Zatížení

-zatěžovací šířka b=1950mm

-odhad vlastní tíhy nosníku 26,2kg/m

STÁLÉ ZATÍŽENÍ: $g_k = 2,443 kN/m^2 * 1,95 + 0,262 = 5,03 kN/m$

UŽITNÉ ZATÍŽENÍ: $q_k = 2,5 kN/m^2 * 1,95 = 4,875 kN/m$

KOMBINACE: $5,03 * 1,35 + 4,875 * 1,5 = 14,1 kN/m$

Vnitřní síly:

$$M_{pl.ed} = \frac{1}{8} * (g_d + q_d) * l^2 = \frac{1}{8} * 14,1 * 6,4^2 = 72,2 kNm$$

$$V_{pl.ed} = \frac{1}{2} * (g_d + q_d) * l = \frac{1}{2} * 14,1 * 6,4 = 45,12 kN$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

Ocel: S235 $f_y = 235 MPa$

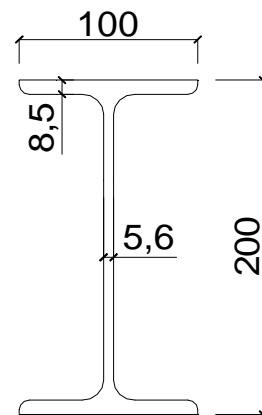
$$\gamma_a = 1,0$$

Beton: C25/30 $f_{ck} = 25 MPa$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 * \frac{25}{1,5} = 14,2 MPa$$

IPE: 200 $A_a = 2848 \text{ mm}^2$
 $h=200\text{mm}$
 $b=100\text{mm}$
 třída průřezu 1 pro ohyb



Deska: trapézový plech TR 40/160

Účinná šířka desky:

$$b_{eff} = 2b_{e1} = \frac{L}{4} = \frac{6400}{4} = 1600\text{mm}$$

Poloha neutrální osy:

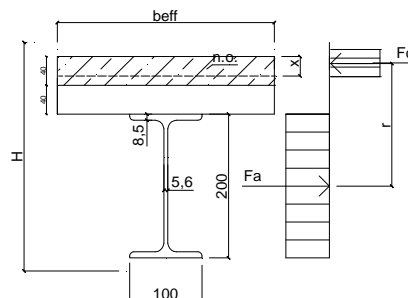
-předpoklad: neutrální osa leží v betonové desce

$$F_a = F_c$$

$$A_a * f_{yd} = x * b_{eff} * 0,85 f_{cd}$$

$$x = \frac{A_a * f_{yd}}{b_{eff} * 0,85 * f_{cd}} = \frac{2848 * 235}{1600 * 0,85 * 16,66} = 29,5\text{mm} < 40\text{mm} \Rightarrow$$

předpoklad byl splněn, neutrální osa leží v desce



Výpočet momentové únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = F_a * r = A_a * f_{yd} * r = 2848 * 235 * 165,25 = 1110,6 * 10^6 \text{Nmm}$$

$$r = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} = 280 - 100 - \frac{29,5}{2} = 165,25\text{mm}$$

Posouzení:

$$M_{pl,Rd} = 110,6 \text{ kNm} > M_{pl,Ed} = 72,2 \text{ kNm} \Rightarrow \underline{\text{PRŮŘEZ VYHOVÍ}}$$

Smyková únosnost průřezu:

$$t_f = 8,5 \text{ mm}$$

$$t_w = 5,6 \text{ mm}$$

$$A_v = 1024,8 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 1024,8 * \frac{235 * 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 139,42 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$V_{pl,Rd} = 139,42 \text{ kN} > V_{pl,Ed} = 45,12 \text{ kN} \Rightarrow \underline{\text{PRŮŘEZ VYHOVÍ}}$$

Návrh spřažení:

Průřezové a materiálové charakteristiky:

Ocel: S235 $f_y = 235 \text{ MPa}$

$$\gamma_a = 1,0$$

Beton: C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$E_{cm} = 30,5 \text{ kN/mm}^2$$

IPE: 200 $A_a = 2848 \text{ mm}^2$

Deska: trapézový plech TR 40/160

trny: $\Phi 22 \text{ mm}$

$$h_{sc} = 70 \text{ mm}$$

$$f_u = 360 \text{ Mpa}$$

$$\alpha = 0,2 * \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq d$$

$$\alpha = 0,2 * \left(\frac{70}{22} + 1 \right) = 0,836$$

Únosnost spřahovacích trnů:

Výpočet únosnosti

$$P_{Rk} = \min \left\{ 0,8 * f_u * \frac{\pi d^2}{4}; 0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}} \right\}$$

$$P_{Rk} = \min \left\{ 0,8 * 360 * \frac{\pi * 22^2}{4}; 0,29 * 0,836 * 22^2 * \sqrt{25 * 30500} \right\}$$

$$P_{Rk} = \min \{ 109,42; 102,46 \text{ kN} \} = 102,46 \text{ kN}$$

Výpočet návrhové únosnosti

$$P_{rd} = \frac{\min P_{rk}}{\gamma_v} = \frac{102,46}{1,25} = 81,96 \text{ kN}$$

Redukovaná návrhová únosnost

-žebra kolmo k ose nosníku

-redukční součinitel:

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} * \frac{b_0}{h_p} * \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{1}} * \frac{83,33}{70} * \left(\frac{70}{40} - 1 \right) = 0,635$$

n_r – počet trnů v žeburu

$$P'_{rd} = P_{rd} * k_t = 81,96 * 0,635 = 52,04 \text{ kN}$$

Síla na sprážení na jedné polovině nosníku

$$N_{cf} = N_c = N_a = A_{ocel} * f_{yd} = 2848 * 235 = 669,28 \text{ kN}$$

potřebný počet trnů na polovině nosníku:

$$n_f = \frac{N_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{669,28}{52,04} \cong 12,9$$

Maximální množství trnu na 1/2 nosníku

TR 50/250 - modulová šířka žebra 250mm

-na polovině nosníku lze umístit :L/2=3,2m \Rightarrow 3200/250 = 13trnů

ÚPLNÉ SMYKOVÉ SPOJENÍ VYHOVUJE

POSOUZENÍ ILM

Ideální průřez ocelobetonového nosníku:

$$E_{cm} = 30,5 \text{ GPa}$$

-modul pružnosti s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30,5}{2} = 15,25 \text{ GPa}$$

-pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210}{15,25} = 13,77$$

Průřezové charakteristiky ideálního průřezu:

-plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 2848 + \frac{40*1600}{13,77} = 7495,78 \text{ mm}^2$$

-těžiště ideálního průřezu

$$z_i = \frac{A_a * z_a + \frac{A_c * z_c}{n}}{A_i} = \frac{2848 * 100 + \frac{40 * 1600 * (200 + 40 + \frac{40}{2})}{13,77}}{7495,78} = 199,21 \text{ mm}$$

-moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = (I_a + A_a * r_a^2) + \left(\frac{I_c + A_c * r_c^2}{n} \right) = 19,43 * 10^6 + 2848 * (199,21 - 100)^2 + \left(\frac{\frac{1}{12} * 1600 * 40^3 + 1600 * 40 * (280 - 199,21)^2}{13,77} \right) = 78417703,08 \text{ mm}^4$$

Průhyb při betonování desky

ZATÍŽENÍ (vl.tíha+trapezový plech+beton desky):

$$g_k = 2,96 \text{ kN/m}$$

$$\delta_a = \frac{5}{384} * \frac{g_k * L^4}{E_a * I_a} = \frac{5}{384} * \frac{2,96 * 6400^4}{210 * 10^3 * 19,43 * 10^6} = 15,85 \text{ mm}$$

Průhyb spřaženého nosníku

ZATÍŽENÍ (zbytek stálého zatížení +užitné)

$$g_k = 0,839 + 2,5 = 3,339 * Z\check{S} = 3,3 * 1,95 = 6,43 \text{ kN/m}$$

$$\delta_c = \frac{5}{384} * \frac{g_k * L^4}{E_a * I_i} = \frac{5}{384} * \frac{6,43 * 6400^4}{210 * 10^3 * 78417703,08} = 8,5 \text{ mm}$$

CELKOVÉ DEFORMACE

$$\delta_{\text{celk}} = \delta_a + \delta_c = 15,85 + 8,5 = 24,35 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ

$$\delta_{\text{dov}} = \frac{L}{250} = \frac{6400}{250} = 25,6 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{celk}} \leq \delta_{\text{dov}}$$

24,35 mm < 25,6 mm \Rightarrow SPŘAŽENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI VYHOVUJE

5.2.3. Stropnice – administrativní část -střecha

BETON: C20/25

OCEL: S235

POSOUZENÍ IMSU

ZATÍŽENÍ

-zatěžovací šířka b=1750mm

-odhad vlastní tíhy nosníku 26,2kg/m

$$\text{STÁLÉ ZATÍŽENÍ: } g_k = 3,734 \text{ kN/m}^2 * 1,75 + 0,262 = 4,588 \text{ kN/m}$$

$$\text{UŽITNÉ ZATÍŽENÍ: } q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2 * 1,75 = 0,7 \text{ kN/m}$$

$$\text{ZATÍŽENÍ SNĚHEM: } g_k = 0,8 \text{ kN/m}^2 * 1,75 = 1,4 \text{ kN/m}$$

$$\text{KOMBINACE: } 4,588 * 1,35 + 0,7 * 1,5 + 1,4 * 1,5 * 0,5 = 8,29 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly:

$$M_{pl,ed} = \frac{1}{8} * (g_d + q_d) * l^2 = \frac{1}{8} * 8,29 * 7^2 = 50,77 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,ed} = \frac{1}{2} * (g_d + q_d) * l = \frac{1}{2} * 8,29 * 7 = 29,015 \text{ kN}$$

Průřezové a materiálové charakteristiky:

Ocel: S235 $f_y = 235 \text{ MPa}$

$$\gamma_a = 1,0$$

Beton: C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 * \frac{25}{1,5} = 14,2 \text{ MPa}$$

IPE: 220 $A_a = 3337 \text{ mm}^2$
h=180mm
b=91mm
třída průřezu 1 pro ohyb
Deska: trapézový plech TR50/250
celková tloušťka 100mm

Účinná šířka desky:

$$b_{eff} = 2b_{e1} = \frac{L}{4} = \frac{7000}{4} = 1750 \text{ mm}$$

Poloha neutrální osy:

-předpoklad: neutrální osa leží v betonové desce

$$F_a = F_c$$

$$A_a * f_{yd} = x * b_{eff} * 0,85 f_{cd}$$

$$x = \frac{A_a * f_{yd}}{b_{eff} * 0,85 * f_{cd}} = \frac{3337 * 235}{1750 * 0,85 * 16,66} = 31,64 \text{ mm} < 50 \text{ mm} \Rightarrow$$

předpoklad byl splněn, neutrální osa leží v desce

Výpočet momentové únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = F_a * r = A_a * f_{yd} * r = 3337 * 235 * 194,2 = 152,27 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$r = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} = 320 - 110 - \frac{31,64}{2} = 194,18 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$M_{pl,Rd} = 152,27 \text{ kNm} > M_{pl,Ed} = 50,77 \text{ kNm} \Rightarrow \underline{\text{PRŮŘEZ VYHOVÍ}}$$

Smyková únosnost průřezu:

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

$$t_w = 5,3 \text{ mm}$$

$$A_v = 869,2 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 869,2 * \frac{235 * 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 117,93 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$V_{pl,Rd} = 117,93 \text{ kN} > V_{pl,Ed} = 29,015 \text{ kN} \Rightarrow \underline{\text{PRŮŘEZ VYHOVÍ}}$$

Návrh spřažení:

Průřezové a materiálové charakteristiky:

Ocel: S235 $f_y = 235 \text{ MPa}$

$$\gamma_a = 1,0$$

Beton: C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$E_{cm} = 30,5 \text{ kN/mm}^2$$

IPE: 220 $A_a = 3337 \text{ mm}^2$

Deska: trapézový plech TR50/250

trny: $\Phi 22 \text{ mm}$

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

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 1 \text{ pro } h > 4d$$

Únosnost spřahovacích trnů:

VÝPOČET ÚNOSNOSTI

$$P_{Rk} = \min \left\{ 0,8 * f_u * \frac{\pi d^2}{4}; 0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}} \right\}$$

$$P_{Rk} = \min \left\{ 0,8 * 360 * \frac{\pi * 22^2}{4}; 0,29 * 1 * 22^2 * \sqrt{25 * 30500} \right\}$$

$$P_{Rk} = \min \{ 109,42; 122,56 \text{ kN} \} = 109,42 \text{ kN}$$

VÝPOČET NÁVRHOVÉ ÚNOSNOSTI

$$P_{rd} = \frac{\min P_{rk}}{\gamma_v} = \frac{73,25}{1,25} = 87,54 \text{ kN}$$

REDUKOVANÁ NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST

-žebra kolmo k ose nosníku

-redukční součinitel:

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} * \frac{b_0}{h_p} * \left(\frac{h}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{1}} * \frac{85,44}{50} * \left(\frac{80}{50} - 1 \right) = 0,718$$

$$n_r = 1 - \text{počet trnů v žebře}$$

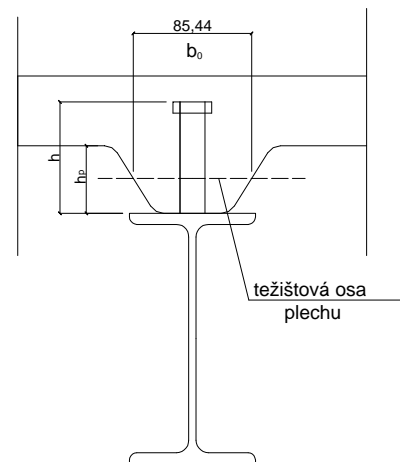
$$P'_{rd} = P_{rd} * k_t = 87,54 * 0,718 = 62,8 \text{ kN}$$

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{cf} = N_c = N_a = A_{ocel} * f_{yd} = 3337 * 235 = 784,19 \text{ kN}$$

potřebný počet trnů na polovině nosníku:

$$n_f = \frac{N_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{784,19}{62,8} \cong 13$$



Maximální množství trnu na ½ nosníku

TR 50/250 - modulová šířka žebra 250mm

-na polovině nosníku lze umístit : $L/2=3,5m \Rightarrow 3500/250 = 14$ trnů

ÚPLNÉ SMYKOVÉ SPOJENÍ VYHOVUJE

POSOUZENÍ I.L.M.S

Ideální průřez ocelobetonového nosníku:

$$E_{cm} = 30,5 \text{ GPa}$$

-modul pružnosti s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30,5}{2} = 15,25 \text{ GPa}$$

-pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210}{15,25} = 13,77$$

Průřezové charakteristiky ideálního průřezu:

-plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 3337 + \frac{50 \cdot 1750}{13,77} = 9691,39 \text{ mm}^2$$

-těžiště ideálního průřezu

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} = \frac{3337 \cdot 110 + \frac{50 \cdot 1750 \cdot (220 + 50 + \frac{50}{2})}{13,77}}{9691,39} = 231,3 \text{ mm}$$

-moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left(\frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) = 27,72 \cdot 10^6 + 3337 \cdot (231,3 - 110)^2 + \left(\frac{\frac{1}{12} \cdot 1750 \cdot 50^3 + 1750 \cdot 50 \cdot (295 - 231,3)^2}{13,77} \right) = 103927574,9 \text{ mm}^4$$

PRŮHYB PŘI BETONOVÁNÍ DESKY

ZATÍŽENÍ (vl.tíha+trapézový plech+mokrý beton):

$$g_k = 0,262 + 1,250 + 0,1 = 1,921 \cdot Z\check{S} = 1,921 \cdot 1,75 = 3,361 \text{ kN/m}$$

$$\delta_a = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_a \cdot I_a} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,361 \cdot 7000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 27,72 \cdot 10^6} = 18,05 \text{ mm}$$

Průhyb spráženého nosníku

ZATÍŽENÍ (zbytek stálého zatížení +užitné)

$$g_k = 1,95 + 0,4 = 2,35 \cdot Z\check{S} = 2,35 \cdot 1,75 = 4,11 \text{ kN/m}$$

$$\delta_c = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_a \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,11 \cdot 7000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 10,49 \cdot 10^7} = 5,21 \text{ mm}$$

CELKOVÉ DEFORMACE

$$\delta_{\text{celk}} = \delta_a + \delta_c = 18,05 + 5,21 = 23,3 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ

$$\delta_{\text{dov}} = \frac{L}{250} = \frac{7000}{250} = 28\text{mm}$$

$$\delta_{\text{celk}} \leq \delta_{\text{dov}}$$

23,3 mm < 28 mm ⇒ SPŘAŽENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI VYHOVUJE

5.2.4. Průvlak - administrativní část-běžné podlaží

-průvlak při betonáži podepřen

Charakteristiky

Rozpětí: L=7m

Návrh: IPE 330

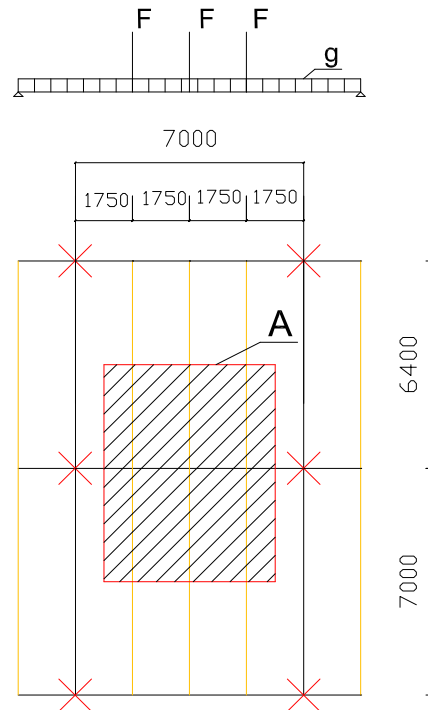
m=49,1kg/m

A=6,261*10³mm²

W_{pl,y}=804,3*10³ mm²

I_y=117,7*10⁶mm⁴

A_{vz}=3,081*10³mm



Zatížení:

A.Vlastní tíha průvlaku:

$$g_k = 0,491 \text{ kN/m}$$

$$g_d = 0,491 * 1,35 = 0,66 \text{ kN/m}$$

B.Zatížení od stropní konstrukce

-stálé: $g_k = 2,472 \text{ kN/m}^2$; $g_d = 3,337 \text{ kN/m}^2$

-užitné-kancelářské plochy: $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$; $q_d = 3,75 \text{ kN/m}^2$

-užitné-přemístitelné příčky: $q_{k1} = 0,8 \text{ kN/m}^2$; $q_{d1} = 1,2 \text{ kN/m}^2$

-vlastní tíha stropnice: $g_{k1} = 0,262 \text{ kN/m}$; $g_{d1} = 0,354 \text{ kN/m}$

Redukční součinitel pro užitné zatížení stejného původu:

-zatěžovací plocha: $A = 6,7 * 5,25 = 35,175 \text{ m}^2$

-referenční plocha: $A_0 = 10 \text{ m}^2$

-kombinační součinitel pro kancelářské plochy: $\psi_0 = 0,7$

$$\alpha_A = \frac{5}{7} * \psi_0 + \frac{A_0}{A} = \frac{5}{7} * 0,7 + \frac{10}{35,175} = 0,78$$

$$0,6 \leq 0,78 \leq 1,0$$

Osamělé břemeno

$$F_{\text{Ek}} = ((g_k + q_k * \alpha_A + q_{k1}) * 1,75 + g_{k1}) * Z\check{S} = ((2,472 + 2,5 * 0,78) * 1,75 + 0,262) * \frac{7+6,4}{2} = 53,6 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Ed}} = ((g_d + q_d * \alpha_A + q_{d1}) * 1,75 + g_{d1}) * Z\check{S} = ((3,337 + 3,75 * 0,78) * 1,75 + 0,354) * \frac{7+6,4}{2} = 75,79 \text{ kN}$$

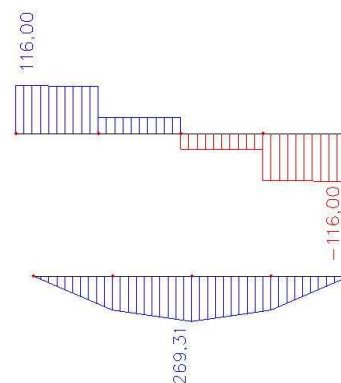
Účinky zatížení

Reakce:

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 75,79 + 75,79/2 + 0,66 * 3,5 = 116 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = \frac{1}{2} * 75,79 * 7 + \frac{1}{8} * 0,66 * 7^2 = 269,31 \text{ kNm}$$



POSOUZENÍ I.MS

Účinná šířka desky:

$$b_{eff} = 2 * b_{e1} = \frac{l}{4} = \frac{7000}{4} = 1750 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < B = (7000 + 6400)/2 = 6700 \text{ mm}$$

Předpoklad: neutrální osa leží v betonové desce

Poloha neutrální osy:

$$x = \frac{A_a * f_{yd}}{b_{eff} * f_{cd}} = \frac{6261 * 235}{1750 * 14,2} = 59,2 \text{ mm} < 70 \text{ mm} \Rightarrow \text{předpoklad byl splněn}$$

Výpočet momentové únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = N_a * r = N_c * r = A_a * f_{yd} * r = 6261 * 235 * 235,4 = 346,35 \text{ kNm}$$

$$r = h - z_a - \frac{x}{2} = 430 - 165 - \frac{59,2}{2} = 235,4 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$M_{pl,Rd} = 346,35 \text{ kNm} > M_{Ed} = 323,59 \text{ kNm} \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Smyková únosnost průřezu:

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 3081 * \frac{235}{\sqrt{3}} = 418,02 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$V_{pl,Rd} = 418,02 \text{ kN} > 2 * V_{Ed} = 232 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Profil IPE 330 na únosnost vyhoví

Návrh spřažení:

Spřahovací trn 25/80

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd} = \min \left\{ 0,8 * f_u * \frac{\pi d^2}{4} * \frac{1}{\gamma_v}; 0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}} * \frac{1}{\gamma_v} \right\}$$

$$P_{Rd} = \min \left\{ 0,8 * 360 * \frac{\pi 25^2}{4} * \frac{1}{1,25}; 0,29 * 1 * 25^2 * \sqrt{25 * 31000} * \frac{1}{1,25} \right\}$$

$$P_{Rd} = \min \{113,09 \text{ kN}; 159,56 \text{ kN}\} = 113,09 \text{ kN}$$

Redukce únosnosti

$$k_l = 0,6 * \frac{b_0}{h_p} * \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 0,6 * \frac{85,4}{50} * \left(\frac{80}{50} - 1 \right) = 0,614$$

$$P_{Rd} = 0,614 * 113,09 = 69,54 \text{ kN}$$

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$F_{cf} = x * b_{eff} * f_{cd} = 59,2 * 1750 * 14,17 = 1468,012 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na jedné polovině nosníku:

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{1468,012}{69,54} = 21,1 \Rightarrow 22 \text{ trnů}$$

Vzdálenost trnů:

$$\frac{L}{2} = \frac{3500}{22} = 160 \text{ mm} > \text{min. vzdálenost trnů } 5 * d = 5 * 25 = 125 \text{ mm}$$

Návrh: trny 25/80 po 160mm

POSOUZENÍ I.L.M.S

Ideální průřez ocelobetonového nosníku:

-modul pružnosti s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ Mpa}$$

-pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

-plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 6261 + \frac{50 * 1750}{13,55} = 12718,56 \text{ mm}^2$$

-těžiště ideálního průřezu

$$Z_i = \frac{A_a * z_a + \frac{A_c * z_c}{n}}{A_i} = \frac{6261 * 165 + \frac{50 * 1750 * (330 + 50 + \frac{50}{2})}{13,55}}{12718,56} = 286,85 \text{ mm}$$

-moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = (I_a + A_a * r_a^2) + \left(\frac{I_c + A_c * r_c^2}{n} \right)$$

$$I_i = 117,7 * 10^6 + 6261 * (286,85 - 165)^2 + \left(\frac{\frac{1}{12} * 1750 * 50^3 + 1750 * 50 * (405 - 286,85)^2}{13,55} \right) = 3,61 * 10^8 \text{ mm}^4$$

Průhyb:

$$\delta_2 = \frac{F_k L^3}{20,22 * E * I_i} = \frac{23}{648} * \frac{53,6 * 10^3 * 7000^3}{20,22 * 210 * 10^3 * 3,61 * 10^8} = 11,99 \text{ mm}$$

$$\delta_{dov} = \frac{L}{250} = \frac{7000}{250} = 28 \text{ mm}$$

$$\delta_2 \leq \delta_{dov}$$

11,99 < 28 mm \Rightarrow průhyb vyhoví

5.2.5. Průvlak - administrativní část-střecha

-průvlak při betonáži podepřen

Charakteristiky

Rozpětí: L=7m

Návrh: IPE 300

m=42,2kg/m

A=5,381*10³mm²

W_{pl,y}=628,4*10³ mm²

I_y=83,56*10⁶mm⁴

A_{vz}=2,568*10³mm

Zatížení:

Vlastní tíha průvlatku:

g_k=0,422 kN/m

g_d=0,422*1,35=0,57 kN/m

Zatížení od stropní konstrukce

-stálé: g_k = 3,734 kN/m² ; g_d = 5,04 kN/m²

-užitné-střecha: q_k = 0,4 kN/m² ; q_d = 0,6 kN/m²

-vlastní tíha stropnice: g_{k1} = 0,262 kN/m ; g_{d1} = 0,354 kN/m

-sníh: s_k = 0,4 kN/m² ; s_d = 1,2 kN/m²

Osamělé břemeno

$$F_{Ek} = ((g_k + q_k) * 1,75 + g_{k1} + s_k * \psi) * Z\check{S} = ((3,734 + 0,4) * 1,75 + 0,262 + 0,4 * 0,5) * \frac{7+6,4}{2} = 51,56 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = ((g_d + q_d) * 1,75 + g_{d1} + s_d * \psi) * Z\check{S} = ((5,04 + 0,6) * 1,75 + 0,354 + 1,2 * 0,5) * \frac{7+6,4}{2} = 72,52 \text{ kN}$$

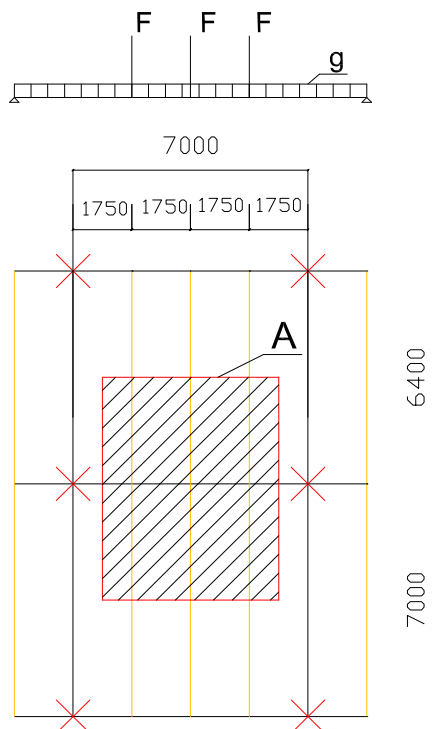
Účinky zatížení

Reakce:

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 72,52 + 72,52/2 + 0,66 * 3,5 = 111,09 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = \frac{1}{2} * 72,52 * 7 + \frac{1}{8} * 0,66 * 7^2 = 257,86 \text{ kNm}$$



POSOUZENÍ I.MS

Účinná šířka desky:

$$b_{\text{eff}} = 2 * b_{e1} = \frac{L}{4} = \frac{7000}{4} = 1750 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} < B = (7000 + 6400) / 2 = 6700 \text{ mm}$$

Předpoklad: neutrální osa leží v betonové desce.

Poloha neutrální osy:

$$x = \frac{A_a * f_{yd}}{b_{\text{eff}} * f_{cd}} = \frac{5381 * 235}{1750 * 14,2} = 50,8 \text{ mm} < 70 \text{ mm} \Rightarrow \text{předpoklad byl splněn}$$

Výpočet momentové únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = N_a * r = N_c * r = A_a * f_{yd} * r = 5381 * 235 * 224,6 = 284,01 \text{ kNm}$$

$$r = h - z_a - \frac{x}{2} = 400 - 150 - \frac{50,8}{2} = 224,6 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$M_{pl,Rd} = 284,01 \text{ kNm} > M_{Ed} = 257,86 \text{ kNm} \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Smyková únosnost průřezu:

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2568 * \frac{235}{\sqrt{3}} = 348,42 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$V_{pl,Rd} = 348,42 \text{ kN} > 2 * V_{Ed} = 222,18 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Profil IPE 300 na únosnost vyhoví

Návrh spřažení:

Spřahovací trn 25/80

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd} = \min \left\{ 0,8 * f_u * \frac{\pi d^2}{4} * \frac{1}{\gamma_v}; 0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}} * \frac{1}{\gamma_v} \right\}$$

$$P_{Rd} = \min \left\{ 0,8 * 360 * \frac{\pi * 25^2}{4} * \frac{1}{1,25}; 0,29 * 1 * 25^2 * \sqrt{25 * 31000} * \frac{1}{1,25} \right\}$$

$$P_{Rd} = \min \{ 113,09 \text{ kN}; 159,56 \text{ kN} \} = 113,09 \text{ kN}$$

Redukce únosnosti

$$k_l = 0,6 * \frac{b_0}{h_p} * \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 0,6 * \frac{85,4}{50} * \left(\frac{80}{50} - 1 \right) = 0,614$$

$$P_{Rd} = 0,614 * 113,09 = 69,54 kN$$

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$F_{cf} = x * b_{eff} * f_{cd} = 50,8 * 1750 * 14,17 = 1259,7 kN$$

Potřebný počet trnů na jedné polovině nosníku:

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{1259,7}{69,54} = 18,1 \Rightarrow 19 \text{ trnů}$$

Vzdálenost trnů:

$$\frac{L}{2N_f} = \frac{3500}{19} = 185 \text{ mm} > \text{min. vzdálenost trnů } 5 * d = 5 * 25 = 125 \text{ mm}$$

Návrh: trny 25/80 po 185mm

POSOUZENÍ II.MS

Ideální průřez ocelobetonového nosníku:

-modul pružnosti s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ Mpa}$$

-pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

-plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 5381 + \frac{50 * 1750}{13,55} = 11838,56 \text{ mm}^2$$

-těžiště ideálního průřezu

$$z_i = \frac{A_a * z_a + \frac{A_c * z_c}{n}}{A_i} = \frac{5381 * 150 + \frac{50 * 1750 * (300 + 50 + \frac{50}{2})}{13,55}}{11838,56} = 165,103 \text{ mm}$$

-moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = (I_a + A_a * r_a^2) + \left(\frac{I_c + A_c * r_c^2}{n} \right)$$

$$I_i = 83,56 * 10^6 + 5381 * (165,103 - 150)^2 + \left(\frac{\frac{1}{12} * 1750 * 50^3 + 1750 * 50 * (375 - 165,103)^2}{13,55} \right) = 3,71 * 10^8 \text{ mm}^4$$

Průhyb:

$$\delta_2 = \frac{F_k L^3}{20,22 * E * I_i} = \frac{51,56 * 10^3 * 7000^3}{20,22 * 210 * 10^3 * 3,71 * 10^8} = 11,2 \text{ mm}$$

$$\delta_{dov} = \frac{L}{400} = \frac{7000}{400} = 17,5 \text{ mm}$$

$$\delta_2 \leq \delta_{dov}$$

$$11,22 < 17,5 \text{ mm} \Rightarrow \text{průhyb vyhoví}$$

5.2.6. Průvlak-garáž

-průvlak při betonáži podepřen

Charakteristiky

Rozpětí: $L=7,8\text{m}$

Návrh: IPE 360

$m=57,1\text{kg/m}$

$A=7,273 \cdot 10^3\text{mm}^2$

$W_{pl,y}=1019,0 \cdot 10^3\text{mm}^2$

$I_y=162,7 \cdot 10^6\text{mm}^4$

$A_{vz}=3,514 \cdot 10^3\text{mm}^2$

Zatížení:

Vlastní tíha průvlaku:

$g_k=0,571\text{ kN/m}$

$g_d=0,571 \cdot 1,35=0,77\text{ kN/m}$

Zatížení od stropní konstrukce

-stálé: $g_k = 2,443\text{ kN/m}^2$; $g_d = 3,298\text{ kN/m}^2$

-užitné: $q_k = 2,5\text{ kN/m}^2$; $q_d = 3,75\text{ kN/m}^2$

-vlastní tíha stropnice: $g_{k1} = 0,224\text{ kN/m}$; $g_{d1} = 0,302\text{ kN/m}$

Osamělé břemeno

$$F_{Ek} = ((g_k + q_k) \cdot 1,95 + g_{k1}) \cdot Z\check{S} = ((2,443 + 2,50) \cdot 1,95 + 0,224) \cdot \frac{6+6,4}{2} = 61,14\text{ kN}$$

$$F_{Ed} = ((g_d + q_d) \cdot 1,95 + g_{d1}) \cdot Z\check{S} = ((3,298 + 3,75) \cdot 1,95 + 0,302) \cdot \frac{6+6,4}{2} = 87,08\text{ kN}$$

Účinky zatížení

Reakce:

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 87,08 + 87,08/2 + 0,77 \cdot 3,9 = 133,62\text{ kN}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot 87,08 \cdot 7,8 + \frac{1}{8} \cdot 0,77 \cdot 7,8^2 = 345,46\text{ kNm}$$

POSOUZENÍ I.MS

Účinná šířka desky:

$$b_{eff} = 2 \cdot b_{e1} = \frac{L}{4} = \frac{7800}{4} = 1950\text{mm}$$

$$b_{eff} < B = (6000 + 6400)/2 = 6200\text{mm}$$

Předpoklad: neutrální osa leží v betonové desce.

Poloha neutrální osy:

$$x = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{b_{eff} \cdot f_{cd}} = \frac{7273 \cdot 235}{1950 \cdot 14,2} = 61,7\text{mm} < 70\text{mm} \Rightarrow \text{předpoklad byl splněn}$$

Výpočet momentové únosnosti:

$$M_{pl,Rd} = A_a * f_{yd} * r = 7273 * 235 * 229,15 = 391,65 \text{ kNm}$$

$$r = h - z_a - \frac{x}{2} = 440 - 180 - \frac{61,7}{2} = 229,15 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$M_{pl,Rd} = 391,65 \text{ kNm} > M_{Ed} = 345,46 \text{ kNm} \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Smyková únosnost průřezu:

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 3514 * \frac{235}{\sqrt{3}} = 476,77 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$V_{pl,Rd} = 476,77 \text{ kN} > 2 * V_{Ed} = 267,24 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Profil IPE 360 na únosnost vyhoví**Návrh spřažení:**

Spřahovací trn 25/70

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd} = \min \left\{ 0,8 * f_u * \frac{\pi d^2}{4} * \frac{1}{\gamma_v}; 0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}} * \frac{1}{\gamma_v} \right\}$$

$$P_{Rd} = \min \left\{ 0,8 * 360 * \frac{\pi 25^2}{4} * \frac{1}{1,25}; 0,29 * 1 * 25^2 * \sqrt{25 * 31000} * \frac{1}{1,25} \right\}$$

$$P_{Rd} = \min \{113,09 \text{ kN}; 159,56 \text{ kN}\} = 113,09 \text{ kN}$$

Redukce únosnosti

$$k_l = 0,6 * \frac{b_0}{h_p} * \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 0,6 * \frac{83,33}{40} * \left(\frac{70}{40} - 1 \right) = 0,937$$

$$P_{Rd} = 0,937 * 113,09 = 106,02 \text{ kN}$$

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$F_{cf} = x * b_{eff} * f_{cd} = 61,7 * 1950 * 14,17 = 1704,86 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na jedné polovině nosníku:

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{1704,86}{106,02} = 16 \text{ trnů}$$

Vzdálenost trnů:

$$\frac{L}{2} = \frac{3900}{16} = 243,7 \text{ mm} > \min. \text{ vzdálenost trnů } 5 * d = 5 * 25 = 125 \text{ mm}$$

Návrh: trny 25/70 po 240 mm

POSOUZENÍ I.L.M.S

Ideální průřez ocelobetonového nosníku:

-modul pružnosti s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ Mpa}$$

-pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

-plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 7273 + \frac{40 \cdot 1950}{13,55} = 13029,45 \text{ mm}^2$$

-těžiště ideálního průřezu

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} = \frac{7273 \cdot 180 + \frac{40 \cdot 1950 \cdot (330 + 40 + \frac{40}{2})}{13,55}}{13029,45} = 272,78 \text{ mm}$$

-moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left(\frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right)$$

$$I_i = 162,7 \cdot 10^6 + 7273 \cdot (272,78 - 180)^2 + \left(\frac{\frac{1}{12} \cdot 1950 \cdot 40^3 + 1950 \cdot 40 \cdot (390 - 272,78)^2}{13,55} \right) = 3,05 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Průhyb:

$$\delta_2 = \frac{F_k L^3}{20,22 \cdot E \cdot I_i} = \frac{61,14 \cdot 10^3 \cdot 7800^3}{20,22 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,05 \cdot 10^8} = 22,4 \text{ mm}$$

$$\delta_{dov} = \frac{L}{250} = \frac{7800}{250} = 31,2 \text{ mm}$$

$$\delta_2 \leq \delta_{dov}$$

22,4 < 31,2 mm ⇒ průhyb vyhoví

5.3. Návrh ztužidla

5.3.1. Zatížení ztužidla

Zatížení ztužidel větrem:

Návětrná stěna: $w_{e,D} = 0,47 \text{ kN/m}^2$

Závětrná stěna: $w_{e,E} = -0,23 \text{ kN/m}^2$

Celkový účinek větru na budovu: $q_{wk} = 0,47 + 0,23 = 0,7 \text{ kN/m}^2$

Celková délka objektu (zatěžovací šířka): 35 m

Zatěžovací výšky pro jednotlivé výškové úrovně:

první podlaží 3,5/2=1,75 m $F_{w1,k} = 0,7 \cdot 35 \cdot 1,75 = 42,875 \text{ kN}$

běžné podlaží 3,5 m $F_{w2,k} = 0,7 \cdot 35 \cdot 3,5 = 85,75 \text{ kN}$

střecha 3,5/2=1,75 m $F_{w3,k} = 0,7 \cdot 35 \cdot 1,75 = 42,875 \text{ kN}$

Počáteční natočení sloupů:

$$\phi = \alpha_m \cdot \alpha_h \cdot \phi_0 = 0,79 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{200} = 2,63 \cdot 10^{-3}$$

-redukční součinitel pro počet sloupů m v řadě:

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{4}\right)} = 0,79$$

-redukční součinitel pro výšku h

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{17,5}} = 0,47, \quad \frac{2}{3} < \alpha_h < 1,0 - \text{není splněno} \Rightarrow \text{redukční součinitel uvažujem: } \alpha_h = \frac{2}{3}$$

Svislé zatížení stropů:

-stále-strop běžného podlaží:

$$2,7kN/m^2 * 35 * 38,8 = 3666,6kN$$

-stálé-střecha:

$$3,964kN/m^2 * 35 * 38,8 = 5382,1kN$$

-nahodilé užité-strop běžného podlaží:

$$2,5kN/m^2 * 35 * 38,8 = 3395kN$$

-nahodilé příčky -strop běžného podlaží:

$$0,8kN/m^2 * 35 * 38,8 = 1086,4kN$$

-nahodilé snůh-střecha:

$$0,8kN/m^2 * 35 * 38,8 = 1086,4kN$$

Ekvivalentní vodorovné síly:

-stále - strop běžného podlaží:

$$F_{\Phi G1,k} = 2,63 * 10^{-3} * 3666,6 = 9,64kN$$

-stálé-střecha:

$$F_{\Phi G2,k} = 2,63 * 10^{-3} * 5382,1 = 14,15kN$$

-nahodilé užité-strop běžného podlaží

$$F_{\Phi Q1,k} = 2,63 * 10^{-3} * 3395 = 8,929kN$$

-nahodilé příčky-strop běžného podlaží:

$$F_{\Phi Q2,k} = 2,63 * 10^{-3} * 1086,4 = 2,856kN$$

-nahodilé snůh - střecha

$$F_{\Phi Q3,k} = 2,63 * 10^{-3} * 1086,4 = 2,856kN$$

5.3.2. Stanovení vnitřních sil

Vnitřní síly od větru (charakteristické hodnoty)

Stanovení momentového účinku zatížení větrem k bodu: c

$$M_c = \frac{1}{2} * (F_{w3,k} * 4,5 + F_{w2,k} * (0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5)) * h$$

$$M_c = \frac{1}{2} * (42,875 * 4,5 + 85,75 * (0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5)) * 3,5 = 1296,9$$

Stanovení momentového účinku zatížení větrem k bodu: b

$$M_b = M_c + \sum H * \frac{h}{2} = 1296,9 + \frac{1}{2} * (42,875 + 4 * 85,75) * \frac{3,5}{2} = 1634,54kNm$$

Stanovení svislých reakcí od charakteristického zatížení větrem:

$$A = -B = -\frac{M_b}{z} = -\frac{1634,54}{6,0} = -272,42kN$$

Stanovení normálových sil ve sloupech:

$$N_1 = -N_2 = -\frac{M_c}{z} = -\frac{1296,9}{6,0} = -216,15kN$$

Stanovení normálových sil v diagonále od vodorovného zatížení větrem:

$$D_1 = -D_2 = -\frac{\Sigma H}{2 * \cos} = -\frac{192,94}{2 * 0,864} = -111,65kN$$

Stanovení vodorovné reakce v patce:

$$V_1 = \frac{192,94}{2} + \frac{42,875}{2} = 117,9kN$$

$$V_2 = \frac{192,94}{2} = 96,47kN$$

Vnitřní síly -rámové imperfekce

1.Stálé zatížení (charakteristické hodnoty)

$$M_c = \frac{1}{2} * (F_{\phi G2,k} * 4,5 + F_{\phi G1,k} * (0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5)) * h$$

$$M_c = \frac{1}{2} * (14,15 * 4,5 + 9,64 * (0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5)) * 3,5 = 246,39kNm$$

$$M_b = M_c + \sum H * \frac{h}{2} = 246,39 + \frac{1}{2} * (14,15 + 4 * 9,64) * \frac{3,5}{2} = 292,51kNm$$

$$A = -B = -\frac{M_b}{z} = -\frac{292,51}{6,0} = -48,75kN$$

$$N_1 = -N_2 = -\frac{M_c}{z} = -\frac{246,39}{6,0} = -41,065kN$$

$$D_1 = -D_2 = -\frac{\Sigma H}{2 * \cos} = -\frac{26,355}{2 * 0,864} = -15,25kN$$

$$V = \frac{26,355}{2} = 13,17kN$$

2.Užitné zatížení (charakteristické hodnoty)

$$M_c = \frac{1}{2} * (F_{\phi Q1,k} * (0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5)) * h$$

$$M_c = \frac{1}{2} * (8,929 * (0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5)) * 3,5 = 125,006kNm$$

$$M_b = M_c + \sum H * \frac{h}{2} = 125,006 + \frac{1}{2} * 4 * 8,929 * \frac{3,5}{2} = 156,23kNm$$

$$A = -B = -\frac{M_b}{z} = -\frac{156,23}{6,0} = -26,04kN$$

$$N_1 = -N_2 = -\frac{M_c}{z} = -\frac{125,006}{6,0} = -20,83kN$$

$$D_1 = -D_2 = -\frac{\Sigma H}{2 * \cos} = -\frac{17,858}{2 * 0,864} = -10,33kN$$

$$V = \frac{17,858}{2} = 8,929kN$$

3.Zatížení přemístitelnými příčkami (charakteristické hodnoty)

$$M_c = \frac{1}{2} * (F_{\phi Q2,k} * (0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5)) * h$$

$$M_c = \frac{1}{2} * (2,856 * (0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5)) * 3,5 = 39,984kNm$$

$$M_b = M_c + \sum H * \frac{h}{2} = 39,984 + \frac{1}{2} * 4 * 2,856 * \frac{3,5}{2} = 49,98kNm$$

$$A = -B = -\frac{M_b}{z} = -\frac{49,98}{6,0} = -8,33kN$$

$$N_1 = -N_2 = -\frac{M_c}{z} = -\frac{39,984}{6,0} = -6,66kN$$

$$D_1 = -D_2 = -\frac{\Sigma H}{2 * \cos} = -\frac{5,712}{2 * 0,864} = -3,305kN$$

$$V = \frac{5,712}{2} = 2,856kN$$

4.Zatížení sněhem (charakteristické hodnoty)

$$M_c = \frac{1}{2} * F_{\phi Q3,k} * 4,5 * h$$

$$M_c = \frac{1}{2} * 2,856 * 4,5 * 3,5 = 22,491kNm$$

$$M_b = M_c + \sum H * \frac{h}{2} = 22,491 + \frac{1}{2} * 2,856 * \frac{3,5}{2} = 24,99kNm$$

$$A = -B = -\frac{M_b}{z} = -\frac{24,99}{6,0} = -4,165kN$$

$$N_1 = -N_2 = -\frac{M_c}{z} = -\frac{22,491}{6,0} = -3,748kN$$

$$D_1 = -D_2 = -\frac{\Sigma H}{2 * \cos} = -\frac{1,428}{2 * 0,864} = -0,826kN$$

$$V = \frac{1,428}{2} = 0,714k$$

5.3.3. Rozhodující kombinace

$$\Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

-součinitele spolehlivosti a kombinační součinitele:

$$\gamma_{G,j} = 1,35 \text{ (stálé zatížení)}$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,5 \text{ (proměnné zatížení)}$$

$$\Psi_{0,1} = 0,7 \text{ (užitná zatížení kanceláře)}$$

$$\Psi_0 = 0,6 \text{ (zatížení větrem)}$$

$$\Psi_0 = 0,5 \text{ (zatížení sněhem pro stavby umístěné ve výšce } H \leq 1000 \text{ m n. m)}$$

1.pro návrh diagonály ztužidla:

$$\text{-sila od vodorovného zatížení větrem: } D_w = 111,65kN$$

$$\text{-sila od stálého zatížení: } D_{st} = 15,25kN$$

$$\text{-sila od užitného zatížení: } D_u = 15,33kN$$

$$\text{-sila od užitného zatížení-přemístitelné příčky: } D_p = 3,305kN$$

$$\text{-sila od zatížení sněhem: } D_s = 0,826kN$$

Kombinace

$$N_{Ed} = 1,35 * 15,25 + 1,5 * 111,65 + 1,5 * (0,7 * 15,33 + 3,305 + 0,5 * 0,826) = 209,736kN$$

2.pro návrh sloupu:

-síla ve sloupu od svislého zatížení-viz posouzení sloupu administrativní část 5.3.2.

(podle uvažované kombinace zatížení):

$$N_{Ed,sloup,kraj} = 5 * 1,123 * 3,5 + 4 * (82,987 + 56,241) + 119,954 + 0,5 * 26,04 = 709,53kN$$

-síla od vodorovného zatížení větrem: $N_w = 216,15kN$

-síla od stálého zatížení: $N_{st} = 41,065kN$

-síla od užitečného zatížení: $N_u = 20,83kN$

-síla od užitečného zatížení-přemístitelné příčky: $N_p = 6,66kN$

-síla od zatížení sněhem: $N_s = 3,748kN$

Kombinace:

A.Uvažováno vítr plně,ostatní proměnná zatížení redukováno kombinačním součinitelem Ψ_0

$$N_{Ed,1} = 709,53 + 1,35 * 41,065 + 1,5 * (216,15 + 6,66) + 1,5 * (0,7 * 20,83 + 0,5 * 3,748) = 1123,8kN$$

B.Uvažováno užitečné zatížení plně, ostatní proměnná zatížení redukováno kombinačním součinitelem Ψ_0

-síla ve sloupu od svislého zatížení:

$$N_{Ed} = 5 * 1,123 * 3,5 + 4 * (82,987 + 56,241) + 119,954 + 0,5 * 26,04 = 709,538kN$$

Síla ve sloupu od svislého a vodorovného zatížení:

$$N_{Ed,2} = 709,538 + 1,35 * 41,065 + 1,5 * (20,83 + 6,66) + 1,5 * (0,6 * 216,15 + 0,5 * 3,748) = 1003,556kN$$

$$N_{Ed} = \max(N_{Ed,1}; N_{Ed,2}) = 1123,8kN$$

3.pro návrh patky sloupu, který je součástí ztužidla

$$N_{Ed} = 709,53 + 1,35 * 48,75 + 1,5 * (272,42 + 8,33) + 1,5 * (0,7 * 26,04 + 0,5 * 4,165) = 1226,93kN$$

5.3.4. Návrh diagonály ztužidla

$$N_{Ed} = 209,736kN$$

Návrh průřezu diagonály: 2 x L80x8

$$A = 2 * 1510 = 3020mm^2$$

$$I_y = 2 * 0,877 * 10^6 = 1,754 * 10^6mm^4$$

Posouzení:

Vzpěrná délka:

$$L = \sqrt{7000^2 + 3500^2} = 7826,24mm$$

$$L_{cr,y} = 0,9 * \frac{L}{2} = 0,9 * \frac{7826,24}{2} = 3521,8mm$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{3,14^2 * 210 * 10^3 * 1,754 * 10^6}{3521,8^2} = 292,8kN$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda = \lambda_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3020 * 235}{292,8 * 10^3}} = 1,55$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1,93 + \sqrt{1,93^2 - 1,55^2}} = 0,324$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (1,55 - 0,2) + 1,55^2] = 1,93$$

Vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{b,Rd} = \chi * A * f_{yd} = 0,324 * 3020 * 235 = 229,94 > 209,736 \text{ kN} \Rightarrow \text{Diagonála vyhoví}$$

5.3.5. Návrh sloupů ztužidla

N_{Ed} 1123,8 kN

HEB 240 krajní sloup $N_{b,Rd} = 1611,677 \text{ kN}$

$N_{Ed} = 1123,8 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 1611,677 \text{ kN} \Rightarrow$ průřez HEB 240 vyhoví

Mezní stav použitelnosti

Uvažováno charakteristické zatížení větrem

$$\delta = 19,7 \text{ mm} < \frac{H}{500} = \frac{17500}{500} = 35 \text{ mm} \Rightarrow \text{ztužidlo vyhoví}$$

5.4. Posouzení sloupu

5.4.1. Administrativní část- sloup v poli

Zatížení

Zatěžovací plocha:

$$A = 7 * \frac{7 + 6,4}{2} = 46,9 \text{ m}^2$$

Strop běžného podlaží (1.až 5.NP):

Stálé

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
základní tíha stropu: 2,472 $\text{kN/m}^2 * 46,9$	115,937	1,35	156,515
stropnice a průvlaky: $0,262 \text{ kN/m} * 6,7 \text{ m} * 4 + 0,491 \text{ kN/m} * 7 \text{ m}$	10,458		14,119
	126,395		170,633

Proměnné

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
užitné zatížení-kancelářské plochy: $2,5 \text{ kN/m}^2 * 46,9$	117,25	1,5	181,73
přemístitelné příčky: $0,8 \text{ kN/m}^2 * 46,9$	37,52		56,28
	154,77		232,155

Střecha (6.NP):

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
základní tíha střechy: $3,734\text{kN/m}^2*$	175,125	1,35	236,42
stropnice a průvlaky: $0,262\text{kN/m} * 6,7\text{m} * 4 + 0,422\text{kN/m} * 7\text{m}$	10,0		13,5
	185,125		249,92

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
sníh: $0,8\text{kN/m}^2 * 46,9$	37,52	1,5	56,28

	g_k [kN/m]	γ	g_d [kN/m]
vl. tíha sloupu	0,93	1,35	1,255

Celková osová síla ve sloupů:

$$N_{Ed} = 5 * g_d(\text{sloup}) * 3,5 + 4 * F_{\text{běžné podlaží}} + F_{\text{střecha}} + F_{\text{sníh}}$$

$$N_{Ed} = 5 * 1,255 * 3,5 + 4 * (170,633 + 232,155) + 249,92 + 56,28 = \\ = 1936,258\text{kN}$$

Vzpěrné délky sloupů:

Pro skelety s tuhou stropní deskou a ztužidly v příčném i podélném směru

Lze uvažovat styčníky za neposuvné. Pro součinitel vzpěrnosti lze proto uvažovat hodnotu $\beta=1$.

Kritická délka je tedy uvažována na konstrukční výšku podlaží.

Návrh:

Návrh průřezu: HEB 260

$$m = 93,0\text{kg/m}$$

$$h_c = 260\text{mm}$$

$$b_c = 260\text{mm}$$

$$t_w = 10,0\text{mm}$$

$$t_f = 17,5\text{mm}$$

$$A = 11840 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 149,2 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 51,35 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Klasifikace průřezu:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{260/2}{17,5} = 7,42 < 9\varepsilon \Rightarrow \text{třída 1}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{177}{10} = 17,7 < 33\varepsilon \Rightarrow \text{třída 1}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

Posouzení na rovinný vzpěr

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,5 \text{ m}$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 149,2 * 10^6}{3500^2} = 25285,6 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 51,35 * 10^6}{3500^2} = 8680,9 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{11840 * 235}{25285,6 * 10^3}} = 0,332$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{11840 * 235}{8680,9 * 10^3}} = 0,566$$

Součinitel vzpěrnosti:

Vybočení k ose y křivka vzpěrnosti b

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,577 + \sqrt{0,577^2 - 0,332^2}} = 0,952$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + 0,34 * (0,332 - 0,2) + 0,332^2] = 0,577$$

Vybočení k ose z křivka vzpěrnosti c

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,749 + \sqrt{0,749^2 - 0,566^2}} = 0,805$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,566 - 0,2) + 0,566^2] = 0,749$$

Návrhová vzpěrná únosnost tlačeneho prutu:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} * A * \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,805 * 11840 * \frac{235}{1} = 2239,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{1936,258}{2239,8} = 0,86 < 1$$

VYHOVUJE NA ROVINNÝ VZPĚR

Posouzení na prostorový vzpěr

Kritická síla N_{cr}

$$i_p^2 = i_z^2 + i_y^2 = 112,2^2 + 65,8^2 = 16918,48 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr} = \frac{1}{i_p^2} * \left(G * I_t + \frac{\pi^2 * E * I_w}{L_{cr,T}^2} \right)$$

$$N_{cr} = \frac{1}{16918,48} * \left(81000 * 1238 * 10^3 + \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 753,7 * 10^9}{3500^2} \right) = 13456,8 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_T = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{11840 * 235}{13456,8 * 10^3}} = 0,455$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_T^2}} = \frac{1}{0,666 + \sqrt{0,666^2 - 0,455^2}} = 0,867$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_T - 0,2) + \lambda_T^2]$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,455 - 0,2) + 0,455^2] = 0,666$$

Návrhová vzpěrná únosnost tlačeneho prutu:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} * A * \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,867 * 11840 * \frac{235}{1} = 2412,34 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{1936,258}{2412,34} = 0,802 < 1$$

VYHOVUJE NA PROSTOROVÝ VZPĚR

5.4.2. Administrativní část – krajní sloup

Zatížení

Zatěžovací plocha:

$$l_x = 3,5m$$

$$l_y = 6,2m$$

$$l_z = 3,5m$$

$$A = l_x * l_y = 3,5 * 6,2 = 21,7 m^2$$

Strop běžného podlaží (1.až 5.NP):

Stálé

	F_{st} [kN]	γ	F_{st} [kN]
základní tíha stropu: $2,472 kN/m^2 * 21,7$	53,642	1,35	72,417
stropnice a průvlaky: $0,262kN/m * 6,2m * 3 + 0,422kN/m * 7$	7,83		10,56
	61,472		82,987

	F_{OP} [kN/m]	γ	F_{OP} [kN/m]
Zatížení od obvodového pláště $1,92kN/m^2 * 21,7$	41,66	1,35	56,241

Střecha (6.NP):

	F_{sr} [kN]	γ	F_{sr} [kN]
základní tíha střechy: $3,734kN/m^2 *$	81,0278	1,35	109,39
stropnice a průvlaky: $0,262 kN/m * 6,2 * 3 + 0,422kN/m * 7m$	7,827		10,57
	88,855		119,954

	F_s [kN]	γ	F_s [kN]
sníh: $0,8kN/m^2 * 21,7$	17,36	1,5	26,04

	F_{sl} [kN/m]	γ	F_{sl} [kN/m]
vl. tíha sloupu	0,832	1,35	1,123

Celková osová síla ve sloupů:

$$N_{Ed} = 5 * F_{sl} * 3,5 + 4 * F_{st} + 5 * F_{op} + F_{sr} + F_s$$

$$N_{Ed} = 5 * 1,123 * 3,5 + 4 * 82,987 + 5 * 56,241 + 119,954 + 26,04 = 778,799 \text{ kN}$$

Zatížení krajních sloupů větrem:

$$w_{e,A} = -0,78 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = -0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,D} = 0,47 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,E} = -0,23 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k = \max (|w_{e,A}|; |w_{e,B}|; |w_{e,D}|; |w_{e,E}|)$$

$$w_k = 0,78 \text{ kN/m}^2$$

$$w_d = 1,5 * w_k * l_y = 1,5 * 0,78 * 6,2 = 7,254 \text{ kN/m}$$

Ohybový moment od působení větru na fasádu:

$$M_{y,Ed} = \frac{1}{8} * w_d * l_z^2 = \frac{1}{8} * 7,254 * 3,5^2 = 11,107 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = \frac{1}{2} * w_d * l_z = \frac{1}{2} * 7,254 * 3,5 = 12,69 \text{ kN}$$

Vzpěrné délky sloupu

$$\beta_y = 1 ; \beta_z = 1 ; \beta_{LT} = 1$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L_{cr,\omega} = L_{cr,LT} = \beta * l_z = 3,5 \text{ m}$$

Únosnost sloupu v tlaku a ohybu

Návrh sloupu

Návrh průřezu: HEB 240

$$m = 83,2 \text{ kg/m}$$

$$h_c = 240 \text{ mm}$$

$$b_c = 240 \text{ mm}$$

$$t_w = 10,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 17,0 \text{ mm}$$

$$A = 10600 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 112,6 * 10^6 \text{mm}^4$$

$$I_z = 39,23 * 10^6 \text{mm}^4$$

$$I_\omega = 486,9 * 10^9 \text{mm}^4$$

$$I_t = 1027 * 10^3 \text{mm}^4$$

$$i_y = 103,1 \text{mm}$$

$$i_z = 60,8 \text{mm}$$

$$W_{pl,y} = 1053 * 10^3 \text{mm}^3$$

Klasifikace průřezu:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{240/2}{17,0} = 7,06 < 9\varepsilon \Rightarrow \text{třída 1}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{164}{10} = 16,4 < 33\varepsilon \Rightarrow \text{třída 1}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

Štíhlost a vzpěrná únosnost tlačенého prutu:

$$\lambda_1 = 93,9\varepsilon = 93,9$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3,5}{103,1 * 10^{-3}} = 33,94 < 200 \Rightarrow \text{vyhoví na štíhlost}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,5}{60,8 * 10^{-3}} = 57,56 < 200 \Rightarrow \text{vyhoví na štíhlost}$$

$$\lambda_\omega = \sqrt{\frac{I_p}{\frac{I_w}{L_{cr,\omega}^2} + \frac{I_t}{25}}} = \sqrt{\frac{151,83 * 10^6}{\frac{486,9 * 10^9}{3500^2} + \frac{1027 * 10^3}{25}}} = 43,34$$

$$\lambda'_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{33,94}{93,9} = 0,361$$

$$\lambda'_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{57,56}{93,9} = 0,613$$

$$\lambda'_\omega = \frac{\lambda_\omega}{\lambda_1} = \frac{43,34}{93,9} = 0,461$$

Součinitele imperfekce: křivka y-y b $\Rightarrow \alpha_y = 0,34$

z-z c $\Rightarrow \alpha_z = 0,49$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha_y * (\lambda'_y - 0,2) + \lambda_y'^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (0,361 - 0,2) + 0,361^2] = 0,592$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha_z * (\lambda'_z - 0,2) + \lambda_z'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,613 - 0,2) + 0,613^2] = 0,894$$

$$\Phi_\omega = 0,5 * [1 + \alpha_y * (\lambda'_\omega - 0,2) + \lambda_\omega'^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (0,461 - 0,2) + 0,461^2] = 0,65$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,592 + \sqrt{0,592^2 - 0,361^2}} = 0,942$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,894 + \sqrt{0,894^2 - 0,613^2}} = 0,647$$

$$\chi_\omega = \frac{1}{\Phi_\omega + \sqrt{\Phi_\omega^2 - \lambda_\omega^2}} = \frac{1}{0,65 + \sqrt{0,65^2 - 0,461^2}} = 0,902$$

$$\chi_{min} = \min(\chi_y, \chi_z, \chi_\omega) = 0,647$$

Dílčí posouzení:

$$N_{Ed} = 778,799 kN$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} * A * f_{yd} = 0,647 * 10,6 * 10^3 * 235 = 1611,677 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{778,799}{1611,677} = 0,483$$

Posouzení na klopení:

Bezrozměrný parametr kroucení

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w * l_z} * \sqrt{\frac{E * I_\omega}{G * I_t}} = \frac{3,14}{1 * 3500} * \sqrt{\frac{210 * 10^3 * 486,9 * 10^9}{81 * 10^3 * 1027 * 10^3}} = 0,99$$

Bezrozměrný parametr působivosti zatížení vzhledem ke středu smyku

$$\zeta_g = \frac{\pi * z_g}{k_z * l_z} * \sqrt{\frac{E * I_z}{G * I_t}} = \frac{3,14 * 120}{1 * 3500} * \sqrt{\frac{210 * 10^3 * 39,23 * 10^6}{81 * 10^3 * 1027 * 10^3}} = 1,07$$

$$z_g = h/2 = 120 mm$$

Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

$$\zeta_j = \frac{\pi * z_j}{k_z * L} * \sqrt{\frac{E * I_z}{G * I_t}} = 0$$

$$z_j = 0 mm$$

Součinitele závisící na zatížení a podmínkách uložení konců

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \text{ pro } \kappa_{wt} \leq C_{1,1}$$

$$C_{1,0} = 1,13$$

$$C_{1,1} = 1,13$$

$$C_2 = 0,46$$

$$C_3 = 0,53$$

Součinitel vzpěrné délky

$$k_y = 1$$

$$k_z = 1$$

$$k_w = 1$$

Bezrozměrný kritický moment

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} * \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 * \zeta_g - C_3 * \zeta_j)^2} - (C_2 * \zeta_g - C_3 * \zeta_j) \right] = 1,13$$

Pružný kritický moment při klopení

$$M_{cr} = \mu_{cr} * \frac{\pi * \sqrt{E * I_z * G * I_t}}{l_z}$$

$$M_{cr} = 1,13 * \frac{3,14 * \sqrt{210 * 10^3 * 39,23 * 10^6 * 81 * 10^3 * 1027 * 10^3}}{3500} = 839,24 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda'_{LT} = \sqrt{\frac{f_y * W_{pl,y}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{235 * 1053 * 10^3}{839,24 * 10^6}} = 0,543$$

h/b=1 k<1

Křivka vzpěrné pevnosti: a $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,21$

Součinitel klopení ohýbaných prutů

$$\phi_{LT} = 0,5 * (1 + \alpha_{LT}(\lambda'_{LT} - 0,2) + \lambda'_{LT}{}^2) = 0,5 * (1 + 0,21 * (0,543 - 0,2) + 0,543^2) = 0,683$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda'_{LT}{}^2}} = \frac{1}{0,683 + \sqrt{0,683^2 - 0,543^2}} = 0,91 \leq 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Návrhový moment únosnosti na klopení

$$M_{pl,Rd} = \chi_{LT} * W_{pl,y} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,91 * 1053 * 10^3 * \frac{235}{1,1} = 204,7 \text{ kNm}$$

Plastická únosnost v ohybu pro ohyb a osovou sílu:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} * \left[1 - \left(\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right)^2 \right] = 204,7 * \left[1 - \left(\frac{778,799}{1611,677} \right)^2 \right] = 156,9 \text{ kNm}$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu $C_{my}, C_{mz} = 0,9$

Interakční součinitele

$$k_{1,yy} = C_{my} * \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{b,Rd}} \right) = 0,9 * \left(1 + (0,361 - 0,2) * \frac{778,799}{0,942 * 1611,677} \right) = 0,974$$

$$k_{2,yy} = C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{b,Rd}} \right) = 0,9 * \left(1 + 0,8 * \frac{778,799}{0,942 * 1611,677} \right) = 1,269$$

$$k_{yy} = \min(k_{1,yy}; k_{2,yy}) = 0,974$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{778,799}{1611,677} + 0,974 * \frac{11,107}{156,9} = 0,552 \leq 1 \Rightarrow \text{průřez sloupu vyhoví}$$

5.4.3. Garáž - sloup v poli

Zatížení

Zatěžovací plocha:

$$A = 7,8 * \frac{6 + 6,4}{2} = 48,36 \text{ m}^2$$

Strop běžného podlaží (1.až 5.NP):

Stálé

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
základní tíha stropu: 2,443 $kN/m^2 * 48,36$	118,14	1,35	159,489
stropnice a průvlaky: $0,224kN/m * 6,2m * 4 + 0,571kN/m * 7,8m$	10,009		13,512
	128,149		173,01

Nahodilé

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
Vozidla $2,5 kN/m^2 * 48,36$	120,9	1,5	181,35

Střecha (6.NP):

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
základní tíha střechy: $3,61kN/m^2 * 48,4$	175,125	1,35	236,42
stropnice+průvlaky	10,0		13,5
	185,125		249,92

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
sníh: $0,8kN/m^2 * 48,4$	38,72	1,5	58,08

	g_k [kN/m]	γ	g_d [kN/m]
vl. tíha sloupu	0,715	1,35	0,965

Náraz vozidla v garáži: 4kN

Celková osová síla ve sloupů:

Kombinace

$$N_{Ed} = 2 * 0,965 * 3,5 + 181,35 + 173,01 + 249,92 + 58,08 = 669,115\text{kN}$$

$$\text{-maximální ohybový moment: } M = \frac{4 * 0,6 * (3,5 - 0,6)}{3,5} = 1,98\text{kN}$$

Návrh sloupu

Návrh průřezu: HEB 180

$$m = 51,2 \text{ kg/m}$$

$$h_c = 180\text{mm}$$

$$b_c = 180\text{mm}$$

$$t_w = 8,5\text{mm}$$

$$t_f = 14,0\text{mm}$$

$$A = 6525 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 38,31 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 13,63 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Klasifikace průřezu:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{180/2}{14,0} = 6,43 < 9\varepsilon \Rightarrow \text{třída 1}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{122}{8,5} = 14,35 < 33\varepsilon \Rightarrow \text{třída 1}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

Posouzení na rovinný vzpěr

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,5\text{m}$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 38,31 * 10^6}{3500^2} = 6475,22\text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 13,63 * 10^6}{3500^2} = 2303,76 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{6525 * 235}{6475,22 * 10^3}} = 0,487$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{6525 * 235}{2303,76 * 10^3}} = 0,816$$

Součinitel vzpěrnosti:

Vybočení k ose y křivka vzpěrnosti b

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,667 + \sqrt{0,667^2 - 0,487^2}} = 0,89$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + 0,34 * (0,487 - 0,2) + 0,487^2] = 0,667$$

Vybočení k ose z křivka vzpěrnosti c

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,983 + \sqrt{0,983^2 - 0,816^2}} = 0,652$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,816 - 0,2) + 0,816^2] = 0,983$$

Návrhová vzpěrná únosnost tlačeneho prutu:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} * A * \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,652 * 6525 * \frac{235}{1} = 999,76kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{669,115}{999,76} = 0,67 < 1$$

VYHOVUJE NA ROVINNÝ VZPĚR

Posouzení na prostorový vzpěr

Kritická síla N_{cr}

$$i_p^2 = i_z^2 + i_y^2 = 45,7^2 + 76,6^2 = 7956,05mm$$

$$N_{cr} = \frac{1}{i_p^2} * \left(G * I_t + \frac{\pi^2 * E * I_w}{L_{cr,T}^2} \right)$$

$$N_{cr} = \frac{1}{7956,05} * \left(81000 * 421,6 * 10^3 + \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 93,75 * 10^9}{3500^2} \right) = 6283,94kN$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_T = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{6525 * 235}{6283,94 * 10^3}} = 0,493$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_T^2}} = \frac{1}{0,693 + \sqrt{0,693^2 - 0,493^2}} = 0,847$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_T - 0,2) + \lambda_T^2]$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,493 - 0,2) + 0,493^2] = 0,693$$

Návrhová vzpěrná únosnost tlačeneho prutu:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} * A * \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,847 * 6525 * \frac{235}{1} = 1299,43 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{669,115}{1299,43} = 0,515 < 1$$

VYHOVUJE NA PROSTOROVÝ VZPĚŘ

5.4.4. Garáž – krajní sloup

Zatížení

Zatěžovací plocha:

$$l_x = 7,1m$$

$$l_y = 2,8m$$

$$l_z = 3,5m$$

$$A = l_x * l_y = 7,1 * 2,8 = 19,88 m^2$$

Strop běžného podlaží (1.až 5.NP):

Stálé

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
základní tíha stropu: $2,443 kN/m^2 * 19,88$	48,56	1,35	65,56
stropnice a průvlaky: $0,224kN/m * 2,8m * 4 + 0,571kN/m * 7,1m$	6,56		8,856
	55,12		74,416

Nahodilé

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
Vozidla $2,5 kN/m^2 * 19,88$	49,7	1,5	74,55

Střecha (6.NP):

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
základní tíha střechy: $3,61\text{kN/m}^2*$	71,77	1,35	96,89
stropnice+průvlaky	10,0		13,5
	81,77		110,39

	F_{Ek} [kN]	γ	F_{Ed} [kN]
sníh: $0,8\text{kN/m}^2 * 19,88$	15,904	1,5	23,856

	g_k [kN/m]	γ	g_d [kN/m]
vl. tíha sloupu	0,512	1,35	0,691

	F_{OP} [kN/m]	γ	F_{OP} [kN/m]
Zatížení od obvodového pláště $1,92\text{kN/m}^2*19,88$	38,169	1,35	51,529

Zatížení krajních sloupů větrem:

$$w_k = 0,468 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k = 0,468 * l_y = 0,702 * 7,1 = 3,323 \text{ kN/m}$$

Náraz vozidla: $F=40*1,4=56\text{kN}$

Celková osová síla ve sloupů:

Základní kombinace:

$$G_k * \gamma_G + Q_k * \gamma_Q + \Sigma Q_k * \gamma_Q * \varphi$$

$$N_{Ed} = ((2 * 0,691 * 3,5 + 74,416 + 2 * 51,529 + 110,39) + 74,55) + 23,856 * 0,5 + 3,3 * 3,5 * 0,6$$

$$N_{Ed} = 401,565\text{kN}$$

Mimořádná kombinace:

Osová síla:

$$G_k + \varphi_1 * Q_k + \Sigma \varphi_2 * Q_k$$

$$N_{Ed} = ((2 * 0,691 * 3,5 + 74,416 + 2 * 51,529 + 110,39) + 0,7 * 74,55) = 234,496 \text{ kN}$$

Ohybový moment:

Náraz vozidla:

$$M_s = \frac{40 * (3,5 - 0,6)}{3,5} = 33,14 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 33,14 + 0,8 * 3,323 * \left(\frac{3,5}{2} * 0,6 - \frac{0,6^2}{2} \right) = 35,453 \text{ kNm}$$

Vzpěrné délky sloupu

$$\beta_y = 1 ; \beta_z = 1 ; \beta_{LT} = 1$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L_{cr,\omega} = L_{cr,LT} = \beta * l_z = 3,5 \text{ m}$$

Únosnost sloupu v tlaku a ohybu

Návrh sloupu

Návrh průřezu: HEB 180

$$m = 51,2 \text{ kg/m}$$

$$h_c = 180 \text{ mm}$$

$$b_c = 180 \text{ mm}$$

$$t_w = 8,5 \text{ mm}$$

$$t_f = 14,0 \text{ mm}$$

$$A = 6525 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 38,31 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 13,630 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_\omega = 93,75 * 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_t = 421,6 * 10^3 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 76,6 \text{ mm}$$

$$i_z = 45,7 \text{ mm}$$

$$W_{pl,y} = 481,4 * 10^3 \text{ mm}^3$$

Klasifikace průřezu:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{180/2}{14,0} = 6,42 < 9\varepsilon \Rightarrow \text{třída 1}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{122}{8,5} = 14,35 < 33\varepsilon \Rightarrow \text{třída 1}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

Štíhlost a vzpěrná únosnost tlačенého prutu:

$$\lambda_1 = 93,9\varepsilon = 93,9$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3,5}{76,6 * 10^{-3}} = 45,69 < 200 \Rightarrow \text{vyhoví na štíhlost}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,5}{45,7 * 10^{-3}} = 76,58 < 200 \Rightarrow \text{vyhoví na štíhlost}$$

$$\lambda_\omega = \sqrt{\frac{I_p}{\frac{I_w}{L_{cr,\omega}^2} + \frac{I_t}{25}}} = \sqrt{\frac{89,19 * 10^6}{\frac{93,75 * 10^9}{3500^2} + \frac{421,6 * 10^3}{25}}} = 60,314$$

$$\lambda'_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{45,69}{93,9} = 0,486$$

$$\lambda'_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{76,58}{93,9} = 0,815$$

$$\lambda'_\omega = \frac{\lambda_\omega}{\lambda_1} = \frac{60,314}{93,9} = 0,642$$

Součinitele imperfekce: křivka y-y b $\Rightarrow \alpha_y = 0,34$

z-z c $\Rightarrow \alpha_z = 0,49$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha_y * (\lambda'_y - 0,2) + \lambda_y'^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (0,486 - 0,2) + 0,486^2] = 0,667$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha_z * (\lambda'_z - 0,2) + \lambda_z'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,815 - 0,2) + 0,815^2] = 0,982$$

$$\Phi_\omega = 0,5 * [1 + \alpha_y * (\lambda'_\omega - 0,2) + \lambda_\omega'^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (0,642 - 0,2) + 0,642^2] = 0,78$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y'^2}} = \frac{1}{0,667 + \sqrt{0,667^2 - 0,486^2}} = 0,889$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z'^2}} = \frac{1}{0,982 + \sqrt{0,982^2 - 0,815^2}} = 0,654$$

$$\chi_\omega = \frac{1}{\Phi_\omega + \sqrt{\Phi_\omega^2 - \lambda_\omega'^2}} = \frac{1}{0,78 + \sqrt{0,78^2 - 0,642^2}} = 0,817$$

$$\chi_{min} = \min(\chi_y, \chi_z, \chi_\omega) = 0,654$$

Dílčí posouzení:

$$N_{Ed} = 778,799 kN$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} * A * f_{yd} = 0,654 * 6,525 * 10^3 * 235 = 1002,827 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{401,565}{1002,827} = 0,4 kN$$

Posouzení na klopení:

Bezrozměrný parametr kroucení

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w * l_z} * \sqrt{\frac{E * I_\omega}{G * I_t}} = \frac{3,14}{1 * 3500} * \sqrt{\frac{210 * 10^3 * 93,75 * 10^9}{81 * 10^3 * 421,6 * 10^3}} = 0,68$$

Bezrozměrný parametr působivosti zatížení vzhledem ke středu smyku

$$\zeta_g = \frac{\pi * z_g}{k_z * l_z} * \sqrt{\frac{E * I_z}{G * I_t}} = \frac{3,14 * 90}{1 * 3500} * \sqrt{\frac{210 * 10^3 * 13,63 * 10^6}{81 * 10^3 * 421,6 * 10^3}} = 0,739$$

$$z_g = h/2 = 120 mm$$

Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

$$\zeta_j = \frac{\pi * z_j}{k_z * L} * \sqrt{\frac{E * I_z}{G * I_t}} = 0$$

$$z_j = 0 mm$$

Součinitele závisující na zatížení a podmínkách uložení konců

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \text{ pro } \kappa_{wt} \leq C_{1,1}$$

$$C_{1,0} = 1,13$$

$$C_{1,1} = 1,13$$

$$C_2 = 0,46$$

$$C_3 = 0,53$$

Součinitel vzpěrné délky

$$k_y = 1$$

$$k_z = 1$$

$$k_w = 1$$

Bezrozměrný kritický moment

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} * [\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 * \zeta_g - C_3 * \zeta_j)^2} - (C_2 * \zeta_g - C_3 * \zeta_j)] = 1,13$$

Pružný kritický moment při klopení

$$M_{cr} = \mu_{cr} * \frac{\pi * \sqrt{E * I_z * G * I_t}}{l_z}$$

$$M_{cr} = 1,13 * \frac{3,14 * \sqrt{210 * 10^3 * 13,630 * 10^6 * 81 * 10^3 * 421,6 * 10^3}}{3500} = 316,949 kNm$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda'_{LT} = \sqrt{\frac{f_y \cdot W_{pl,y}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{235 \cdot 481,4 \cdot 10^3}{316,949 \cdot 10^6}} = 0,597$$

$h/b=1 \quad k < 1$

Křivka vzpěrné pevnosti: $a \Rightarrow \alpha_{LT} = 0,21$

Součinitel klopení ohýbaných prutů

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot (1 + \alpha_{LT}(\lambda'_{LT} - 0,2) + \lambda'_{LT}{}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (0,597 - 0,2) + 0,597^2) = 0,719$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda'_{LT}{}^2}} = \frac{1}{0,719 + \sqrt{0,719^2 - 0,597^2}} = 0,89 \leq 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Návrhový moment únosnosti na klopení

$$M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,89 \cdot 481,4 \cdot 10^3 \cdot \frac{235}{1,1} = 91,102 \text{ kNm}$$

Plastická únosnost v ohybu pro ohyb a osovou sílu:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \left[1 - \left(\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}}\right)^2\right] = 91,102 \cdot \left[1 - \left(\frac{401,565}{1002,827}\right)^2\right] = 76,49 \text{ kNm}$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu $C_{my}, C_{mz} = 0,9$

Interakční součinitele

$$k_{1,yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{b,Rd}}\right) = 0,9 \cdot \left(1 + (0,486 - 0,2) \cdot \frac{401,565}{0,889 \cdot 1002,827}\right) = 1,421$$

$$k_{2,yy} = C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{b,Rd}}\right) = 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{401,565}{0,889 \cdot 1002,827}\right) = 1,224$$

$$k_{yy} = \min(k_{1,yy}; k_{2,yy}) = 1,224$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{401,565}{1002,827} + 1,224 \cdot \frac{35,453}{76,49} = 0,967 \leq 1 \Rightarrow \text{průřez sloupu vyhoví}$$

Návrh průřezu o třídu vyšší HEB 200

6. Návrh a posouzení kotvení sloupů

6.1. Sloupy kotvení K1

Počáteční parametry:

$$N_{Ed} = 1936,258 \text{ kN}$$

-sloup HEB 260

$$m = 93,0 \text{ kg/m}$$

$$h_c = 260 \text{ mm}$$

$$b_c = 260 \text{ mm}$$

$$t_w = 10,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 17,5 \text{ mm}$$

Návrh rozměru patní desky:

$$a_p = 400mm$$

$$b_p = 400mm$$

$$t_p = 30mm$$

Rozměry základu

Nejsou předmětem návrhu

Materiál:

Ocel patní desky: S235 $f_y = 235Mpa$

Beton základu: C20/25 $f_{ck} = 20Mpa$

Posouzení patního plechu:

$$\sigma_p = \frac{N_{Ed,A}}{a * b} = \frac{1936,258 * 10^3}{400 * 400} = 12,27Mpa$$

$$W = \frac{1}{6} * 1 * t^2 = \frac{1}{6} * 1 * 30^2 = 150mm^3$$

$$M = \sigma_p * \frac{l^2}{2} = 12,27 * \frac{70^2}{2} = 30,06kNm$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{30,06 * 10^3}{150} = 200,4 Mpa < f_y = 235 Mpa \Rightarrow \text{patní plech vyhovuje}$$

Pevnost betonového základu:

Pevnost v tlaku: $f_{ck} = 20MPa$

Součinitel spolehlivosti: $\gamma_c = 1,5$

Návrhová hodnota pevnosti:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33Mpa$$

Pevnost základu v uložení:

Součinitel materiálu:

Návrhová pevnost betonu: $\beta_j = 2/3$

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * \alpha * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} * \frac{1,5 * 20}{1,5} = 13,33 Mpa$$

Účinná šířka patní desky:

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 30 * \sqrt{\frac{235}{3 * 13,33}} = 72,72mm$$

Účinná plocha:

$$A_{eff} = 153997,75mm^2$$

Únosnost patky:

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 153997,75 * 13,33 = 2052,79kN$$

$$N_{Rd} > N_{Ed}$$

2052,79kN > 1936,258 kN ⇒ NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST PATKY SLOUPU VYHOVUJE

Návrh a posouzení šroubů

Nevyskytuje se tah na základ, navrženy konstrukční šrouby 2x WH-KOTE CH M16x250/105

6.2. Sloupy kotvení K2

Počáteční parametry:

$$N_{Ed,C} = 778,799kN$$

-sloup HEB 240

$$m = 83,2kg/m$$

$$h_c = 240mm$$

$$b_c = 240mm$$

$$t_w = 10,0mm$$

$$t_f = 17mm$$

Návrh rozměru patní desky:

$$a_p = 400mm$$

$$b_p = 400mm$$

$$t_p = 25mm$$

Výpočet působících sil:

$$c_e = \frac{M_{y,Ed}}{N_{ed,min}} = 24,8mm$$

$$\frac{c_e}{b} = \frac{24,8}{400} = 0,062$$

$$\zeta = 1$$

$$x = \zeta * a$$

$$x = 400mm \Rightarrow \text{celá plocha patky je tlačena}$$

Materiál:

Ocel patní desky: S235 $f_y = 235Mpa$

Beton základu: C20/25 $f_{ck} = 20Mpa$

Posouzení patního plechu:

$$\sigma_p = \frac{N_{Ed,C}}{a * b} = \frac{778,799 * 10^3}{400 * 400} = 4,87Mpa$$

$$W = \frac{1}{6} * 1 * t^2 = \frac{1}{6} * 1 * 25^2 = 104,17 \text{ mm}^3$$

$$M = \sigma_p * \frac{l^2}{2} = 4,87 * \frac{80^2}{2} = 15584 \text{ kNm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{15,584 * 10^3}{104,17} = 149,6 \text{ Mpa} < f_y = 235 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{patní plech vyhovuje}$$

Pevnost betonového základu:

Pevnost v tlaku: $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Součinitel spolehlivosti: $\gamma_c = 1,5$

Návrhová hodnota pevnosti: $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ Mpa}$

Návrhová pevnost betonu:

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * \alpha * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} * \frac{1,5 * 20}{1,5} = 13,33 \text{ Mpa}$$

Účinná šířka patní desky:

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 25 * \sqrt{\frac{235}{3 * 13,33}} = 60,6 \text{ mm}$$

Účinná plocha:

$$A_{eff} = 93221,92 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost patní desky:

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 93221,92 * 13,33 = 1242,65 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} > N_{Ed}$$

1242,635 kN > 778,799 kN \Rightarrow NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST PATKY SLOUPU VYHOVUJE

NÁVRH A POSOUZENÍ ŠROUBŮ

Nevyskytuje se tah na základ, navrženy konstrukční šrouby HVU M16x125

NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU MEZI DŘÍKEM SLOUPU A PATNÍM PLECHEM

Účinná výška svaru

$a = 5 \text{ mm}$ (pro tloušťku do 10mm)

$$\sigma = \frac{N_z}{A} = \frac{778,799 * 10^3}{10,6 * 10^3} = 73,47 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma * t_f}{\sqrt{2} * a} = \frac{73,47 * 17}{\sqrt{2} * 5} = 175,63 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\parallel} = \sigma_{\perp} = \frac{V}{4 * a * b_c} = \frac{12,69 * 10^3}{4 * 5 * 240} = 2,64$$

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

$$\sqrt{175,63^2 + 3 * (175,63^2 + 2,64^2)} = 177,12 \text{ Mpa} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{navržený svar vyhovuje}$$

6.3. Sloupy kotvení K3

Počáteční parametry:

$$N_{Ed,C} = 1226,93 \text{ kN}$$

-sloup HEB 240

$$m = 83,2 \text{ kg/m}$$

$$h_c = 240 \text{ mm}$$

$$b_c = 240 \text{ mm}$$

$$t_w = 10,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 17 \text{ mm}$$

Návrh rozměru patní desky:

$$a_p = 300 \text{ mm}$$

$$b_p = 300 \text{ mm}$$

$$t_p = 25 \text{ mm}$$

Materiál:

Ocel patní desky: S235 $f_y = 235 \text{ Mpa}$

Beton základu: C20/25 $f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$

Posouzení patního plechu:

$$\sigma_p = \frac{N_{Ed,C}}{a * b} = \frac{1226,93 * 10^3}{300 * 300} = 13,63 \text{ Mpa}$$

$$W = \frac{1}{6} * 1 * t^2 = \frac{1}{6} * 1 * 25^2 = 104,17 \text{ mm}^3$$

$$M = \sigma_p * \frac{l^2}{2} = 4,907 * \frac{30^2}{2} = 6133,5 \text{ kNm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{6,133 * 10^3}{104,17} = 58,87 \text{ Mpa} < f_y = 235 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{patní plech vyhovuje}$$

Pevnost betonového základu:

Pevnost v tlaku: $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Součinitel spolehlivosti: $\gamma_c = 1,5$

Návrhová hodnota pevnosti: $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ Mpa}$

Návrhová pevnost betonu:

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * \alpha * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} * \frac{1,5 * 20}{1,5} = 13,33 \text{ Mpa}$$

Účinná šířka patní desky:

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 25 * \sqrt{\frac{235}{3 * 13,33}} = 60,6 \text{ mm}$$

Účinná plocha:

$$A_{eff} = 93221,92 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost patní desky:

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 93221,92 * 13,33 = 1242,65 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} > N_{Ed}$$

1242,635 kN > 1226,93 kN ⇒ PATKA NA TLAK VYHOVÍ

ÚNOSNOST VE SMYKU

Zatížení:

Zatěžovací plocha $A=24,5 \text{ m}^2$

-střecha: $F_{Ek} = 88,855 \text{ kN}$

-běžné podlaží: $F_{Ek} = 61,472 \text{ kN}$

-sloup: $g_k = 0,832 \text{ kN/m}$

-obvodový plášť: $g_k = 1,92 \text{ kN/m}^2 * 6,0 = 11,52 \text{ kN/m}$

-plné zatížení větrem: $W_k = -272,42$

-min.svislé zatížení: $F_k = -48,75$

$$N_{Ed} = 1,0 * (0,832 + 11,52) * 3,5 * 5 + 1,0 * 88,855 + 1,0 * 4 * 61,472 - 1,0 * 48,75 - 1,5 * 272,42 = 93,2 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 1,0 * 13,17 + 1,5 * 117,9 = 190,02 \text{ kN}$$

Návrh smykové zarážky:

Součinitel tření mezi ocelí a cementovo-pískovou maltou: $c_{f,d} = 0,2$

$$F_{v,Ed} = V_{Ed} - c_{f,d} * N_{c,Ed} = 190,02 - 0,2 * 93,2 = 171,38 \text{ kN}$$

Návrh:

Délka smykové zarážky:

$$h > \frac{F_{v,Ed}}{b * f_j} = \frac{171,38}{100 * 13,33} = 128,6 \text{ mm},$$

Navržená zarážka HEA 100 délky 150mm, podlití sloupu betonem 20mm, uvažována délka zarážky pro přenos síly 130mm

NÁVRH A POSOUZENÍ ŠROUBŮ

Navrženy šrouby

M16x125, 5.8.

Únosnost 1 šroubu:

$$\text{TAH } F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 * 500 * 157 * 10^{-3}}{1,25} = 56,52 \text{ kN}$$

SÍLA PŮSOBÍCÍ NA 1 ŠROUB

$$N_z = \frac{N_{min}}{2} = \frac{13,17}{2} = 6,582 < 56,52 \text{ kN}$$

Dle katalogu HILTY dovolené namáhání v tahu $N_{REC} = 28,6 \text{ kN} \Rightarrow \text{ŠROUBY VYHOVÍ}$

Návrh a posouzení svaru mezi dříkem sloupu a patním plechem

Účinná výška svaru

$a = 5 \text{ mm}$ (pro tloušťku do 10mm)

$$\sigma = \frac{N_{z,max}}{A} = \frac{117,9 * 10^3}{10,6 * 10^3} = 11,12 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{F_{v,Ed} * e}{\sqrt{2} * \frac{I_w}{z_1}} = \frac{171,38 * (40 + \frac{150}{2})}{\sqrt{2} * \frac{2,58 * 10^6}{84/2}} = 37,6 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\parallel} = \sigma_{\perp} = \frac{F_{v,Ed}}{2 * a * l} = \frac{171,38 * 10^3}{2 * 5 * 240} = 147,95 \text{ Mpa}$$

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

$$\sqrt{37,6^2 + 3 * (37,6^2 + 147,95^2)} = 267,07 \text{ Mpa} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{navržený svar vyhovuje}$$

6.4. Sloupy kotvení K4

Počáteční parametry:

$N_{Ed} = 669,115 \text{ kN}$

-sloup HEB 180

$m = 51,2 \text{ kg/m}$

$h_c = 180 \text{ mm}$

$b_c = 180 \text{ mm}$

$t_w = 8,5 \text{ mm}$

$t_f = 14,0 \text{ mm}$

Návrh rozměru patní desky:

$a_p = 300 \text{ mm}$

$b_p = 300 \text{ mm}$

$t_p = 20 \text{ mm}$

Rozměry základu

Nejsou předmětem návrhu

Materiál:

Ocel patní desky: S235 $f_y = 235 \text{ Mpa}$

Beton základu: C20/25 $f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$

Posouzení patního plechu:

$$\sigma_p = \frac{N_{Ed}}{a * b} = \frac{669,115 * 10^3}{300 * 300} = 7,43 \text{ Mpa}$$

$$W = \frac{1}{6} * 1 * t^2 = \frac{1}{6} * 1 * 20^2 = 66,6 \text{ mm}^3$$

$$M = \sigma_p * \frac{l^2}{2} = 7,43 * \frac{60^2}{2} = 13,37 \text{ kNm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{13,37 * 10^3}{66,6} = 200,8 \text{ Mpa} < f_y = 235 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{patní plech vyhovuje}$$

Pevnost betonového základu:

Pevnost v tlaku: $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Součinitel spolehlivosti: $\gamma_c = 1,5$

Návrhová hodnota pevnosti:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ Mpa}$$

Pevnost základu v uložení:

Součinitel materiálu:

Návrhová pevnost betonu: $\beta_j = 2/3$

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * \alpha * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} * \frac{1,5 * 20}{1,5} = 13,33 \text{ Mpa}$$

Účinná šířka patní desky:

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 20 * \sqrt{\frac{235}{3 * 13,33}} = 48,48 \text{ mm}$$

Účinná plocha:

$$A_{eff} = 60742,4 \text{ mm}^2$$

Únosnost patky:

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 60742,4 * 13,33 = 809,696 \text{ kN}$$

$N_{Rd} > N_{Ed} \Rightarrow$ NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST PATKY SLOUPU VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{669,115}{809,696} = 0,83$$

Návrh a posouzení šroubů

Nevyskytuje se tah na základ, navrženy konstrukční šrouby -2x WH-KOTE CH M16x190/45

6.5. Sloupy kotvení K5

Počáteční parametry:

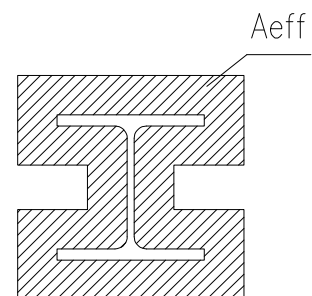
$$N_{Ed} = 401,565 \text{ kN}$$

-sloup HEB 200

$$m = 83,2 \text{ kg/m}$$

$$h_c = 200 \text{ mm}$$

$$b_c = 200 \text{ mm}$$



$$t_w = 9,0mm$$

$$t_f = 15mm$$

Návrh rozměru patní desky:

$$a_p = 300mm$$

$$b_p = 300mm$$

$$t_p = 20mm$$

Materiál:

Ocel patní desky: S235 $f_y = 235Mpa$

Beton základu: C20/25 $f_{ck} = 20Mpa$

Posouzení patního plechu:

$$\sigma_p = \frac{N_{Ed}}{a * b} = \frac{401,565 * 10^3}{300 * 300} = 4,46Mpa$$

$$W = \frac{1}{6} * 1 * t^2 = \frac{1}{6} * 1 * 20^2 = 66,6 mm^3$$

$$M = \sigma_p * \frac{l^2}{2} = 4,46 * \frac{50^2}{2} = 5575 kNm$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{5575 * 10^3}{66,6} = 83,7 Mpa < f_y = 235 Mpa \Rightarrow \text{patní plech vyhovuje}$$

Pevnost betonového základu:

Pevnost v tlaku: $f_{ck} = 20MPa$

Součinitel spolehlivosti: $\gamma_c = 1,5$

Návrhová hodnota pevnosti: $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33Mpa$

Návrhová pevnost betonu:

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * \alpha * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} * \frac{1,5 * 20}{1,5} = 13,33Mpa$$

Účinná šířka patní desky:

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 20 * \sqrt{\frac{235}{3 * 13,33}} = 48,48 mm$$

Účinná plocha:

$$A_{eff} = 65674 mm^2$$

Návrhová únosnost patní desky:

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 65674 * 13,33 = 875,43kN$$

$$N_{Rd} > N_{Ed}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{401,565}{875,43} = 0,45 \Rightarrow \text{NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST PATKY SLOUPU VYHOVUJE}$$

ÚNOSNOST VE SMYKU

Návrh smykové zarážky: HEA 100

Délka smykové zarážky:

$$h_{min} = \frac{V_{max}}{0,8 * b * f_j} = \frac{56 * 10^3}{0,8 * 100 * 13,33} = 52,5 \text{ mm}$$

Navržená zarážka HEA 100 délky 150mm, podlití sloupu betonem 20mm, uvažována délka zarážky pro přenos síly 130mm

NÁVRH A POSOUZENÍ ŠROUBŮ

Navrženy šrouby HVU M16x125 , 5.8.

Únosnost 1 šroubu:

$$TAH F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 500 * 157 * 10^{-3}}{1,25} = 56,52 \text{ kN}$$

SÍLA PŮSOBÍCÍ NA 1 ŠROUB

$$N_z = \frac{N_{min}}{2} = \frac{5,8}{2} = 2,9 < 56,52 \text{ kN}$$

Dle katalogu HILTY dovolené namáhání v tahu $N_{REC} = 28,6 \text{ kN} \Rightarrow$ ŠROUBY VYHOVÍ

NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU MEZI DŘÍKEM SLOUPU A PATNÍM PLECHEM

Účinná výška svaru

$a = 5 \text{ mm}$ (pro tloušťku do 10mm)

$$\sigma = \frac{N_{z,max}}{A} = \frac{401,565 * 10^3}{7,808 * 10^3} = 51,43 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma * t_f}{\sqrt{2} * a} = \frac{51,43 * 15}{\sqrt{2} * 5} = 109,09 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\parallel} = \sigma_{\perp} = \frac{V}{2 * a * l} = \frac{67,63 * 10^3}{2 * 5 * 200} = 33,815 \text{ Mpa}$$

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

$$\sqrt{51,43^2 + 3 * (109,09^2 + 33,815^2)} = 204,39 \text{ Mpa} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{navržený svar vyhovuje}$$

NÁVRH A POSOUZENÍ ŠROUBŮ

Nevyskytuje se tah na základ, navrženy konstrukční šrouby HVU M16x125

7. Návrh a posouzení montážních spojů

7.1. Přípoj stropnice k průvlakům -administrativní část

A. POČÁTEČNÍ PARAMETRY

Reakce z navržené stropnice:

$$V_z = 59,9 \text{ kN}$$

$$M_z = 59,9 * 0,045 = 2,695$$

PRŮŘEZ STROPNICE

IPE 220

$$h_c = 220 \text{ mm}$$

$$b_c = 110 \text{ mm}$$

$$t_w = 5,9 \text{ mm}$$

$$t_f = 9,2 \text{ mm}$$

Návrh šroubů:

M20 třídy 8.8.

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$A = 314 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

Počet rovin stříhu 1

B. VÝPOČET ÚNOSNOSTI 1 ŠROUBŮ

STŘIH

$$F_{V,Rd} = 0,6 * f_{ub} * \frac{A_s}{\lambda_{Mb}} = 0,6 * 800 * \frac{245}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ ŠROUBU

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * d * t * f_{ub}}{\lambda_{M2}} = \frac{2,5 * 0,53 * 20 * 5,9 * 800}{1,25} = 100,06 \text{ kN}$$

α -NEJMENŠÍ Z:

$$\frac{e_1}{3 * d_0} = \frac{35}{3 * 22} = 0,53$$

$$\frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4} = \frac{50}{3 * 22} = 0,757$$

$$\frac{f_{ub}}{f_{yb}} = \frac{800}{640} = 1,25$$

1

C. SÍLA PŮSOBÍCÍ NA 1 ŠROUB

$$F_{iF} = \frac{V_z}{n} = \frac{59,9}{2} = 29,95 \text{ kN}$$

$$F_{iM} = M * \frac{r_i}{\sum r_i^2} = 2,696 * 10^3 * \frac{25}{2 * 25} = 53,9 \text{ kN}$$

$$F_i = 29,95 + 53,9 = 83,85 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 94,08 \text{ kN}$$

$$< F_{b,Rd} = 100,6 \text{ kN}$$

NAVRŽENÉ ŠROUBY VYHOVUJÍ

POSOUZENÍ KOUTOVÉHO SVARU DESKY

SVAR KE STOJINĚ

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{2 * \frac{1}{6} * a * L^2} = \frac{2,695 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 4 * 210^2} = 45,83 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{45,83}{\sqrt{2}} = 32,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_z}{2 * a * L} = \frac{59,9}{2 * 4 * 210} = 35,65 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{32,4^2 + 3 * (32,4^2 + 35,65^2)} = 89,5 \leq \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

NAVRŽENÝ SVAR VYHOVUJE

SVAR K PÁSNICI

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{V_z}{2 * a * L} = \frac{59,9}{2 * 4 * 70} = 106,96 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{M/z}{2 * a * L} = \frac{2,695/95}{2 * 4 * 70} = 50,65 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{106,96^2 + 3 * (106,96^2 + 50,65^2)} = 231,2 \leq \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

SMYKOVÁ ÚNOSNOST OSLABENÉHO PRŮŘEZU STROPNICE

$$V_{Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{5,9 * 136 * 235 * 10^{-3}}{\sqrt{3} * 1} = 108,8 \text{ kN} > 59,9 \text{ kN}$$

NAVRŽENÝ PŘÍPOJ VYHOVUJE

7.2. Připoj stropnice k průvlakům -garáž

A. POČÁTEČNÍ PARAMETRY

Reakce z navržené stropnice: $V_z = 45,12 \text{ kN}$

$$M_z = 45,12 * 0,045 = 2,0304$$

PRŮŘEZ STROPNICE

IPE 200

$$h_c = 200 \text{ mm}$$

$$b_c = 100 \text{ mm}$$

$$t_w = 5,6 \text{ mm}$$

$$t_f = 8,5 \text{ mm}$$

Návrh šroubů:

M12 třídy 8.8.

$$A_s = 84,3 \text{ mm}^2$$

$$A = 113 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

Počet rovin stříhu 1

B. VÝPOČET ÚNOSNOSTI 1 ŠROUBŮ

STŘIH

$$F_{v,Rd} = 0,6 * f_{ub} * \frac{A_s}{\lambda_{Mb}} = 0,6 * 800 * \frac{84,3 * 10^{-3}}{1,25} = 32,4 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ ŠROUBU

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * d * t * f_{ub}}{\lambda_{M2}} = \frac{2,5 * 0,94 * 12 * 5,6 * 800}{1,25} = 101,06 \text{ kN}$$

α -NEJMENŠÍ Z:

$$\frac{e_1}{3 * d_0} = \frac{40}{3 * 14} = 0,952$$

$$\frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4} = \frac{50}{3 * 14} - \frac{1}{4} = 0,94$$

$$\frac{f_{ub}}{f_{yb}} = \frac{800}{640} = 1,25$$

1

C. SÍLA PŮSOBÍCÍ NA 1 ŠROUB

$$F_{iF} = \frac{V_z}{n} = \frac{45,12}{2} = 22,56 \text{ kN}$$

$$F_{iM} = M * \frac{r_i}{\sum r_i^2} = 2,0304 * 10^3 * \frac{25}{1250} = 40,4 \text{ kN}$$

$$F_i = 22,56 + 40,4 = 62,96 < F_{v,Rd} = 75,36 \text{ kN}$$

$$< F_{b,Rd} = 101,06 \text{ kN}$$

NAVRŽENÉ ŠROUBY VYHOVUJÍ

POSOUZENÍ KOUTOVÉHO SVARU DESKY

SVAR KE STOJINĚ

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{2 * \frac{1}{6} * a * L^2} = \frac{2,0304 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 4 * 160^2} = 59,48 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{59,48}{\sqrt{2}} = 42,06 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_z}{2 * a * L} = \frac{45,12}{2 * 4 * 160} = 35,25 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{42,06^2 + 3 * (42,06^2 + 35,25^2)} = 103,94 \leq \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

NAVRŽENÝ SVAR VYHOVUJE

SVAR K PÁSNICI

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{V_z}{2 * a * L} = \frac{45,12}{2 * 4 * 70} = 80,57 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{M/z}{2 * a * L} = \frac{2,0304/80}{2 * 4 * 70} = 45,32 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{80,57^2 + 3 * (80,57^2 + 45,32^2)} = 179,24 \leq \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

SMYKOVÁ ÚNOSNOST OSLABENÉHO PRŮŘEZU STROPNICE

$$V_{Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{5,6 * 126 * 235 * 10^{-3}}{\sqrt{3} * 1} = 95,73 \text{ N} > V_z = 45,12 \text{ kN}$$

NAVRŽENÝ PŘÍPOJ VYHOVUJE

7.3. Přípoj stropnice na sloup - administrativní část

A. POČÁTEČNÍ PARAMETRY

Reakce z navržené stropnice:

$$V_z = 59,9 \text{ kN}$$

$$M_z = 59,9 * 0,05 = 2,995$$

PRŮŘEZ STROPNICE

IPE 220

$$h_c = 220\text{mm}$$

$$b_c = 110\text{mm}$$

$$t_w = 5,9\text{mm}$$

$$t_f = 9,2\text{mm}$$

Návrh šroubů:

M20 třídy 8.8.

$$A_s = 245\text{mm}^2$$

$$A = 314\text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 800\text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 640\text{ MPa}$$

Počet rovin stříhu 1

B. VÝPOČET ÚNOSNOSTI 1 ŠROUBŮ

STŘIH

$$F_{v,Rd} = 0,6 * f_{ub} * \frac{A_s}{\lambda_{Mb}} = 0,6 * 800 * \frac{245}{1,25} = 94,08\text{ kN}$$

OTLAČENÍ ŠROUBU

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * d * t * f_{ub}}{\lambda_{M2}} = \frac{2,5 * 0,53 * 20 * 5,9 * 800}{1,25} = 100,06\text{ kN}$$

α -NEJMENŠÍ Z:

$$\frac{e_1}{3 * d_0} = \frac{35}{3 * 22} = 0,53$$

$$\frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4} = \frac{50}{3 * 22} = 0,757$$

$$\frac{f_{ub}}{f_{yb}} = \frac{800}{640} = 1,25$$

1

C. SÍLA PŮSOBÍCÍ NA 1 ŠROUB

$$F_{iF} = \frac{V_z}{n} = \frac{59,9}{2} = 29,95\text{ kN}$$

$$F_{iM} = M * \frac{r_i}{\sum r_i^2} = 2,995 * 10^3 * \frac{25}{2 * 25^2} = 59,9\text{ kN}$$

$$F_i = 29,95 + 59,9 = 89,85\text{ kN} < F_{v,Rd} = 94,08\text{ kN}$$

$$< F_{b,Rd} = 100,6\text{ kN}$$

NAVRŽENÉ ŠROUBY VYHOVUJÍ

POSOUZENÍ KOUTOVÉHO SVARU DESKY

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{2 * \frac{1}{6} * a * L^2} = \frac{2,995 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 4 * 210^2} = 50,93 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{50,93}{\sqrt{2}} = 36,02 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_z}{2 * a * L} = \frac{59,9}{2 * 4 * 210} = 35,65 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{36,02^2 + 3 * (36,02^2 + 35,65^2)} = 94,8 \leq \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

NAVRŽENÝ SVAR VYHOVUJE

SMYKOVÁ ÚNOSNOST OSLABENÉHO PRŮŘEZU STROPNICE

$$V_{Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{5,9 * 136 * 235 * 10^{-3}}{\sqrt{3} * 1} = 108,8 \text{ kN} > 59,9 \text{ kN}$$

NAVRŽENÝ PŘÍPOJ VYHOVUJE

7.4. Přípoj stropnice na sloup -garáž

A. POČÁTEČNÍ PARAMETRY

Reakce z navržené stropnice: $V_z = 45,12 \text{ kN}$

$$M_z = 45,12 * 0,05 = 2,256$$

PRŮŘEZ STROPNICE

IPE 200

$$h_c = 200 \text{ mm}$$

$$b_c = 100 \text{ mm}$$

$$t_w = 5,6 \text{ mm}$$

$$t_f = 8,5 \text{ mm}$$

Návrh šroubů:

M12 třídy 8.8.

$$A_s = 84,3 \text{ mm}^2$$

$$A = 113 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

Počet rovin stříhu 1

B. VÝPOČET ÚNOSNOSTI 1 ŠROUBŮ

STŘIH

$$F_{v,Rd} = 0,6 * f_{ub} * \frac{A_s}{\lambda_{Mb}} = 0,6 * 800 * \frac{84,3 * 10^{-3}}{1,25} = 32,4 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ ŠROUBU

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * d * t * f_{ub}}{\lambda_{M2}} = \frac{2,5 * 0,94 * 12 * 5,6 * 800}{1,25} = 101,06 \text{ kN}$$

α -NEJMENŠÍ Z:

$$\frac{e_1}{3 * d_0} = \frac{40}{3 * 14} = 0,952$$

$$\frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4} = \frac{50}{3 * 14} - \frac{1}{4} = 0,94$$

$$\frac{f_{ub}}{f_{yb}} = \frac{800}{640} = 1,25$$

1

C. SÍLA PŮSOBÍCÍ NA 1 ŠROUB

$$F_{iF} = \frac{V_z}{n} = \frac{45,12}{2} = 22,56 \text{ kN}$$

$$F_{iM} = M * \frac{r_i}{\sum r_i^2} = 2,256 * 10^3 * \frac{25}{1250} = 45,12 \text{ kN}$$

$$F_i = 22,56 + 45,12 = 67,68 < F_{v,Rd} = 75,36 \text{ kN}$$

$$< F_{b,Rd} = 101,06 \text{ kN}$$

NAVRŽENÉ ŠROUBY VYHOVUJÍ

POSOUZENÍ KOUTOVÉHO SVARU DESKY

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{2 * \frac{1}{6} * a * L^2} = \frac{2,256 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 4 * 160^2} = 59,48 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{59,48}{\sqrt{2}} = 42,06 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_z}{2 * a * L} = \frac{45,12}{2 * 4 * 160} = 35,25 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{42,06^2 + 3 * (42,06^2 + 35,25^2)} = 103,94 \leq \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

NAVRŽENÝ SVAR VYHOVUJE

SMYKOVÁ ÚNOSNOST OSLABENÉHO PRŮŘEZU STROPNICE

$$V_{Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{5,6 * 126 * 235 * 10^{-3}}{\sqrt{3} * 1} = 95,73 \text{ N} > V_z = 45,12 \text{ kN}$$

NAVRŽENÝ PŘÍPOJ VYHOVÍ

7.5. Přípoj průvlaku na sloup – administrativní část

Reakce průvlaku

-vlastní tíha: $g_k=0,491 \text{ kN/m}$

$$V_z = R_{Ed} = 59,9 + 59,9 + 0,491 * 1,35 * 7 / 2 = 122,12 \text{ kN}$$

$$M_y = V_z * e = 122,12 * 0,05 = 6,106 \text{ kNm}$$

PRŮŘEZ PRŮVLAKU

IPE 330

$$h_c = 330 \text{ mm}$$

$$b_c = 160 \text{ mm}$$

$$t_w = 7,5 \text{ mm}$$

$$t_f = 11,5 \text{ mm}$$

Návrh šroubů:

M20 třídy 8.8.

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

Počet rovin stříhu 1

VÝPOČET ÚNOSNOSTI 1 ŠROUBŮ

STŘIH

$$F_{v,Rd} = 0,6 * f_{ub} * \frac{A_s}{\lambda_{Mb}} = 0,6 * 800 * \frac{245 * 10^{-3}}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ ŠROUBU

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * d * t * f_{ub}}{\lambda_{M2}} = \frac{2,5 * 0,659 * 20 * 7,5 * 800}{1,25} = 158,160 \text{ kN}$$

α -NEJMENŠÍ Z:

$$\frac{e_1}{3 * d_0} = \frac{45}{3 * 22} = 0,68$$

$$\frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4} = \frac{60}{3 * 22} - \frac{1}{4} = 0,659$$

$$\frac{f_{ub}}{f_{yb}} = \frac{800}{640} = 1,25$$

1

C. SÍLA PŮSOBÍCÍ NA 1 ŠROUB

$$F_{iF} = \frac{V_z}{n} = \frac{122,12}{3} = 40,70 \text{ kN}$$

$$F_{iM} = M * \frac{r_i}{\sum r_i^2} = 6,106 * \frac{60}{7200} = 50,88$$

$$F_{iM} = 40,7 + 50,88 = 91,5 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 94,08 \text{ kN}$$

$$< F_{b,Rd} = 158,160 \text{ kN}$$

NAVRŽENÉ ŠROUBY VYHOVUJÍ

POSOUZENÍ KOUTOVÉHO SVARU DESKY

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{2 * \frac{1}{6} * a * L^2} = \frac{6,106 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 4 * 250^2} = 73,272 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{73,272}{\sqrt{2}} = 51,81 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_z}{2 * a * L} = \frac{122,12}{2 * 4 * 250} = 61,06 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{51,81^2 + 3 * (51,81^2 + 61,06^2)} = 148,06 \leq \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

NAVRŽENÝ SVAR VYHOVUJE

POSOUZENÍ STOJINY PRŮVLAKU

$$V_{Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{7,5 * 266 * 235 * 10^{-3}}{\sqrt{3} * 1} = 270,67 \text{ kN} > V_z = 122,12 \text{ kN}$$

STOJINA PRŮVLAKU VYHOVUJE

7.6. Přípoj průvlaku na sloup- garáž

Reakce průvlaku

-vlastní tíha: $g_k = 0,571 \text{ kN/m}$

$$V_z = R_{Ed} = 45,12 + 45,12 + 0,571 * 1,35 * 7,8 / 2 = 93,24 \text{ kN}$$

$$M_y = V_z * e = 93,24 * 0,06 = 5,594 \text{ kNm}$$

PRŮŘEZ PRŮVLAKU

IPE 360

$$h_c = 360\text{mm}$$

$$b_c = 170\text{mm}$$

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

$$t_f = 12,7\text{mm}$$

Návrh šroubů:

M20 třídy 8.8.

$$A_s = 245\text{mm}^2$$

$$f_{ub} = 800\text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 640\text{ MPa}$$

Počet rovin stříhu 1

VÝPOČET ÚNOSNOSTI 1 ŠROUBŮ

STŘIH

$$F_{v,Rd} = 0,6 * f_{ub} * \frac{A_s}{\lambda_{Mb}} = 0,6 * 800 * \frac{245 * 10^{-3}}{1,25} = 94,08\text{ kN}$$

OTLAČENÍ ŠROUBU

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * d * t * f_{ub}}{\lambda_{M2}} = \frac{2,5 * 0,606 * 20 * 8,0 * 800}{1,25} = 155,136\text{ kN}$$

α -NEJMENŠÍ Z:

$$\frac{e_1}{3 * d_0} = \frac{40}{3 * 22} = 0,606$$

$$\frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4} = \frac{60}{3 * 22} - \frac{1}{4} = 0,659$$

$$\frac{f_{ub}}{f_{yb}} = \frac{800}{640} = 1,25$$

1

C. SÍLA PŮSOBÍCÍ NA 1 ŠROUB

$$F_{iF} = \frac{V_z}{n} = \frac{93,24}{3} = 31,08\text{ kN}$$

$$F_{iM} = M * \frac{r_i}{\sum r_i^2} = 5,594 * 10^3 * \frac{60}{7200} = 46,6\text{ kN}$$

$$F_i = 31,08 + 46,6 = 77,68\text{ kN} < F_{v,Rd} = 94,08\text{ kN}$$

$$< F_{b,Rd} = 155,136\text{ kN}$$

NAVRŽENÉ ŠROUBY VYHOVUJÍ

POSOUZENÍ KOUTOVÉHO SVARU DESKY

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{2 * \frac{1}{6} * a * L^2} = \frac{5,594 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 4 * 260^2} = 62,06 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{62,06}{\sqrt{2}} = 43,88 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_z}{2 * a * L} = \frac{93,24}{2 * 4 * 260} = 44,82 \text{ Mpa}$$

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

$$\sqrt{43,88^2 + 3 * (43,88^2 + 44,82^2)} = 117,16 \leq \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ Mpa}$$

NAVRŽENÝ SVAR VYHOVUJE

POSOUZENÍ STOJINY PRŮVLAKU

$$V_{Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{8,0 * 122 * 235 * 10^{-3}}{\sqrt{3} * 1} = 132,42 \text{ kN} > V_z = 93,24 \text{ kN}$$

STOJINA PRŮVLAKU VYHOVUJE

7.7. Připoj diagonály ztužidla – administrativní část

$$V_z = 209,736 \text{ kN}$$

Průřezu diagonály:

2 x L80x8

$$A = 2 * 1510 = 3020 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 2 * 0,877 * 10^6 = 1,754 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Návrh šroubů:

M20 třídy 8.8.

$$A_s = 245 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800 \text{ Mpa}$$

$$f_{yb} = 640 \text{ Mpa}$$

Počet rovin stříhu 1

VÝPOČET ÚNOSNOSTI 1 ŠROUBŮ

STŘIH

$$F_{v,Rd} = 0,6 * f_{ub} * \frac{A_s}{\lambda_{Mb}} = 0,6 * 800 * \frac{245 * 10^{-3}}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ ŠROUBU

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * d * t * f_{ub}}{\lambda_{M2}} = \frac{2,5 * 0,606 * 20 * 8,0 * 800}{1,25} = 155,136 \text{ kN}$$

α -NEJMENŠÍ Z:

$$\frac{e_1}{3 * d_0} = \frac{40}{3 * 22} = 0,606$$

$$\frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4} = \frac{60}{3 * 22} - \frac{1}{4} = 0,659$$

$$\frac{f_{ub}}{f_{yb}} = \frac{800}{640} = 1,25$$

1

Rozhoduje únosnost ve stříhu

$$\frac{N_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{209,736}{94,08} = 2,2$$

Návrh: 3 šrouby M20 8.8.

Průřez uhlíku oslabený otvor:

$$A_{net} = 2668 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,8 * A * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 2668 * 360}{1,25} = 691,5 \text{ kN} > N_{Ed} = 209,736 \text{ kN}$$

-průřez v oslabení vyhoví

Návrh svaru:

2xkoutový svar $a=4\text{mm}$, $L_{we}=350\text{mm}$

$$F_{Hd} = N_{Ed} * \cos \alpha = 209,736 * \cos 30^\circ = 181,64 \text{ kN}$$

$$F_{Vd} = N_{Ed} * \sin \alpha = 209,736 * \sin 30^\circ = 104,868 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Hd}}{2 * a * L_w} = \frac{181,64 * 10^3}{2 * 4 * 350} = 64,87 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \left(\frac{F_{Vd}}{2 * a * L_{we}} + \frac{F_{Vde}}{W_{we}} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} * \left(\frac{104,868 * 10^3}{2 * 4 * 350} + \frac{104,868 * 10^3 * 98,0}{2 * \frac{1}{6} * 4 * 350^2} \right) =$$

$$\tau_{\perp} = 70,97 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{70,97^2 + 3 * (70,97^2 + 64,87^2)} = 181,028 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Přípoj vyhoví

8. Použité materiály

- ČSN EN 1993-1-1 až 8 Navrhování ocelových konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Zatížení větrem
- Ocelové konstrukce 20 - Projekt, haly - doc. Ing. Tomáš Vraný, CSc.
- Ocelové konstrukce – Tabulky - Tomáš Vraný, František Wald
- Ocelové konstrukce 2 – Cvičení - Tomáš Vraný, Martina Eliášová
- Ocelové konstrukce 10 - Prof. Ing. Jíří Studnička, DrSc.
- Ocelové konstrukce - Prof. Ing. Jíří Studnička, DrSc.
- MODUL BO04 - Kovové konstrukce I
- MODUL BO02 - Prvky kovových konstrukcí