



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Václav Smrčka
Název	Autosalon
Vedoucí práce	prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Ferjenčík, P., Schun, J., Melcher, J., Voříšek, V., Chladný, E.,: Navrhovanie ocelových konštrukcií 1. časť + 2. časť, SNTL Alfa, Praha, 1986

Marek, P. a kol.: Kovové konstrukce pozemních staveb, SNTL Alfa, Bratistava, 1985

Skripta zabývající se danou problematikou

Normativní dokumenty z dané problematiky

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné ocelové konstrukce autosalonu podle předané dispozice. Objekt se nachází v lokalitě Brno.

Předepsané přílohy

Technická zpráva se zhodnocením variant řešení.

Statický výpočet hlavních nosných částí, návrh a výpočet směrných detailů.

Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím diplomové práce.

Výkaz materiálu.

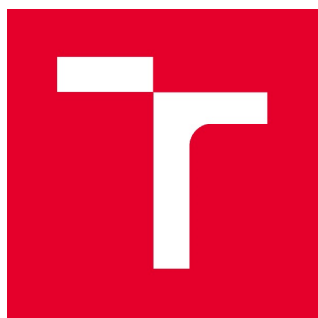
STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Vedoucí diplomové práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

AUTOSALON

CAR SHOWROOM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Václav Smrčka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV BAJER, CSc.

BRNO 2018

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce autosalonu. Autosalon se nachází v Brně. Konstrukce je tvořena z trubek a válcovaných profilů. Šířka objektu je 36,5m, délka 42m a výška v nejvyšším bodě 13,2m. Objekt se skládá ze tří částí. Výstavního prostoru, kanceláří a dílny. Šířka výstavního prostoru je 20m, kanceláří 8,5m a dílny 8m. Výstavní prostor je tvořen obloukovým příhradovým vazníkem. Vzdálenost příčných vazeb je 6m. Statický výpočet je proveden pomocí programu Scia Engineer 2017 a ručního výpočtu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ocelová konstrukce, autosalon, obloukový příhradový vazník, statický výpočet, trubka, válcovaný profil

ABSTRACT

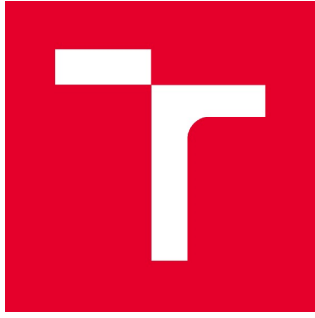
The aim of the thesis is to design and appreciation steel load-bearing structure of motor show. The object is situated in Brno. The Structure consist of tubes and rolling sections. The breadth of construction is 36,5m, lenght 42m and height in the heihest point is 13,2m. The structrure is consists of three parts. Show room, offices and workshop. The height of show room is 20m, offices 8,5m and workshop 8m. The show room consist of arched truss girder. The distance of each cross links is 6 m. Structural design were perfomered by Scia Engineer 2017 and hand computation.

KEYWORDS

Steel construction, car showroom, arched truss girder, structural design, tube, rolling sections

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Václav Smrčka *Autosalon*. Brno, 2018. 98 s., 88 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

TECHNICKÁ ZPRÁVA

ENGINEERING REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Václav Smrčka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV BAJER, CSc.

BRNO 2018

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Použité normy a předpisy	3
3. Základní identifikační údaje.....	3
3.1 Stavba.....	3
3.2 Popis objektu.....	3
3.3 Varianty řešení	4
3.4 Základní údaje o stavbě.....	4
4. Zatížení.....	5
4.1 Stálá zatížení	5
4.2 Klimatická zatížení.....	5
5. Geologické podmínky	6
6. Statické řešení	6
7. Materiál	6
8. Základní prvky nosné konstrukce	7
9. Protipožární ochrana	8
10. Povrchová ochrana	8
11. Výroba a montáž	8
12. Bezpečnost práce.....	8
13. Výkaz materiálu	8

1. Úvod

Technická zpráva je součástí diplomové práce ocelové konstrukce autosalonu v Brně. Specifikuje ocelovou konstrukci a zatížení na ni. Dále obsahuje porovnání variant, ze kterých byla vybrána výsledná konstrukce.

2. Použité normy a předpisy

ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí- Obecná zatížení- Objemové tíhy, vlastní tíha a užité zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-2 Zatížení konstrukcí- Obecná zatížení- Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru

ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí- Obecná zatížení- Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí- Obecná zatížení- Zatížení větrem

ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí- Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí- Navrhování styčnicků

3. Základní identifikační údaje

3.1 Stavba

Název stavby:	Autosalon Brno
Místo stavby:	Brno-Veveří
Okres:	Brno-Střed
Kraj:	Jihomoravský
Vypracoval	Smrčka Václav

3.2 Popis objektu

Objekt autosalonu má obdélníkový tvar. Půdorysná dispozice je 32,5mx42m. Skládá se ze tří částí na sebe navazujících. Zaprvé výstavní prostor autosalonu, který bude celý prosklený systémem MB-SR50N EFECT od firmy Aluprof. Na něj navazují kancelářské prostory, a dále autodílna. Stěny kanceláří a dílny budou opatřeny sendvičovými panely KINGSPAN KS1000 AWP a střecha panely KINGSPAN KS1000 RW.

3.3 Varianty řešení

Brali jsme v úvahu 2 varianty řešení, které se lišily v návrhu vazníku nad výstavním prostorem. Pro variantu A jsme použili příhradový vazník, zatímco u varianty B byl vazník navržen jako vierendeelův nosník.

Varianta A

Prvek	Průřez	Průřezová plocha [m ²]	Celková délka [m]	Hmotnost [kg]
Horní pás	180x180x5	$3,47 \times 10^{-3}$	25,901	705,53
Dolní pás	180x180x5	$3,47 \times 10^{-3}$	24,593	669,9
Diagonála	180x10x5	$2,636 \times 10^{-3}$	9	186,23
Svislice	180x100x5	$2,636 \times 10^{-3}$	25,41	525,8

Celková hmotnost 1 vazníku u varianty A bez přípojů je tedy 2087,46kg

Varianta B

Prvek	Průřez	Průřezová plocha [m ²]	Celková délka [m]	Hmotnost [kg]
Horní pás	250x250x8	$7,68 \times 10^{-3}$	25,901	1561,52
Dolní pás	250x250x8	$7,68 \times 10^{-3}$	24,593	1482,66
Svislice	250x150x6	$4,563 \times 10^{-3}$	9	322,38

Celková hmotnost 1 vazníku u varianty B bez přípojů je tedy 3366,56kg

Ekonomické hledisko:

Příhradový vazník varianty A je o 1279kg lehčí než Vierendeelův vazník u varianty B. Už z tohoto důvodu byl zvolen druh vazníku u varianty A.

3.4 Základní údaje o stavbě

Zastavěná plocha	1533m ²
Délka objektu	42m
Šířka objektu	36,5m
Výška objektu	13,2m
Podélný modul	7x6m

4. Zatížení

Pro stanovení zatížení byla použita norma ČSN EN 1991-1 Zatížení konstrukcí. Podrobný výpočet je uveden ve statickém řešení.

4.1 Stálá zatížení

ZS1: Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha jednotlivých prvků je automaticky generována programem Scia Engineer 2017

ZS2: Užité zatížení na plášť budovy

Výstavní prostor: MB-SR50N EFECT od firmy Aluprof $g=0,4\text{kN/m}^2$
Kanceláře a dílna: KINGSPAN KS1000 AWP $g=0,189\text{kN/m}^2$

ZS3: Užité zatížení na střeche budovy

Výstavní protor: MB-SR50N EFECT od firmy Aluprof $g=0,4\text{kN/m}^2$
Kanceláře a dílna: KINGSPAN KS1000 RW $g=0,116\text{kN/m}^2$

ZS4: Užité zatížení na spřažené stropy

Užité zatížení na spřažené stropy $g=2,5\text{kN/m}^2$

4.2 Klimatická zatížení

Sníh

Sněhová oblat II $s_k=1\text{kN/m}^2$

Sníh plný: $s_1=0,8\text{kN/m}^2$

Sníh navátý: $s_2=1\text{kN/m}^2$

$s_3=2\text{kN/m}^2$

Pultová střecha nad kanceláři $s_4=0,8\text{kN/m}^2$

Pultová střecha nad dílnou $s_5=0,5\text{kN/m}^2$

Přídavné zatížení způsobené rozdílem střech dílny a kanceláře $s_6=2\text{kN/m}^2$

ZS5: Sníh 1

ZS6: Sníh 2

ZS7: Sníh 3

ZS8: Sníh 4

ZS9: Sníh 5

ZS10: Sníh 6

Vítr:

Větrná oblast II

Kategorie terénu IV

Základní dynamický tvar větru

$$q=0,528\text{kN/m}^2$$

ZS11: Příčný vítr zleva**ZS12: Příčný vítr zprava****ZS13: Vítr podélný 1****ZS14: Vítr podélný 2**

5. Geologické podmínky

Pro vypracování projektu nebyly známy. Nejsou součástí práce

.

6. Statické řešení

Základní půdorysný rozměr konstrukce je 36,5x42m. Šířkové uspořádání je 20m výstavní prostor, 8,5m kanceláře a 8m autodílna. Tyto části jsou vždy po celé délce konstrukce. Vzdálenost příčných vazeb činí 6m. Výstavní prostor je tvořen obloukovým příhradovým vazníkem o výšce 1m. Na levé straně začíná v úrovni terénu a na pravé dosahuje nejvyššího bodu konstrukce 13,2m. Na tento bod navazuje pultová střecha kanceláří na pravé straně končící ve výšce 12,1m. Dílna je výškově uskočena. Pultová střecha začíná ve výšce 9,9m a končí 8,9m nad zemí.

V příčném směru je prostorová tuhost konstrukce zajištěna ztužidly tvaru plné trubky. V podélném směru stejně tak. Výjimku tvoří podélné ztužení obloukového vazníku, které je zajištěno vzpěrami směřujícími od dolního pásu vazníku do vaznic pod úhlem 45°.

Sloupy jsou kloubově uloženy na betonových patkách. Z levé strany je obloukový vazník usazen na čepovém spoji.

7. Materiál

Celá konstrukce je vyrobena ze základního materiálu oceli S355. Jakost oceli šroubů je 5.8, 6.8 nebo 8.8 dle konkrétního detailu.

8. Základní prvky nosné konstrukce

Vaznice:	Trubka 140x140x5mm
Horní pás vazníku	Trubka 180x180x5mm
Dolní pás vazníku	Trubka 180x180x5mm
Svislice	Trubka 180x100x5mm
Diagonála	Trubka 180x100x5mm
Příčné ztužidlo	Plná trubka D=20mm
Podélné ztužidlo	Plná trubka D=15mm
Průvlak	IPE 240
Plnostěnný vazník	IPE 220
Sloup	HEB 360

SPOJE:

Vazník

V obloukovém příhradovém vazníku jsou svislice a diagonály k pásům přivařeny pomocí plně provařených tupých svarů.

Montážní spoj horního pásu

Montážní spoj horního pásu je proveden pomocí čelní desky o tloušce 20 mm a rozměrech 260x260mm. Následně je opatřen 8 šrouby M12 5.8.

Montážní spoj dolního pásu

Montážní spoj dolního pásu je proveden pomocí čelní desky o tloušce 20 mm a rozměrech 260x260mm. Následně je opatřen 8 šrouby M16 6.8.

Montážní spoj diagonály

Spoj je navrhnut pomocí příčně navařeného plechu k diagonále a následně 2 šrouby M16 5.8 připevněn ke styčnickovému plechu.

Spoj plnostěnného vazníku ke sloupu

Přípoj je realizován pomocí čelní desky na profilu vazníku, která je pomocí 8 šroubů M20 6.8 připevněna k profilu sloupu. Sloup je rovině horní a dolní řady sloupů opatřen výztuhami z důvodu únosnosti pásnic HEB profilu sloupu.

Montážní spoje vazníku jsou realizovány pomocí čelní desky navařené k pásům vazníku následně zajištěné šrouby. Vazník na levé straně leží na čepovém spoji a napravo připevněn ke sloupu pomocí šroubového spoje. Stejným typem spoje je připevněn střešní plnostěnný vazník i průvlaky ke sloupům.

9. Protipožární ochrana

Protipožární ochrana není předmětem diplomové práce.

10. Povrchová ochrana

Všechny nátěry musí být provedeny v souladu s platnými normami. Ochranný nátěr bude provede Sica Cor 6630 High solid. Nátěr se bude nanášet v souladu s technickým listem a správným pracovním provedením dle výrobce. Protipožární ochrana bude provedena aplikací protipožárních nátěrů nebo obkladů.

11. Výroba a montáž

Prvky příhradového vazníku budou vyrobeny z válcovaných trubek. Stejně tak vaznice. Na průvlaky a plnostěnné vazníky jsou použité válcované profily IPE. Jako sloupy jsou navrženy profily HEB. Prvky musí být z výroby dodány neporušené tvarově a s neporušeným základním nátěrem.

Montáž konstrukce začne osazením sloupů mezi výstavním prostorem a kanceláři na betonové patky, které budou předem připraveny. Následně bude pokračovat osazením vazníku z levé strany na čepový spoj, z pravé strany připojen ke sloupu. Zprava budeme pokračovat ukotvením dalšího sloupu. Poté připojíme plnostěnný vazník. Stejný postup provedeme v prostoru dílny. Tím je jedna příčná vazba osazená. Stejně provedeme konstrukci druhé příčné vazby. Následně osadíme ztužidla a vaznice. Celý postup budeme opakovat pro každou příčnou vazbu. Celou konstrukci geometricky urovnáme pomocí ztužidel. V tuto chvíli následuje výroba sprážených stropů v prostoru kanceláří jedno patro po druhém. Nakonec provedeme osazení paždíků a následné opláštění celé budovy.

12. Bezpečnost práce

Pro stavbu je nutné seznámit všechny osoby, které se budou pohybovat po taveništi s platnými bezpečnostními zákony, vyhláškami a ostatními normami v oblasti bezpečnosti práce a ochrany zdraví při práci.

13. Výkaz materiálu

Výkaz materiálu

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	137144,5	3011,046	1,7471e+01

Vysvětlivky symbolů	
Povrch	Pozn.: pro výpočet plochy povrchu se uvažuje pouze jeden povrch každého 2D dílce

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
Horní pás vazníku - SHS180/180/5.0	S 355	27,2	209,732	5713,0	148,281	7850,0	7,2777e-01
Dolní pás vazníku - SHS180/180/5.0	S 355	27,2	196,154	5343,1	138,681	7850,0	6,8066e-01
Strop - IPE160	S 355	15,8	1110,000	17514,1	690,950	7850,0	2,2311e+00
Plnostěnný vazník nad kancelářemi - IPE220	S 355	26,2	68,567	1797,8	58,111	7850,0	2,2901e-01
Podélné ztužidlo - RD15	S 355	1,4	128,163	177,7	6,024	7850,0	2,2637e-02
Příčné ztužidlo - RD20	S 355	2,5	593,936	1464,0	37,219	7850,0	1,8650e-01
Paždíky kanceláře - SHS120/120/5.0	S 355	17,8	68,452	1219,8	31,967	7850,0	1,5539e-01
Paždíky dílna - SHS120/120/5.0	S 355	17,8	170,000	3029,3	79,390	7850,0	3,8590e-01
Vaznice - SHS140/140/5.0	S 355	21,0	882,000	18486,3	482,455	7850,0	2,3549e+00
Svislice - CFRHS180X100X5	S 355	20,7	73,006	1510,7	39,642	7850,0	1,9244e-01
Diagonála - CFRHS180X100X5	S 355	20,7	201,728	4174,3	109,538	7850,0	5,3175e-01
Průvlak - IPE240	S 355	30,7	204,000	6261,5	188,033	7850,0	7,9764e-01
Paždíky salon - SHS120/120/5.0	S 355	17,8	130,315	2322,2	60,857	7850,0	2,9582e-01
Sloup - HEB360	S 355	141,8	456,308	64691,2	844,169	7850,0	8,2409e+00
Ztužidlo sloupy - RD30	S 355	5,5	93,410	518,1	8,780	7850,0	6,5994e-02
Plnostěnný vazník nad dílnou - IPE220	S 355	26,2	64,498	1691,1	54,662	7850,0	2,1542e-01
Vzpěra - CFRHS180X100X5	S 355	20,7	59,462	1230,4	32,288	7850,0	1,5674e-01

Studentská verze



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

STATICKÝ VÝPOČET

ENGINEERING REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Václav Smrčka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV BAJER, CSc.

BRNO 2018

Obsah:

1. Model:	11
1.1 Čelní pohled:	11
1.2 Půdorys:	12
2. Zatížení:.....	13
2.1 Vlastní tíha konstrukce.....	13
2.2 Ostatní stálé zatížení	13
2.3 Zatížení sněhem	15
2.4 Zatížení větrem:	22
3. Posouzení konstrukčních prvků	35
3.1 Vaznice.....	35
3.2 Horní pás	38
3.3 Dolní pás	41
3.4 Diagonála	44
3.5 Svislice	46
3.6 Příčné ztužidlo.....	48
3.7 Podélné ztužidlo	49
3.8 Průvlak	50
3.9 Střešní vazník nad dílnou	53
3.10 Sloup	56
4. Posudek spřaženého stropu	60
4.1 Posudek trapézového plechu	60
4.2 Spřažený ocelobetonový strop	68
5. Posouzení spojů.....	75
5.1 Posouzení přípoje diagonál a svislice k dolnímu pásu.....	75
5.2 Posouzení přípoje diagonál a svislice k hornímu pásu.....	76
5.3 Posouzení montážního spoje horního pásu	78
5.4 Posouzení montážního spoje dolního pásu	81
5.5 Montážní spoj diagonály vazníku	84
5.6 Přípoj sloupu a plnostěnného vazníku nad dílnou.....	86
5.7 Přípoj sloupu a průvlaku	89
5.8 Přípoj stropnice na průvlak	92
6. Kotvení.....	94
6.1 Patka 1	94
6.2 Návrh čepového spoje	96

Seznam obrázků

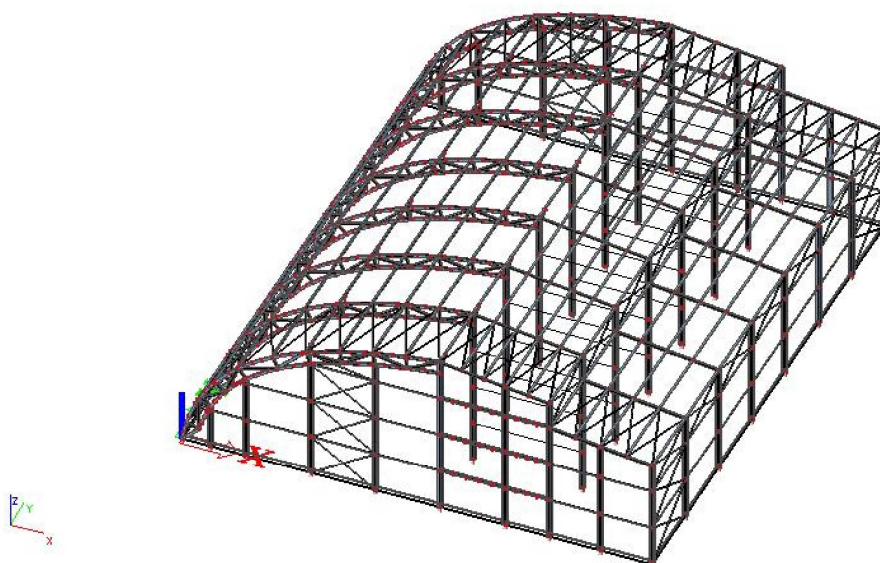
Obrázek 1: Model výsledné konstrukce.....	11
Obrázek 2: Čelní pohled, číslování vaznic.....	11
Obrázek 3: Půdorys, značení příčných vazeb	12
Obrázek 4:Zatížení na vaznice ZS5	16
Obrázek 5: Zatížení sněhem ZS6	17
Obrázek 6: Zatížení sněhem ZS7	18
Obrázek 7: Zatížení sněhem ZS8	19
Obrázek 8: Zatížení sněhem ZS9	20
Obrázek 9:Zatížení sněhem ZS10.....	21
Obrázek 10: Celkové zatížení ZS11.....	25
Obrázek 11: Celkové zatížení ZS12.....	28
Obrázek 12: Schéma působení ZS13 na konstrukci.....	29
Obrázek 13: Profil vaznice.....	35
Obrázek 14: Profil Horního pásu	38
Obrázek 15: Profil dolního pásu	41
Obrázek 16: Profil diagonály	44
Obrázek 17: Profil svislice	46
Obrázek 18: Profil podélného ztužidla.....	48
Obrázek 19: Profil podélného ztužidla.....	49
Obrázek 20: Profil průvzlaku.....	50
Obrázek 21: Profil sloupu	53
Obrázek 22: Profil sloupu	56
Obrázek 23: Trapézový plech	60
Obrázek 24: Statické schéma trapézového plechu.....	60
Obrázek 25: Plocha betonu	61
Obrázek 26: Vlastní tíha.....	61
Obrázek 27: Montážní zatížení na první pole	62
Obrázek 28: Montážní zatížení na 2 pole.....	62
Obrázek 29: Montážní zatížení na 3 pole.....	62
Obrázek 30: Vnitřní síly Vz	63
Obrázek 31: Vnitřní síly My	63
Obrázek 32: Trapézový plech-neutrální osa	68
Obrázek 33: Spřahovací trn.....	68
Obrázek 34: Síly ve spřažení	71

Obrázek 35: Vnitřní síly IPE Vz	72
Obrázek 36: Vnitřní síly IPE My	72
Obrázek 37: Průhyb IPE bez m. podpory.....	73
Obrázek 38: Průhyb IPE s m. podporou.....	74
Obrázek 39: Přípoj diagonál a svislice k dolnímu pásu	75
Obrázek 40: Přípoj diagonál a svislice k dolnímu pásu	76
Obrázek 41: Schéma montážních spojů	78
Obrázek 42: Montážní spoj horního pásu	78
Obrázek 43: Montážní spoj dolního pásu	81
Obrázek 44: Montážní spoj diagonály a vazníku.....	84
Obrázek 45: Spoj plnostěnného vazníku na sloup	86
Obrázek 46: Spoj průvlaku na sloup	89
Obrázek 47: Spoj průvlaku na sloup	92
Obrázek 48: Patka 1	94
Obrázek 49: Rozměry čepového spoje.....	96

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Zatížení na vaznice ZS3	14
Tabulka 2: Zatížení na vaznice ZS5	16
Tabulka 3: Zatížení na vaznice ZS6	17
Tabulka 4: Zatížení na vaznice ZS7	18
Tabulka 5: Zatížení na vaznice ZS8	19
Tabulka 6: Zatížení na vaznice ZS9	20
Tabulka 7: Zatížení na vaznice ZS10	21
Tabulka 8: Zatížení na vaznice ZS11	24
Tabulka 9: Zatížení na vaznice ZS12	27
Tabulka 10: Součinitele ZS13 na výstavní prostor	30
Tabulka 11: Zatížení ZS13 na výstavní prostor	30
Tabulka 12: Zatížení na vaznice ZS13	32
Tabulka 13: Charakteristiky trapézový plech	60
Tabulka 14: Charakteristiky trapézový plech	68

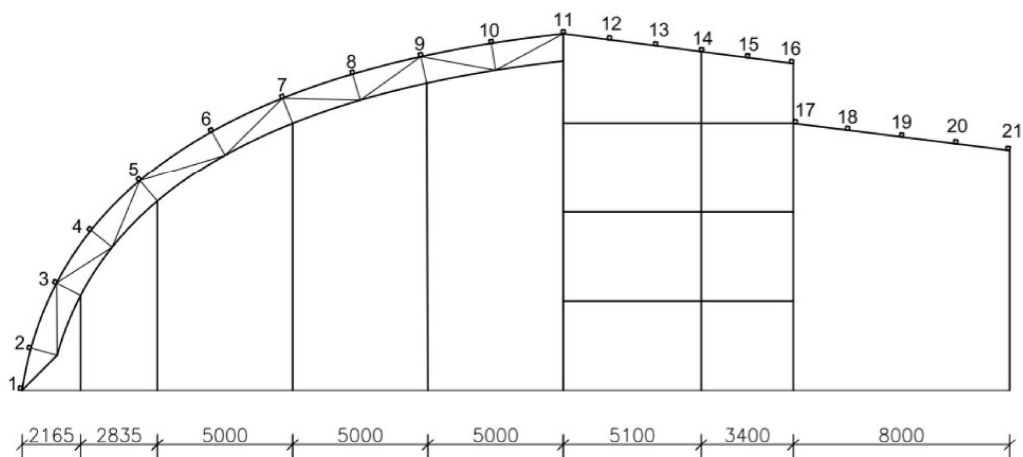
1. Model:



Obrázek 1: Model výsledné konstrukce

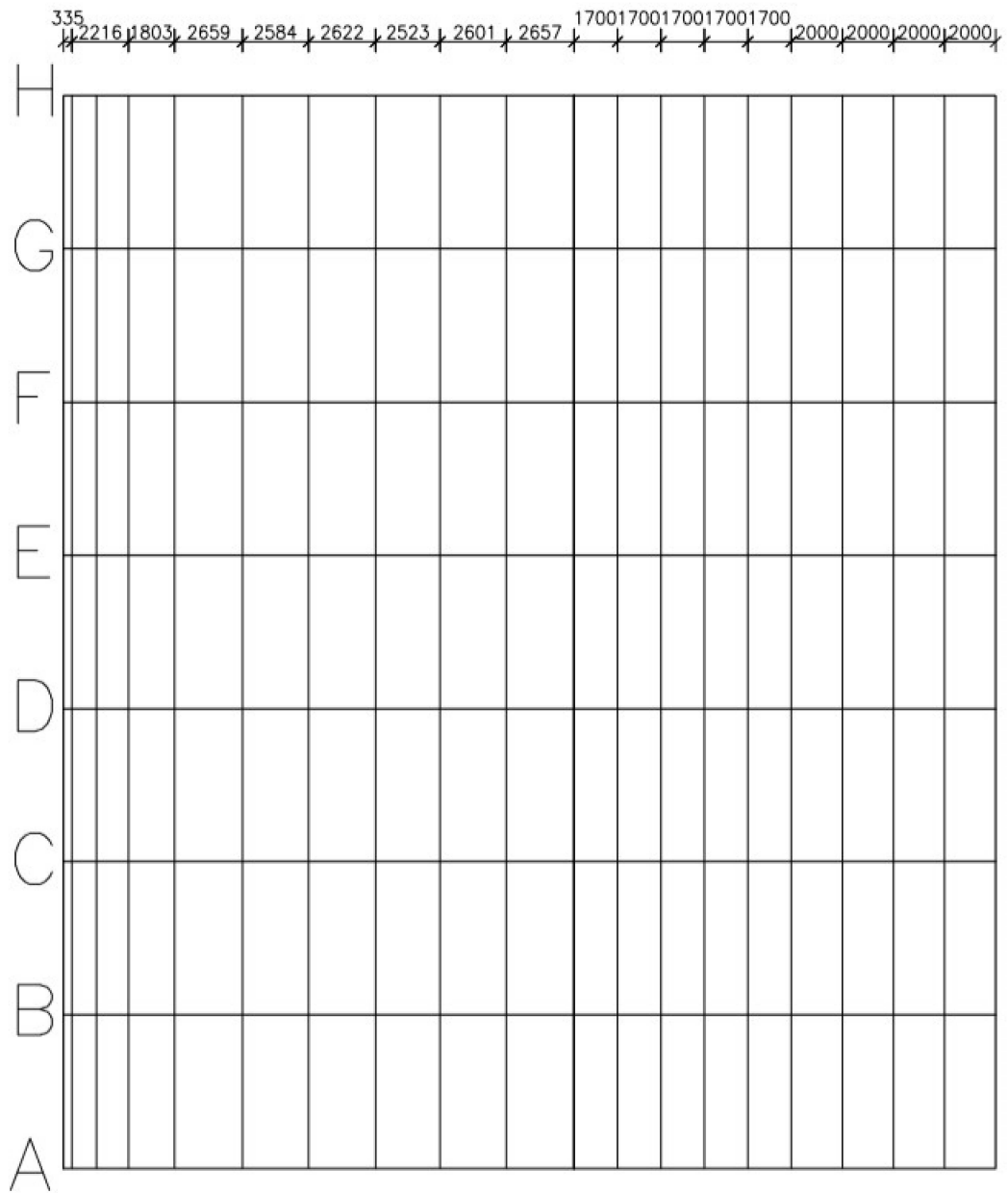
1.1 Čelní pohled:

Značení vaznic a vazníků (příčných vazeb):



Obrázek 2: Čelní pohled, číslování vaznic

1.2 Půdorys:



Obrázek 3: Půdorys, značení příčných vazeb

2. Zatížení:

2.1 Vlastní tíha konstrukce

ZS1: Vlastní tíha konstrukce

V kombinacích bereme zatížení vlastní tíhou prvků, jako generované automaticky programem SCIA ENGINEER.

2.2 Ostatní stálé zatížení

Kancelář a dílna:

Střešní plášť je navržen ze střešních panelů KINGSPAN KS1000 RW tloušťky 180mm. Tíha panelu je $0,116\text{kN/m}^2$.

Opláštění je tvořeno prvky KINGSPAN KS1000 AWP tloušťky 60mm. Tíha prvku je $0,189\text{kN/m}^2$.

Výstavní prostor:

Výstavní prostor je celý prosklený systémem MB-SR50N EFECT od firmy Aluprof. Tíha systému odhadována na $0,4\text{kN/m}^2$.

ZS2: Užité zatížení na plášť budovy

V kombinacích bereme jako užité zatížení na plášť budovy.

ZS3: Užité zatížení na střechu budovy

V kombinacích bereme jako užité zatížení na střechu.

Spřažené stropy:

Užité zatížení v kancelářích na spřažené stropy bereme $2,5\text{kN/m}^2$.

ZS4: Užité zatížení na spřažené stropy

V kombinacích bereme jako užité zatížení na spřažené stropy.

Zatížení na vaznice:

Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka[m]	Zatížení [kN/m]	Číslování vaznice[-]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení [kN/m]
1	0,801	0,320	12	1,714	0,199
2	2,093	0,837	13	1,714	0,199
3	2,455	0,982	14	1,714	0,199
4	2,453	0,981	15	1,714	0,199
5	2,902	1,161	16	0,857	0,099
6	3,060	1,224	17	1,008	0,117
7	2,816	1,126	18	2,016	0,234
8	2,694	1,077	19	2,016	0,234
9	2,626	1,050	20	2,016	0,234
10	2,641	1,056	21	1,008	0,117
11	2,191	0,876			

Tabulka 1: Zatížení na vaznice ZS3

2.3 Zatížení sněhem

Místo Brno, sněhová oblast II, $s_k=1\text{kN/m}^2$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

Válcová střecha nad výstavním prostorem

$$\beta \geq 60^\circ \rightarrow \mu_3 = 0$$

$$\beta \leq 60^\circ \rightarrow \mu_3 = 2$$

a) Sníh plný

$$\mu_3 = 0,8$$

$$s_1 = 0,8 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s_1 = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8\text{kN/m}^2$$

b) Sníh navátý

$$\mu_3 = 2,0$$

$$s_2 = \mu_3 \cdot 0,5 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s_2 = 2,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0\text{kN/m}^2$$

$$s_3 = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s_3 = 2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,0\text{kN/m}^2$$

Pultová střecha nad kancelářským prostorem

$$\mu_1 = 0,8$$

$$s_4 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s_4 = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8\text{kN/m}^2$$

Pultová střecha nad dílnou

$$\mu_1 = 0,8$$

$$s_5 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s_5 = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8\text{kN/m}^2$$

Přídavné zatížení způsobené rozdílem výšky střech

$$h = 2,2\text{m}$$

$$l_s = 2h, 5 \leq l_s \leq 15, l_s = 2 \cdot 2,2 = 4,4 \rightarrow 5\text{m}$$

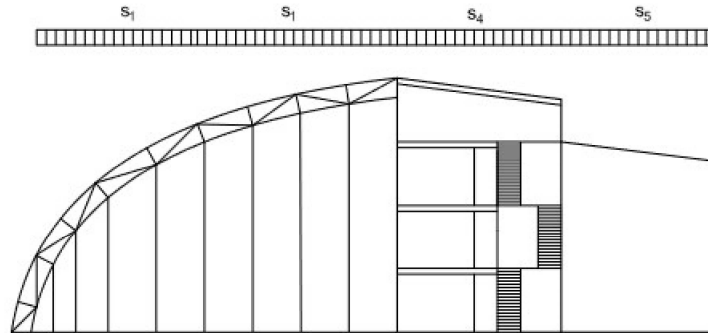
$$\mu_2 = \gamma \cdot \frac{h}{s_k} = 2 \cdot \frac{2,2}{1} = 4,4, 0,8 \leq \mu_2 \leq 2 \rightarrow 2$$

$$s_6 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s_6 = 2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2, \text{kN/m}^2$$

Zatěžovací stavy pro sníh:

ZS5: Sníh 1



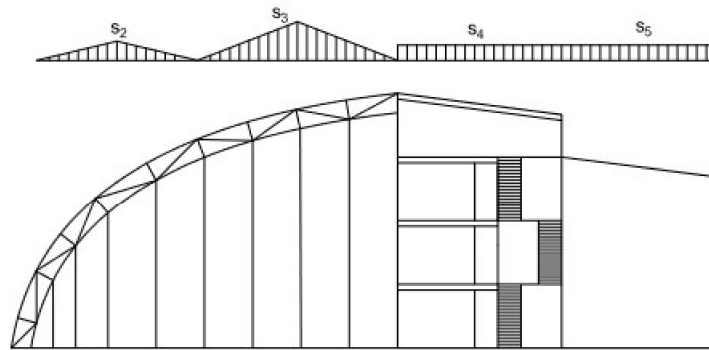
Obrázek 4: Zatížení na vaznice ZS5

Zatížení na vaznice ZS5:

Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení [kN/m]	Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení [kN/m]
1	0,801	0,000	12	1,714	1,360
2	2,093	0,000	13	1,714	1,360
3	2,455	0,886	14	1,714	1,360
4	2,453	1,224	15	1,714	1,360
5	2,902	1,786	16	0,857	0,680
6	3,060	2,097	17	1,008	0,800
7	2,816	2,082	18	2,016	1,600
8	2,694	2,058	19	2,016	1,600
9	2,626	2,050	20	2,016	1,600
10	2,641	2,103	21	1,008	0,800
11	2,191	1,743			

Tabulka 2: Zatížení na vaznice ZS5

ZS6: Snih 2



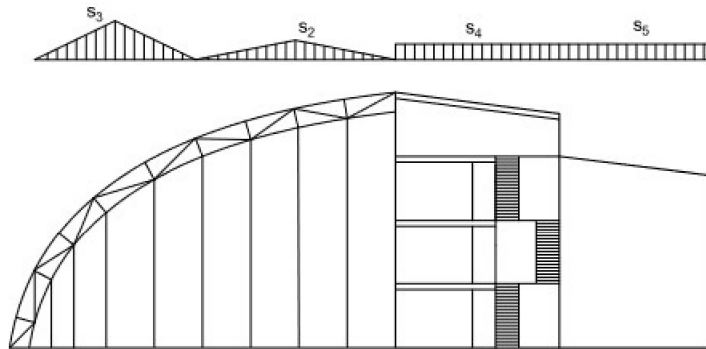
Obrázek 5: Zatížení sněhem ZS6

Zatížení na vaznice ZS6:

Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka[m]	Zatížení [kN/m]	Číslování vaznice[-]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení [kN/m]
1	0,801	0	12	1,714	1,360
2	2,093	0	13	1,714	1,360
3	2,455	0,047	14	1,714	1,360
4	2,453	0,510	15	1,714	1,360
5	2,902	1,739	16	0,857	0,680
6	3,060	1,659	17	1,008	0,800
7	2,816	0,526	18	2,016	1,600
8	2,694	2,544	19	2,016	1,600
9	2,626	4,490	20	2,016	1,600
10	2,641	2,680	21	1,008	0,800
11	2,191	1,020			

Tabulka 3: Zatížení na vaznice ZS6

ZS7: Snih 3



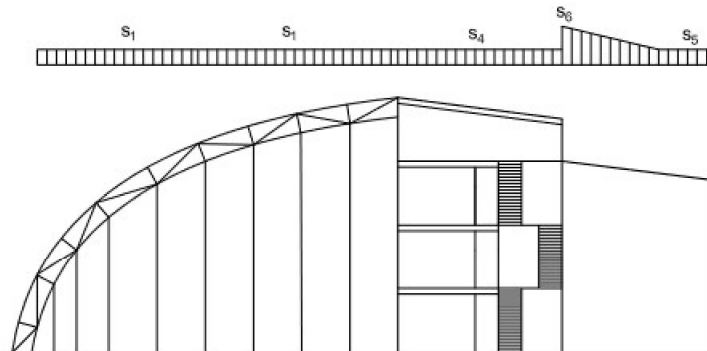
Obrázek 6: Zatížení sněhem ZS7

Zatížení na vaznice ZS7:

Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka[m]	Zatížení [kN/m]	Číslování vaznice[-]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení [kN/m]
1	0,801	0,000	12	1,714	1,36
2	2,093	0,000	13	1,714	1,36
3	2,455	0,094	14	1,714	1,36
4	2,453	1,020	15	1,714	1,36
5	2,902	3,478	16	0,857	0,68
6	3,060	3,318	17	1,008	0,8
7	2,816	0,568	18	2,016	1,6
8	2,694	1,272	19	2,016	1,6
9	2,626	2,245	20	2,016	1,6
10	2,641	1,340	21	1,008	0,8
11	2,191	0,850			

Tabulka 4: Zatížení na vaznice ZS7

ZS8: Sníh 4



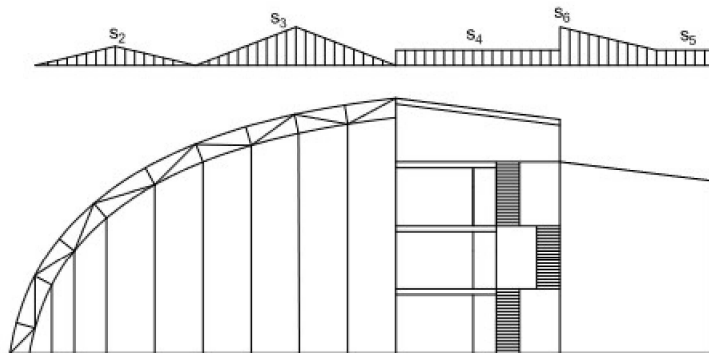
Obrázek 7: Zatížení sněhem ZS8

Zatížení na vaznice ZS8:

Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka[m]	Zatížení [kN/m]	Číslování vaznice[-]	Zatěžovací šířka [m/m]	Zatížení [kN/m]
1	0,801	0	12	1,714	1,360
2	2,093	0	13	1,714	1,360
3	2,455	0,501	14	1,714	1,360
4	2,453	1,222	15	1,714	1,360
5	2,902	1,785	16	0,857	0,680
6	3,060	2,097	17	1,008	1,880
7	2,816	2,082	18	2,016	3,040
8	2,694	2,058	19	2,016	2,080
9	2,626	2,050	20	2,016	1,600
10	2,641	2,103	21	1,008	0,800
11	2,191	1,743			

Tabulka 5: Zatížení na vaznice ZS8

ZS9: Snih 5



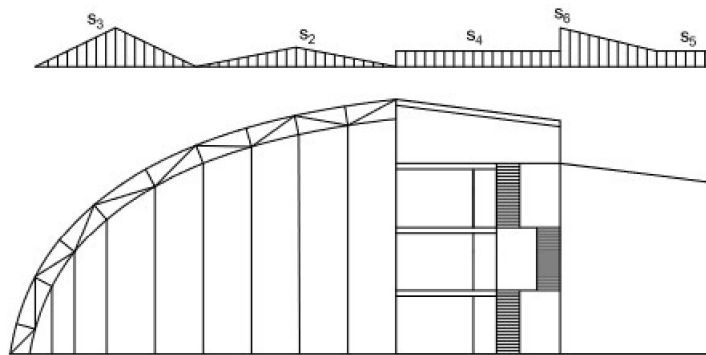
Obrázek 8: Zatížení sněhem ZS9

Zatížení na vaznice ZS9:

Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka[m]	Zatížení [kN/m]	Číslování vaznice[-]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení [kN/m]
1	0,801	0,000	12	1,714	1,360
2	2,093	0,000	13	1,714	1,360
3	2,455	0,047	14	1,714	1,360
4	2,453	0,510	15	1,714	1,360
5	2,902	1,739	16	0,857	0,680
6	3,060	1,659	17	1,008	1,880
7	2,816	0,526	18	2,016	3,040
8	2,694	2,544	19	2,016	2,080
9	2,626	4,490	20	2,016	1,600
10	2,641	2,680	21	1,008	0,800
11	2,191	1,020			

Tabulka 6: Zatížení na vaznice ZS9

ZS10: Sníh 6



Obrázek 9: Zatížení sněhem ZS10

Zatížení na vaznice ZS10:

Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení [kN/m]	Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení [kN/m]
1	0,801	0,000	12	1,714	1,360
2	2,093	0,000	13	1,714	1,360
3	2,455	0,094	14	1,714	1,360
4	2,453	1,020	15	1,714	1,360
5	2,902	3,478	16	0,857	0,680
6	3,060	3,318	17	1,008	1,880
7	2,816	0,579	18	2,016	3,040
8	2,694	1,272	19	2,016	2,080
9	2,626	2,245	20	2,016	1,600
10	2,641	1,340	21	1,008	0,800
11	2,191	0,850			

Tabulka 7: Zatížení na vaznice ZS10

2.4 Zatížení větrem:

ZS11: Příčný vítr zleva

Město Brno se nachází ve II. větrné oblasti. Místo určené pro stavbu haly bylo přiřazeno do kategorie terénu IV.

Základní rychlost větru	$v_{b,0} = 25\text{m/s}$
Součinitel směru větru	$c_{dir} = 1,0$
Součinitel ročního období	$c_{season} = 1,0$
Kategorie terénu IV	$z_0 = 1,0$
	$Z_{min} = 10,0$
Výška konstrukce nad zemí	$z = 13,2\text{m}$
Maximální výška nad zemí	$z_{max} = 301,2\text{m}$
Součinitel ortografie	$C_{o(z)} = 1,0\text{m}$

Základní rychlost větru ve výšce 13,2m nad zemí:

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

Součinitel terénu:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{1,0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,234$$

Součinitel drsnosti terénu:

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,234 \cdot \ln\left(\frac{13,2}{1,0}\right) = 0,603$$

Střední rychlost větru:

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} \cdot c_{o(z)} \cdot v_b = 0,603 \cdot 1,0 \cdot 25 = 15,08\text{m/s}$$

Součinitel turbulence větru:

$$I_{v(z)} = \frac{k_1}{c_{o(z)} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{13,2}{1,0}\right)} = 0,388$$

Maximální dynamický tlak větru:

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z)}] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m(z)}^2 = [1 + 7 \cdot 0,388] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 15,08^2 \\ = 0,528\text{kN/m}^2$$

1) Válcová střecha výstavního prostoru

Svislá vzdálenost konce sloupu a vrcholu oblouku

$f=13,2\text{m}$

Šířka budovy

$d=40\text{m}$

$f/d=0,33$

Oblast A: $C_{pe10,A}=0,5$

Oblast B: $C_{pe10,B}=-1,05$

$$w_{e,A,1} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,B} = 0,528 \cdot 0,5 = 0,264\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,B,2} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,C} = 0,528 \cdot -1,05 = -0,554\text{kN/m}^2$$

2) Pultová střecha nad kanceláři

Oblast F: $C_{pe10,F}=-2,3$

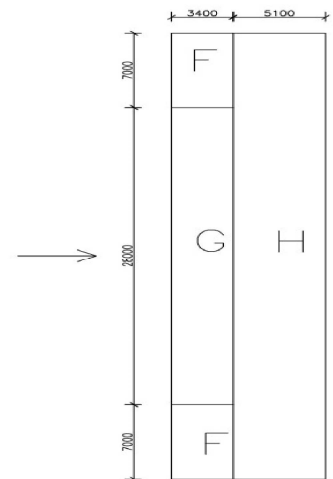
Oblast G: $C_{pe10,G}=-1,3$

Oblast H: $C_{pe10,H}=-0,8$

$$w_{e,F,3} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -2,3 = -1,214\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,G,4} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,G} = 0,528 \cdot -1,3 = -0,686\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,H,5} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,H} = 0,528 \cdot -0,8 = -0,422\text{kN/m}^2$$



3) Pultová střecha nad dílnou

Oblast F: $C_{pe10,F}=-2,3$

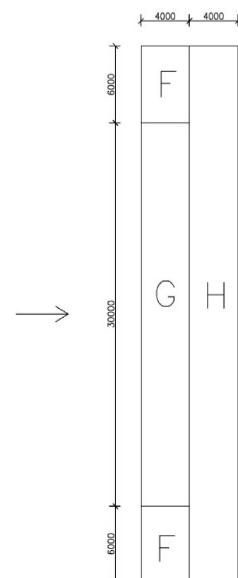
Oblast G: $C_{pe10,G}=-1,3$

Oblast H: $C_{pe10,H}=-0,8$

$$w_{e,F,6} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -2,3 = -1,214\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,G,7} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,G} = 0,528 \cdot -1,3 = -0,686\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,H,8} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,H} = 0,528 \cdot -0,8 = -0,422\text{kN/m}^2$$



Zatížení na vaznice:		0→7m	7→35m	35→42m
Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka[m]	Zatížení [kN/m]	Zatížení [kN/m]	Zatížení [kN/m]
1	0,801	-0,465	-0,338	-0,211
2	2,093	-1,215	-0,884	-0,552
3	2,455	-1,426	-1,037	-0,648
4	2,453	-1,425	-1,127	-0,648
5	2,902	-1,685	-1,333	-0,766
6	3,060	-1,745	-1,293	-0,808
7	2,816	-1,925	-1,011	-0,743
8	2,694	-1,849	-0,853	-0,711
9	2,626	-1,802	-0,901	-0,693
10	2,641	-1,812	-0,948	-0,697
11	2,191	-1,503	-0,810	-0,578
12	1,714	-1,176	-0,634	-0,452
13	1,714	-1,176	-0,634	-0,452
14	1,714	-1,448	-0,634	-0,452
15	1,714	-1,448	-0,634	-0,452
16	0,857	-0,724	-0,317	-0,226
17	1,008	-0,852	-0,373	-0,266
18	2,016	-1,543	-0,746	-0,532
19	2,016	-1,383	-0,746	-0,532
20	2,016	-1,543	-0,746	-0,532
21	1,008	-0,691	-0,373	-0,266

Tabulka 8: Zatížení na vaznice ZS11

4) Zatížení na svíslé stěny

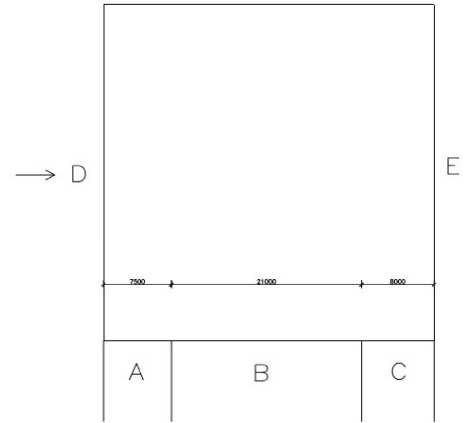
Oblast A: $C_{pe10,A} = -1,2$

Oblast B: $C_{pe10,B} = -0,8$

Oblast C: $C_{pe10,C} = -0,5$

Oblast D: $C_{pe10,D} = +0,8$

Oblast E: $C_{pe10,E} = -1,3$



$$w_{e,A,9} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -1,2 = -0,634 \text{ kN/m}^2$$

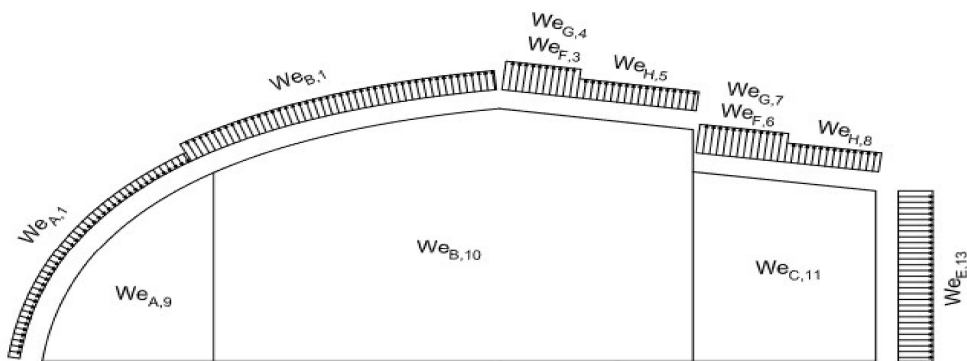
$$w_{e,B,10} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -0,8 = -0,422 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,C,11} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -0,5 = -0,264 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,D,12} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot +0,8 = 0,422 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,E,13} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -1,3 = -0,686 \text{ kN/m}^2$$

Celkové zatížení větrem zleva



Obrázek 10: Celkové zatížení ZS11

ZS12: Příčný vítr zprava

1) Válcová střecha výstavního prostoru

Svislá vzdálenost konce sloupu a vrcholu oblouku

$f=13,2\text{m}$

Šířka budovy

$d=40\text{m}$

$f/d=0,33$

Oblast B: $C_{pe10,B} = -1,1$

Oblast C: $C_{pe10,C} = -0,4$

$$w_{e,B,1} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,B} = 0,528 \cdot -1,1 = -0,581\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,C,2} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,C} = 0,528 \cdot -0,4 = -0,211\text{kN/m}^2$$

2) Pultová střecha nad kanceláři

Oblast F: $C_{pe10,F} = -1,7$

Oblast G: $C_{pe10,G} = -1,2$

Oblast H: $C_{pe10,H} = -0,6$

$$w_{e,F,3} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -1,7 = -0,898\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,G,4} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,G} = 0,528 \cdot -1,2 = -0,634\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,H,5} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,H} = 0,528 \cdot -0,6 = -0,317\text{kN/m}^2$$

3) Pultová střecha nad dílnou

Oblast F: $C_{pe10,F} = -1,7$

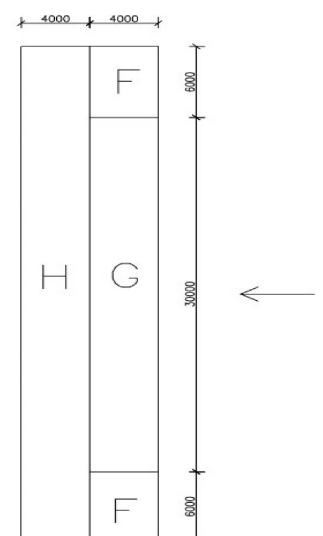
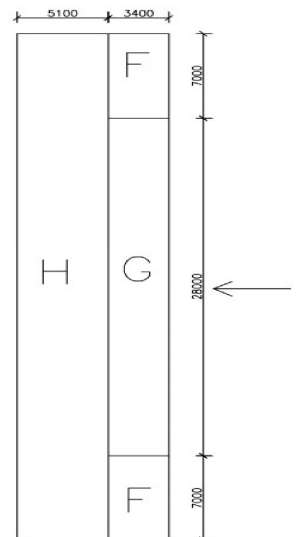
Oblast G: $C_{pe10,G} = -1,2$

Oblast H: $C_{pe10,H} = -0,6$

$$w_{e,F,6} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -1,7 = -0,898\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,G,7} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,G} = 0,528 \cdot -1,2 = -0,634\text{kN/m}^2$$

$$w_{e,H,8} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,H} = 0,528 \cdot -0,6 = -0,317\text{kN/m}^2$$



Zatížení na vaznice:		0→7m	7→35m	35→42m
Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka[m]	Zatížení [kN/m]	Zatížení [kN/m]	Zatížení [kN/m]
1	0,801	-0,211	-0,211	-0,211
2	2,093	-0,552	-0,552	-0,552
3	2,455	-0,648	-0,648	-0,648
4	2,453	-0,648	-0,648	-0,648
5	2,902	-0,766	-0,766	-0,766
6	3,060	-1,252	-1,252	-1,252
7	2,816	-1,560	-1,560	-1,560
8	2,694	-1,492	-1,492	-1,492
9	2,626	-1,455	-1,455	-1,455
10	2,641	-1,463	-1,463	-1,463
11	2,191	-1,214	-1,214	-1,214
12	1,714	-1,539	-1,087	-1,539
13	1,714	-1,041	-0,815	-1,041
14	1,714	-0,543	-0,543	-0,543
15	1,714	-0,543	-0,543	-0,543
16	0,857	-0,272	-0,272	-0,272
17	1,008	-0,905	-0,639	-0,905
18	2,016	-1,810	-1,278	-1,810
19	2,016	-1,225	-0,959	-1,225
20	2,016	-0,639	-0,851	-0,639
21	1,008	-0,320	-0,425	-0,320

Tabulka 9: Zatížení na vaznice ZS12

4) Zatížení na svislé stěny

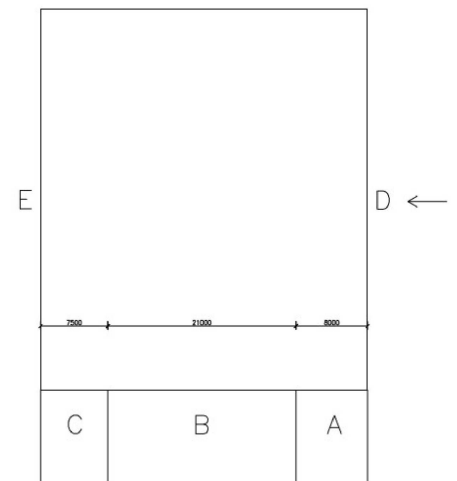
Oblast A: $C_{pe10,A} = -1,2$

Oblast B: $C_{pe10,B} = -0,8$

Oblast C: $C_{pe10,C} = -0,5$

Oblast D: $C_{pe10,D} = +0,8$

Oblast E: $C_{pe10,E} = -1,3$



$$w_{e,A,9} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -1,2 = -0,634 \text{ kN/m}^2$$

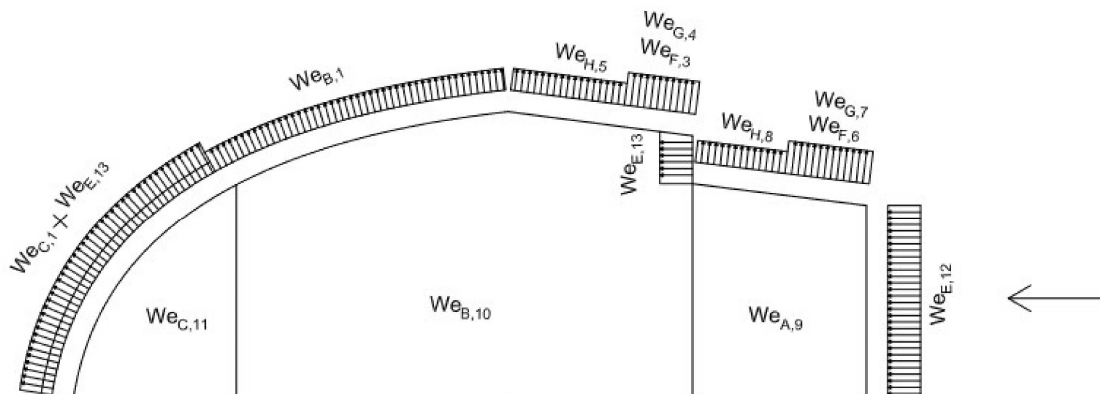
$$w_{e,B,10} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -0,8 = -0,422 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,C,11} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -0,5 = -0,264 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e,D,12} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot +0,8 = 0,422 \text{ kN/m}^2$$

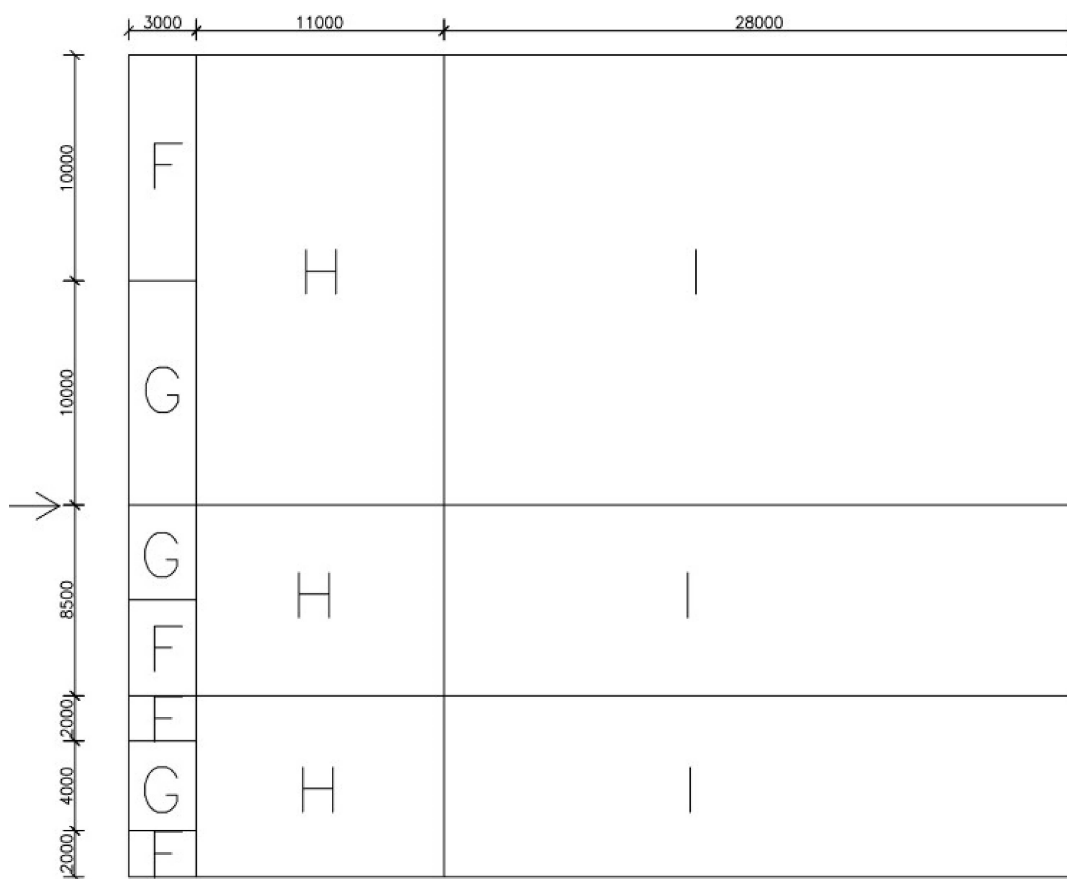
$$w_{e,E,13} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -1,3 = -0,686 \text{ kN/m}^2$$

Celkové zatížení větrem zprava



Obrázek 11: Celkové zatížení ZS12

ZS13: Vítr podélný 1



Obrázek 12: Schéma působení ZS13 na konstrukci

1) Válcová střecha výstavního prostoru

vaznice	$C_{pe,10,F}$	$C_{pe,10,G}$	$C_{pe,10,H}$	$C_{pe,10,I}$
1	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
2	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
3	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
4	-1,1	-1,34	-0,87	-0,5
5	-1,1	-1,4	-0,87	-0,5
6	-1,08	-1,4	-0,8	-0,5
7	-1,25	-1,34	-0,68	-0,5
8	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
9	-1,4	-1,3	-0,65	-0,5
10	-1,5	-1,3	-0,68	-0,5
11	-1,6	-1,3	-0,7	0,5

Tabulka 10: Součinitele ZS13 na výstavní prostor

Vaznice	$W_{e1,F}$ [kN/m ²]	$W_{e2,G}$ [kN/m ²]	$W_{e3,H}$ [kN/m ²]	$W_{e4,I}$ [kN/m ²]
1	-0,581	-0,634	-0,422	-0,264
2	-0,581	-0,634	-0,422	-0,264
3	-0,581	-0,634	-0,422	-0,264
4	-0,581	-0,708	-0,459	-0,264
5	-0,581	-0,739	-0,459	-0,264
6	-0,570	-0,739	-0,422	-0,264
7	-0,660	-0,708	-0,359	-0,264
8	-0,686	-0,686	-0,317	-0,264
9	-0,739	-0,686	-0,343	-0,264
10	-0,792	-0,686	-0,359	-0,264
11	-0,845	-0,686	-0,370	-0,264

Tabulka 11: Zatížení ZS13 na výstavní prostor

2) Střecha nad kanceláři

Oblast F: $C_{pe10,F} = -1,6$

Oblast G: $C_{pe10,G} = -1,3$

Oblast H: $C_{pe10,H} = -0,7$

Oblast I: $C_{pe10,H} = -0,5$

$$w_{e,F,5} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -1,6 = -0,845 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,G,6} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,G} = 0,528 \cdot -1,3 = -0,686 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,H,7} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,H} = 0,528 \cdot -0,7 = -0,370 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,I,8} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,I} = 0,528 \cdot -0,5 = -0,264 \text{ kN/m}^2$$

3) Střecha nad dílnou

Oblast F: $C_{pe10,F} = -1,6$

Oblast G: $C_{pe10,G} = -1,3$

Oblast H: $C_{pe10,H} = -0,7$

Oblast I: $C_{pe10,H} = -0,5$

$$w_{e,F,5} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -1,6 = -0,845 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,G,6} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,G} = 0,528 \cdot -1,3 = -0,686 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,H,7} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,H} = 0,528 \cdot -0,7 = -0,370 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,I,8} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,I} = 0,528 \cdot -0,5 = -0,264 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení na vaznice:		0→3m	7→14m	14→42m
Číslování vaznice [-]	Zatěžovací šířka[m]	Zatížení [kN/m]	Zatížení [kN/m]	Zatížení [kN/m]
1	0,801	-0,211	-0,211	-0,211
2	2,093	-0,552	-0,552	-0,552
3	2,455	-0,648	-0,648	-0,648
4	2,453	-0,648	-0,648	-0,648
5	2,902	-0,766	-0,766	-0,766
6	3,060	-1,252	-1,252	-1,252
7	2,816	-1,560	-1,560	-1,560
8	2,694	-1,492	-1,492	-1,492
9	2,626	-1,455	-1,455	-1,455
10	2,641	-1,463	-1,463	-1,463
11	2,191	-1,214	-1,214	-1,214
12	1,714	-1,539	-1,087	-1,539
13	1,714	-1,041	-0,815	-1,041
14	1,714	-0,543	-0,543	-0,543
15	1,714	-0,543	-0,543	-0,543
16	0,857	-0,272	-0,272	-0,272
17	1,008	-0,905	-0,639	-0,905
18	2,016	-1,810	-1,278	-1,810
19	2,016	-1,225	-0,959	-1,225
20	2,016	-0,639	-0,851	-0,639
21	1,008	-0,320	-0,425	-0,320

Tabulka 12: Zatížení na vaznice ZS13

4) Zatížení na svislé stěny

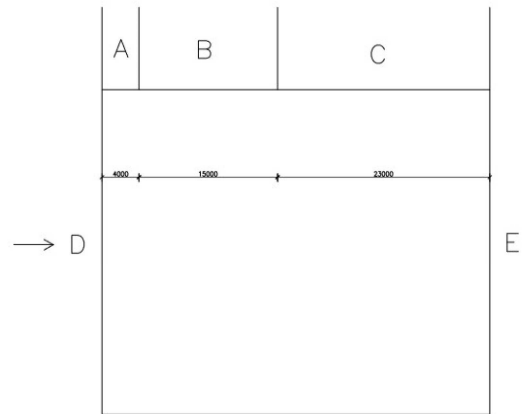
Oblast A: $C_{pe10,A} = -1,2$

Oblast B: $C_{pe10,B} = -0,8$

Oblast C: $C_{pe10,C} = -0,5$

Oblast D: $C_{pe10,D} = +0,8$

Oblast E: $C_{pe10,E} = -1,3$



$$w_{e,A,9} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -1,2 = -0,634 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B,10} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -0,8 = -0,422 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,C,11} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -0,5 = -0,264 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,D,12} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot +0,8 = 0,422 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,E,13} = q_{p(z)} \cdot C_{pe10,F} = 0,528 \cdot -1,3 = -0,686 \text{ kN/m}^2$$

ZS14: Vítr podélný 2

Stejný jako vítr podélný 1, akorát působí z druhé strany.

Přehled zatěžovacích stavů

ZS1: Vlastní tíha

ZS2: Užité zatížení plášť budovy

ZS3: Užité zatížení střecha

ZS4: Užité zatížení spřažené stropy

ZS5: Sníh 1

ZS6: Sníh 2

ZS7: Sníh 3

ZS8: Sníh 4

ZS9: Sníh 5

ZS10: Sníh 6

ZS11: Vítr příčný zleva

ZS12: Vítr příčný zprava

ZS13: Vítr podélný 1

ZS14: Vítr podélný 2

Kombinace:

Kombinace jsou uvedeny v příloze

3. Posouzení konstrukčních prvků

3.1 Vaznice

Průřez:

$$A=2,67 \times 10^{-3}$$

$$A_y=1,3281 \times 10^{-3}$$

$$A_z=1,3281 \times 10^{-3}$$

$$I_y=8,07 \times 10^{-6}$$

$$I_z=8,07 \times 10^{-6}$$

$$W_{pl,y}=1,338 \times 10^{-4}$$

$$W_{pl,z}=1,338 \times 10^{-4}$$

Materiálové charakteristiky:

Ocel S355

$$f_y=355 \text{ Mpa}$$

$$E=210 \text{ Gpa}$$

Klasifikace průřezu:

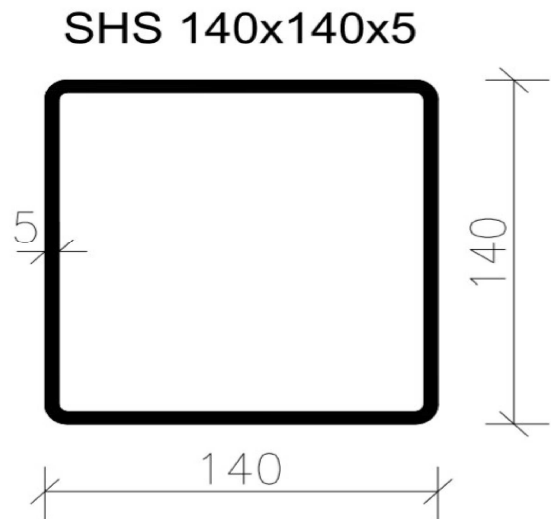
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Stěna:

$$c=120 \text{ mm}$$

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

$$\frac{c}{t} = \frac{125}{5} = 25 \leq 33\varepsilon = 25 \leq 26,86 \dots \text{třída průřezu 1}$$



Obrázek 13: Profil vaznice

Kritický průřez je prvek B944, tedy vaznice 5 mezi vazníky C a D, kombinace 12

Posouzení na vzpěr:

$$N_{c,ed} = -7,22 \text{ kN}$$

$$L_{cr,y,z} = 6 \text{ m}$$

$$N_{cr,y,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,z}}{L_{cr,y,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 8,07 \cdot 10^{-6}}{6^2} = 464,61 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y,z}}} = \sqrt{\frac{2,67 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{464,61 \cdot 10^3}} = 1,43$$

křivka a $\rightarrow \alpha = 0,21$

$$\phi_{y,z} = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (1,43 - 0,2) + 1,43^2) = 1,65$$

$$\chi_{y,z} = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,65 + \sqrt{1,65^2 - 1,43^2}} = 0,4$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{y,z} \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,4 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 2,67 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 379,14 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{7,22}{379,14} = 0,02 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na ohyb:

$$M_{y,Ed} = 29,89 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -19,97 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{pl,y,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,338 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 47,5 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{29,89}{47,5} = 0,63 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{-19,97}{47,5} = 0,42 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na smyk:

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 0 \text{ kN}$$

Posouzení na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$N_{c,Ed} = 7,22 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 29,89 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -19,97 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2,67 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 947,85 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = M_{y,Rk} = W_{Pl,y,z} \cdot f_y = 1,338 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 47,5 \text{ kNm}$$

$$c_{m,y} = 0,9$$

$$c_{m,y} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{y,Rk} / \gamma_{M1}}\right) \leq c_{m,y} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{y,Rk} / \gamma_{M1}}\right)$$

$$0,9 \cdot \left(1 + (1,42 - 0,2) \cdot \frac{7,22}{947,85 \cdot 0,4 / 1,0}\right) \leq 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{7,22}{947,85 \cdot 0,4 / 1,0}\right)$$

$$0,92 \leq 0,91 \dots k_{yy} = 0,91$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,91 = 0,55$$

$$M_{s,z} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{h,z} = -19,97 \text{ kNm}$$

$$\varphi = 1$$

$$\alpha_{s,z} = \frac{M_s}{M_h} = \frac{0}{-19,47} = 0 \dots \alpha_{s,z} = 0$$

$$c_{m,z} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95 + 0 = 0,95$$

$$c_{m,z} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) \leq c_{m,z} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right)$$

$$0,95 \cdot \left(1 + (1,42 - 0,2) \cdot \frac{7,22}{947,85 \cdot 0,4 / 1,0}\right) \leq 0,95 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{7,22}{947,85 \cdot 0,4 / 1,0}\right)$$

$$0,97 \leq 0,96 \dots k_{zz} = 0,96$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,96 = 0,58$$

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

$$\frac{7,22}{0,4 \cdot 947,85 / 1,0} + 0,91 \cdot \frac{29,89}{1,0 \cdot 47,5 / 1,0} + 0,58 \cdot \frac{19,97}{47,5 / 1,0} \leq 1$$

0,84 ≤ 1 ... vyhovuje

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

$$\frac{7,22}{0,4 \cdot 947,89 / 1,0} + 0,55 \cdot \frac{29,89}{1,0 \cdot 47,5 / 1,0} + 0,96 \cdot \frac{19,97}{47,5 / 1,0} = 0,78$$

0,77 ≤ 1 ... vyhovuje

Posouzení pro MS II

Relativní deformace

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
 Výběr : Vše
 Třída : MS II
 Průřez : Vaznice - SHS140/140/5.0

Dílec	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
B576	3,000	Kombinace 10/ MS II/1	-18,8	1/320	3,1	1/1934
B921	3,000	Kombinace 6/ MS II/2	30,4	1/197	-37,7	1/159
B921	3,000	Kombinace 2/ MS II/3	30,4	1/197	-37,7	1/159
B925	3,000	Kombinace 5/ MS II/4	11,9	1/504	-56,2	1/107
B735	3,000	Kombinace 7/ MS II/5	-0,5	1/10000	20,1	1/298

Limit pro vaznice je L/200, zde je v tabulce nejhorší možnost L/107, nicméně program bere délku vaznice 6m místo 12 (spojitá vaznice přes 2 pole). Tedy po vynásobení 2x dostaneme:

$$\frac{L}{200} \leq \frac{L}{214} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.2 Horní pás

Průřez:

$$A=3,47 \times 10^{-3}$$

$$A_y=1,7281 \times 10^{-3}$$

$$A_z=1,7281 \times 10^{-3}$$

$$I_y=1,765 \times 10^{-5}$$

$$I_z=1,765 \times 10^{-5}$$

$$W_{el,y}=1,96 \times 10^{-4}$$

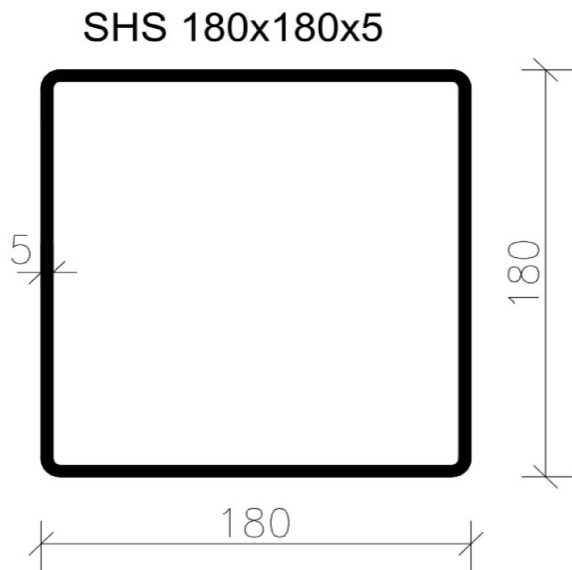
$$W_{el,z}=1,96 \times 10^{-4}$$

Materiálové charakteristiky:

Ocel S355

$f_y=355\text{Mpa}$

$E=210\text{Gpa}$



Obrázek 14: Profil Horního pásu

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Stěna:

$$c=164\text{mm}$$

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

$$\frac{c}{t} = \frac{164}{5} = 32,8 \leq 42\varepsilon = 32,8 \leq 34,19 \dots \text{třída průřezu 3}$$

Kritický průřez B162, tedy horní pás na vazníku D, v délce 10,574/25,901, kombinace 12.

Posouzení na vzpěr:

$$N_{c,ed} = -304,67\text{kN}$$

$$L_{cr,y,z} = 3,229\text{m}$$

$$N_{cr,y,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1,765 \cdot 10^{-5}}{3,229^2} = 3508,55\text{kN}$$

$$\bar{\lambda}_{y,z} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y,z}}} = \sqrt{\frac{3,47 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{3508,55 \cdot 10^3}} = 0,59$$

křivka $\alpha \rightarrow \alpha = 0,21$

$$\phi_{y,z} = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (0,59 - 0,2) + 0,59^2) = 0,72$$

$$\chi_{y,z} = \frac{1}{\phi_{y,z} + \sqrt{\phi_{y,z}^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,72 + \sqrt{0,72^2 - 0,59^2}} = 0,88$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{y,z} \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,88 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 3,47 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 1084,03\text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{304,67}{1084,03} = 0,28 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na ohyb:

$$M_{y,Ed} = 16,59\text{kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -0,23\text{kNm}$$

$$M_{c,Rd,y,z} = \frac{W_{el,y,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,96 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 69,58\text{kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y,z}} = \frac{16,59}{69,58} = 0,24 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$\max N_{c,Ed} = -304,67 \text{ kN}$$

$$\text{odp. } M_{y,Ed} = 16,59 \text{ kNm}$$

$$\text{odp. } M_{z,Ed} = -0,23 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 3,47 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1231,85 \text{ kN}$$

$$M_{y,z,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 1,96 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 69,58 \text{ kNm}$$

$$c_{m,y} = 0,9$$

$$c_{m,y} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{y,Rk} / \gamma_{M1}}\right) \leq c_{m,y} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{y,Rk} / \gamma_{M1}}\right)$$

$$0,9 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot 0,59 \cdot \frac{304,67}{1231,85 \cdot 0,88 / 1,0}\right) \leq 0,9 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{304,67}{1231,85 \cdot 0,88 / 1,0}\right)$$

$$0,99 \leq 1,05 \dots k_{yy} = 0,99$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,99 = 0,76$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}}$$

$$\frac{304,67}{0,88 \cdot 1231,85 / 1,0} + 0,99 \cdot \frac{16,59}{1,0 \cdot 69,58 / 1,0} \leq 1$$

0,52 ≤ 1 ... vyhovuje

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{z,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}}$$

$$\frac{304,67}{0,88 \cdot 1231,85 / 1,0} + 0,76 \cdot \frac{16,59}{1,0 \cdot 69,58 / 1,0} \leq 1$$

0,47 ≤ 1 ... vyhovuje

3.3 Dolní pás

Průřez:

$$A=3,47 \times 10^{-3}$$

$$A_y=1,7281 \times 10^{-3}$$

$$A_z=1,7281 \times 10^{-3}$$

$$I_y=1,765 \times 10^{-5}$$

$$I_z=1,765 \times 10^{-5}$$

$$W_{el,y}=1,96 \times 10^{-4}$$

$$W_{el,z}=1,96 \times 10^{-4}$$

Materiálové charakteristiky:

Ocel S355

$$f_y=355 \text{ Mpa}$$

$$E=210 \text{ Gpa}$$

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Stojina:

$$b=164 \text{ mm}$$

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

$$\frac{b}{t} = \frac{164}{5} = 32,8 \leq 42\varepsilon = 32,8 \leq 34,19 \dots \text{třída průřezu 3}$$

Kritický průřez B305, tedy dolní pás na vazníku G, v délce 1,142.

Posouzení na vzpěr:

$$N_{c,ed}=-180,89 \text{ kN}$$

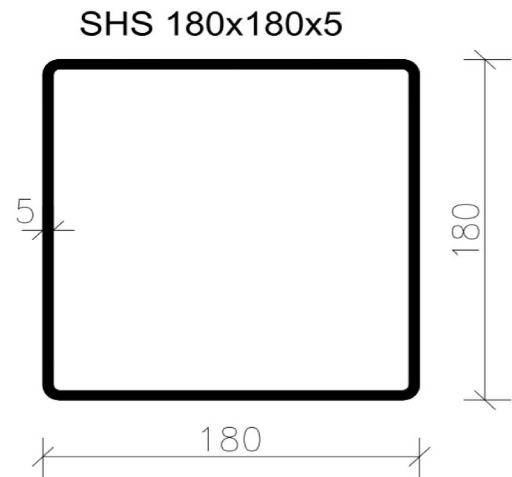
$$L_{cr,y}=2,378 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1,765 \cdot 10^{-5}}{2,378^2} = 6469,04 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3,47 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{6469,04 \cdot 10^3}} = 0,44$$

křivka a $\rightarrow a=0,21$

$$\phi_y = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (0,44 - 0,2) + 0,44^2) = 0,62$$



Obrázek 15: Profil dolního pásu

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,62 + \sqrt{0,62^2 - 0,44^2}} = 0,95$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,95 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 3,47 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 1170,56 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{180,89}{1170,56} = 0,15 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

$$L_{cr,z} = 12,104 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1,765 \cdot 10^{-5}}{12,104^2} = 249,69 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3,47 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{249,69 \cdot 10^3}} = 2,22$$

křivka a $\rightarrow a = 0,21$

$$\phi_z = 0,5 \cdot (1 + a \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (2,22 - 0,2) + 2,22^2) = 3,18$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{3,18 + \sqrt{3,18^2 - 2,22^2}} = 0,18$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,18 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 3,47 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 221,73 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{180,89}{221,73} = 0,82 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na ohyb:

$$M_{y,Ed} = 7,04 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -0,74 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,y,z} = \frac{W_{el,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,96 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 69,58 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{7,04}{69,58} = 0,1 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$N_{c,Ed} = 180,89 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 7,04 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -0,74 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 3,47 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1231,85 \text{ kN}$$

$$M_{y,z,Rk} = W_{el,y} \cdot f_y = 1,96 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 69,58 \text{ kNm}$$

$$c_{m,y} = 0,9$$

$$c_{m,y} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right) \leq c_{m,y} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$$0,9 \cdot \left(1 + (0,44 - 0,2) \cdot \frac{180,89}{1231,85 \cdot 0,95/1,0}\right) \leq 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{180,89}{1231,85 \cdot 0,18/1,0}\right)$$

$$0,93 \leq 1,48 \dots k_{yy} = 0,93$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,94 = 0,75$$

$$M_{s,z} = 0,15 \text{ kNm},$$

$$M_{h,z} = 0,76 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,z} = \frac{M_s}{M_h} = \frac{0,15}{0,76} = 0,2$$

$$c_{m,z} = 0,6 + 0,4 \cdot \alpha_s = 0,6 + 0,4 \cdot 0,2 = 0,68$$

$$c_{m,z} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) \leq c_{m,z} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{R,k}/\gamma_{M1}}\right)$$

$$0,68 \cdot \left(1 + 2,22 \cdot 0,6 \cdot \frac{180,89}{1231,85 \cdot 0,18/1,0}\right)$$

$$\leq 0,68 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{180,89}{1231,85 \cdot 0,18/1,0}\right)$$

$$1,41 \leq 1,01 \dots k_{zz} = 1,01$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1,01$$

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

$$\frac{180,89}{0,95 \cdot 1231,85/1,0} + 0,93 \cdot \frac{7,04}{1,0 \cdot 69,58/1,0} + 1,01 \cdot \frac{0,76}{69,58/1,0} \leq 1$$

0,26 ≤ 1 ... vyhovuje

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

$$\frac{180,89}{0,18 \cdot 1231,85/1,0} + 0,75 \cdot \frac{7,04}{1,0 \cdot 77,39/1,0} + 1,01 \cdot \frac{0,76}{77,39/1,0} = 0,89$$

0,89 ≤ 1 ... vyhovuje

3.4 Diagonála

Průřez:

$$A=2,636 \times 10^{-3}$$

$$A_y=9,4087 \times 10^{-4}$$

$$A_z=1,6936 \times 10^{-4}$$

$$I_y=1,1242 \times 10^{-5}$$

$$I_z=4,5177 \times 10^{-6}$$

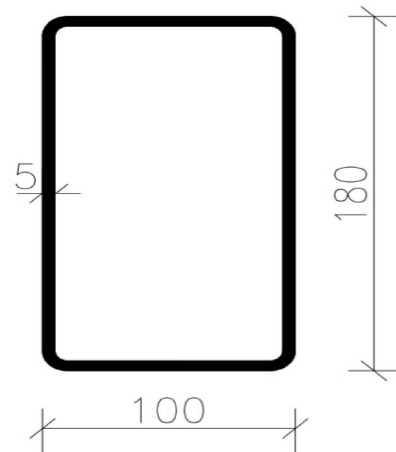
$$W_{el,y}=1,2491 \times 10^{-4}$$

$$W_{el,z}=9,035 \times 10^{-5}$$

$$W_{pl,y}=1,5402 \times 10^{-4}$$

$$W_{pl,z}=1,5402 \times 10^{-4}$$

RHS 180x100x5



Obrázek 16: Profil diagonály

Materiálové charakteristiky:

Ocel S355

$f_y=355 \text{ Mpa}$

$E=210 \text{ Gpa}$

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Stěna 1:

$b=62 \text{ mm}$

$t=5 \text{ mm}$

$$\frac{b}{t} = \frac{62}{5} = 12,4 \leq 32\varepsilon = 26,2 \leq 26,86 \dots \text{třída průřezu 1}$$

Stěna 2:

$b=160 \text{ mm}$

$t=5 \text{ mm}$

$$\frac{b}{t} = \frac{160}{5} = 32 \leq 42\varepsilon = 34,19 \leq 34,19 \dots \text{třída průřezu 3}$$

Kritický průřez B254, tedy diagonála na vazníku E, 2. diagonála zprava, kombinace 5.

Posouzení na vzpěr:

$$N_{c,ed} = -224,13 \text{ kN}$$

$$L_{cr,y} = 2,761 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1,1242 \cdot 10^{-5}}{2,761^2} = 3056,54 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2,636 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{3056,54 \cdot 10^3}} = 0,55$$

křivka $a \rightarrow 0,21$

$$\phi_y = 0,5 \cdot (1 + c \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (0,55 - 0,2) + 0,55^2) = 0,69$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,69 + \sqrt{0,69^2 - 0,55^2}} = 0,9$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,9 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 2,636 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 842,202 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{224,13}{842,2} = 0,27 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

$$N_{c,ed} = -224,13 \text{ kN}$$

$$L_{cr,y} = 2,761 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 4,517 \cdot 10^{-6}}{2,761^2} = 1228,11 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,636 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1228,11 \cdot 10^3}} = 0,87$$

křivka $a \rightarrow 0,21$

$$\phi_z = 0,5 \cdot (1 + a \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (0,87 - 0,2) + 0,87^2) = 0,95$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,95 + \sqrt{0,95^2 - 0,87^2}} = 0,75$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,75 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 2,636 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 701,84 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{224,13}{310,68} = 0,32 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na tah:

Kritický průřez B255, tedy diagonála na vazníku E, 1. diagonála zprava.

$$\max N_{t,ed}=281,14\text{kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,636 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 935,78\text{kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{281,14}{935,78} = 0,3 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

3.5 Svislice

Průřez:

$$A=2,636 \times 10^{-3}$$

$$A_y=9,4087 \times 10^{-4}$$

$$A_z=1,6936 \times 10^{-4}$$

$$I_y=1,1242 \times 10^{-5}$$

$$I_z=4,5177 \times 10^{-6}$$

$$W_{pl,y}=1,5402 \times 10^{-4}$$

$$W_{pl,z}=1,0259 \times 10^{-4}$$

$$W_{el,y}=1,2491 \times 10^{-4}$$

$$W_{el,z}=9,035 \times 10^{-5}$$

Materiálové charakteristiky:

Ocel S355

$$f_y=355\text{Mpa}$$

$$E=210\text{Gpa}$$

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Třída průřezu:

$$c_1=80\text{mm}$$

$$t_1=5\text{mm}$$

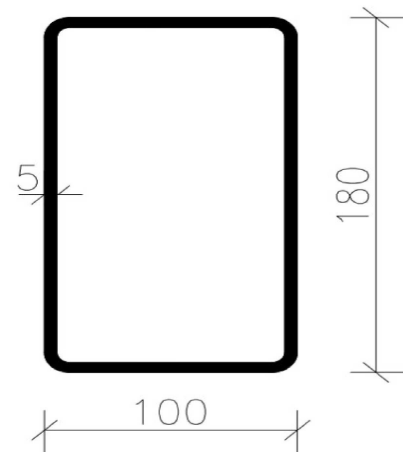
$$\frac{c_1}{t_1} = \frac{80}{5} = 16 \leq 33\varepsilon = 16 \leq 26,86 \dots \text{třída průřezu 1}$$

$$c_2=160\text{mm}$$

$$t_2=5\text{mm}$$

$$\frac{c_2}{t_2} = \frac{160}{5} = 32 \leq 42\varepsilon = 32 \leq 34,19 \dots \text{třída průřezu 3}$$

RHS 180x100x5



Kritický průřez B33, tedy svislice na vazníku A, 4 svislice zleva, kombinace 12.

Posouzení na vzpěr:

$$N_{c,ed} = -51,74 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1,1242 \cdot 10^{-5}}{1^2} = 23300 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2,636 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{23300 \cdot 10^3}} = 0,2$$

křivka $a \rightarrow 0,21$

$$\phi_y = 0,5 \cdot (1 + c \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (0,55 - 0,2) + 0,55^2) = 0,5$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,5 + \sqrt{0,5^2 - 0,2^2}} = 1$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{1 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 2,636 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 935,78 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{51,74}{935,78} = 0,06 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

$$N_{c,ed} = -51,74 \text{ kN}$$

$$L_{cr,z} = 1 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 4,517 \cdot 10^{-6}}{1^2} = 9362,01 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,636 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{9361,01 \cdot 10^3}} = 0,32$$

křivka $a \rightarrow 0,21$

$$\phi_z = 0,5 \cdot (1 + a \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (0,32 - 0,2) + 0,87^2) = 0,56$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,56 + \sqrt{0,56^2 - 0,32^2}} = 0,98$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,98 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 2,636 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 917,06 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{51,74}{917,06} = 0,06 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení pro MS II vazník

Deformace na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : B1..B3, B6, B8, B9, B19, B21, B23, B27, B29, B31, B33, B36, B38, B54..B58, B60..B65, B68..B70, B78..B90, B102..B114, B116..B118, B126..B138, B150..B162, B164..B166, B174..B186, B198..B210, B212..B214, B222..B234, B246..B258, B260..B262, B270..B282, B294..B306, B308..B310, B318..B330, B342..B354, B356..B358, B366..B378, B390..B399, B698, B704, B706, B713..B716, B1274

Třída : MS II

Vrstva : Vazník

Dílec	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]	Výslednice [mm]
B230	0,000	Kombinace 12/ MS II/7	-39,8	1,6	19,5	0,0	-0,6	-0,8	44,3
B252	0,000	Kombinace 12/ MS II/7	36,3	-0,6	-23,3	-0,3	-1,5	-0,2	43,1
B27	2,522	Kombinace 10/ MS II/1	1,1	-64,0	-2,3	-2,9	-0,2	0,1	64,0
B370	2,522	Kombinace 9/ MS II/6	0,8	63,8	-2,1	2,9	-0,2	-0,1	63,9
B251	0,000	Kombinace 12/ MS II/7	8,1	-1,6	-43,6	-0,4	-0,3	0,3	44,3
B234	0,000	Kombinace 12/ MS II/7	-11,6	0,7	31,4	0,1	2,0	-0,2	33,5
B23	2,767	Kombinace 10/ MS II/1	0,5	-30,8	-1,9	-13,7	-0,1	-4,4	30,8
B369	0,008	Kombinace 9/ MS II/6	0,3	30,6	-1,7	13,6	-0,4	4,5	30,7
B212	1,000	Kombinace 12/ MS II/7	-8,6	0,2	0,3	-0,1	-5,1	-0,3	8,6
B209	0,128	Kombinace 12/ MS II/7	-4,8	-0,5	-9,4	-0,3	5,6	-0,2	10,5
B36	0,000	Kombinace 10/ MS II/1	-2,2	51,0	0,8	-7,9	0,0	-33,8	51,0
B377	0,000	Kombinace 9/ MS II/6	-2,1	-63,8	0,8	-0,5	0,1	45,6	63,8

Limitní průhyb vazníku:

$$\frac{L}{250} = \frac{20000}{250} = 80\text{mm} \leq 64\text{mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.6 Příčné ztužidlo

Průřez:

$$A=3,14 \times 10^{-4}$$

$$A_y=2,8194 \times 10^{-4}$$

$$A_z=2,8194 \times 10^{-4}$$

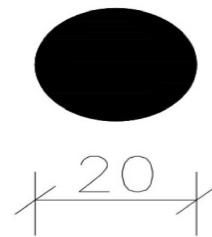
$$I_y=7,6894 \times 10^{-9}$$

$$I_z=7,6894 \times 10^{-9}$$

$$W_{pl,y}=1,3123 \times 10^{-6}$$

$$W_{pl,z}=1,3123 \times 10^{-6}$$

RD 20



Obrázek 18: Profil podélného ztužidla

Materiálové charakteristiky:

Ocel S355

$f_y=355\text{Mpa}$

$E=210\text{Gpa}$

Posouzení na tah:

$$\max N_{t,ed}=38,93 \times 2=77,86 \text{ kN (B810, kombinace)}$$

Ztužení křížem, bere se pouze tažená část, proto násobíme 2x

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,8 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 89,17 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{77,86}{89,17} = 0,87 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

3.7 Podélné ztužidlo

Průřez:

$$A=1,7662 \times 10^{-4}$$

$$A_y=1,5881 \times 10^{-4}$$

$$A_z=1,5881 \times 10^{-4}$$

$$I_y=2,433 \times 10^{-9}$$

$$I_z=2,433 \times 10^{-9}$$

$$W_{pl,y}=5,5363 \times 10^{-7}$$

$$W_{pl,z}=5,5363 \times 10^{-7}$$

RD 15



Obrázek 19: Profil podélného ztužidla

Materiálové charakteristiky:

Ocel S355

$$f_y=355 \text{ Mpa}$$

$$E=210 \text{ Gpa}$$

Posouzení na tah:

$$\max N_{t,ed}=8,99 \times 2=17,98 \text{ kN (B830, kombinace 9)}$$

Ztužení křížem, bere se pouze tažená část, proto násobíme 2x

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,8 \cdot 1,7662 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 50,16 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{17,98}{50,16} = 0,36 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

3.8 Průvlak

Průřez:

$$A=3,91 \times 10^{-3}$$

$$A_y=2,4315 \times 10^{-3}$$

$$A_z=1,5295 \times 10^{-3}$$

$$I_y=3,892 \times 10^{-5}$$

$$I_z=2,84 \times 10^{-6}$$

$$W_{pl,y}=3,67 \times 10^{-4}$$

$$W_{pl,z}=7,39 \times 10^{-5}$$

Materiálové charakteristiky:

Ocel S355

$$f_y=355 \text{ Mpa}$$

$$E=210 \text{ Gpa}$$

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Stojina:

$$c=190 \text{ mm}$$

$$t=6 \text{ mm}$$

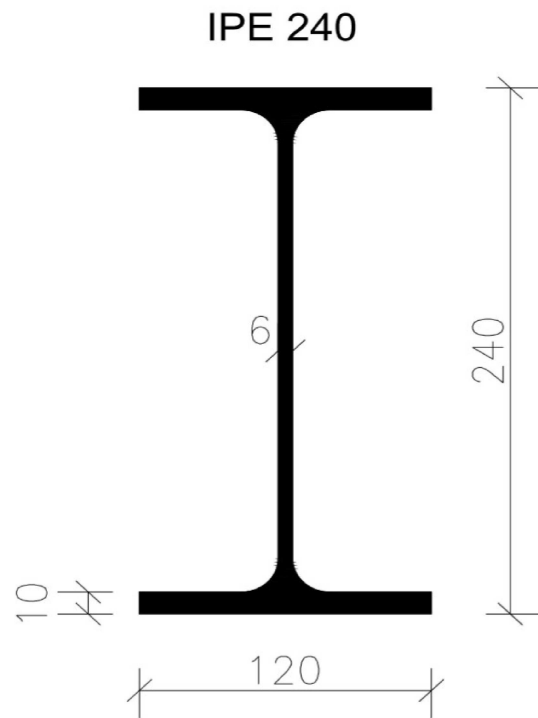
$$\frac{c}{t} = \frac{190}{6} = 31,66 \leq 72\varepsilon = 31,66 \leq 58,6 \dots \text{třída průřezu 1}$$

Pásnice:

$$b=42 \text{ mm}$$

$$t=10 \text{ mm}$$

$$\frac{b}{t} = \frac{42}{10} = 4,2 \leq 9\varepsilon = 4,2 \leq 7,32 \dots \text{třída průřezu 1}$$



Obrázek 20: Profil průvlaku

Průvlak B239 v prvním patře 5. příčná vazba

Posouzení na vzpěr:

$$N_{ed}=13,51\text{kN}$$

$$L_{cr,y}=5,1\text{m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 3,892 \cdot 10^{-5}}{5,1^2} = 3101,36\text{kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3,91 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{3101,36 \cdot 10^3}} = 0,67$$

křivka a $\rightarrow \alpha=0,21$

$$\phi_y = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (0,67 - 0,2) + 0,64^2) = 0,77$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,77 + \sqrt{0,77^2 - 0,67^2}} = 0,87$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,87 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 3,91 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 1207,6\text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{13,51}{1207,6} = 0,01 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

$$L_{cr,z}=5,1\text{m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 2,84 \cdot 10^{-6}}{5,1^2} = 226,3\text{kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3,91 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{226,3 \cdot 10^3}} = 2,48$$

křivka b $\rightarrow b=0,34$

$$\phi_z = 0,5 \cdot (1 + b \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,34 \cdot (2,48 - 0,2) + 2,48^2) = 3,96$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{3,96 + \sqrt{3,96^2 - 2,48^2}} = 0,14$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,14 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 3,91 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 194,33\text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{13,51}{194,33} = 0,07 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na ohyb:

$$M_{y,Ed} = -87,16 \text{ kNm}$$

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

$$M_{c,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,67 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 130,29 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{87,16}{130,29} = 0,67 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na smyk:

$$V_{z,Ed} = -61,86 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1,5295 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 313,49 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd,z}} = \frac{61,86}{313,49} = 0,2 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení pro MS II průvlak

Relativní deformace

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : MS II

Průřez : Průvlak - IPE240

Dílec	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1022	1,700	Kombinace 10/ MS II/1	-0,9	1/3866	-0,4	1/7954	0,05	0,03
B1028	1,700	Kombinace 9/ MS II/6	0,9	1/3842	-0,4	1/7954	0,05	0,03
B239	2,040	Kombinace 11/ MS II/32	0,0	0	-4,7	1/1083	0,00	0,18
B239	4,080	Kombinace 11/ MS II/33	0,0	0	1,2	1/4137	0,00	0,05
B1064	2,550	Kombinace 11/ MS II/33	0,0	1/10000	0,9	1/3768	0,00	0,05

3.9 Střešní vazník nad dílnou

Průřez:

$$A=3,34 \times 10^{-3}$$

$$A_y=2,0643 \times 10^{-3}$$

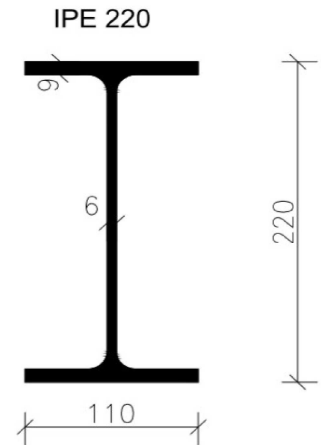
$$A_z=1,3244 \times 10^{-3}$$

$$I_y=2,772 \times 10^{-5}$$

$$I_z=2,05 \times 10^{-6}$$

$$W_{pl,y}=2,85 \times 10^{-4}$$

$$W_{pl,z}=2,81 \times 10^{-5}$$



Obrázek 21: Profil sloupu

Materiálové charakteristiky:

Ocel S355

$$f_y=355 \text{ Mpa}$$

$$E=210 \text{ Gpa}$$

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Stojina:

$$c=178 \text{ mm}$$

$$t=6 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{178}{6} = 29,66 \leq 72\varepsilon = 29,66 \leq 58,61 \dots \text{třída průřezu 1}$$

Pásnice:

$$c=40 \text{ mm}$$

$$t=9 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{40}{9} = 4,44 \leq 9\varepsilon = 4,44 \leq 7,33 \dots \text{třída průřezu 1}$$

Střešní vazník v druhé příčné vazbě B738, kombinace 5

Posouzení na vzpěr:

$$N_{ed} = -19,19 \text{ kN}$$

$$L_{cr,y} = 13,85 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 2,772 \cdot 10^{-5}}{13,85^2} = 299,51 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{299,51 \cdot 10^3}} = 1,99$$

křivka a $\rightarrow \alpha = 0,21$

$$\phi_y = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (1,99 - 0,2) + 1,99^2) = 2,67$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{2,67 + \sqrt{2,67^2 - 1,99^2}} = 0,22$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,22 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 3,34 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 260,85 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{19,19}{260,85} = 0,07 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

$$L_{cr,z} = 1,982 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 2,05 \cdot 10^{-6}}{1,982^2} = 1081,58 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1081,58 \cdot 10^3}} = 1,05$$

křivka a $\rightarrow b = 0,34$

$$\phi_z = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,34 \cdot (1,05 - 0,2) + 1,05^2) = 1,2$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,2 + \sqrt{1,2^2 - 1,05^2}} = 0,56$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,56 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 3,34 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 663,99 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{19,19}{663,99} = 0,03 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na tah:

Prut B341, 7. příčná vazba, kombinace 10

$$N_{t,ed}=85,84\text{kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1185,7\text{kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{85,84}{1185,7} = 0,07 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na ohyb:

$M_{y,Ed}=-65,00\text{kNm}$ (kombinace 5)

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

$$M_{c,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,85 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 101,18\text{kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{65,00}{101,18} = 0,64 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na smyk:

Max $V_{z,Ed}=41,51\text{kN}$ (kombinace 5)

$$V_{c,Rd,y} = \frac{A_{v,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1,3244 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 271,45\text{kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{c,Rd,y}} = \frac{41,51}{271,45} = 0,15 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$N_{c,Ed}=19,19\text{kN}$$

$$M_{y,Ed}=-65,00\text{kNm}$$

$$M_{z,Ed}=0$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 3,34 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1185,7\text{kN}$$

$$M_{c,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,85 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 101,18\text{kNm}$$

$$M_{c,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,81 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 9,98\text{kNm}$$

$$c_{m,y} = 0,9$$

$$c_{m,y} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right) \leq c_{m,y} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$$0,9 \cdot \left(1 + (1,99 - 0,2) \cdot \frac{20,01}{1185,7 \cdot 0,22/1,0}\right) \leq 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{20,01}{1185,7 \cdot 0,22/1,0}\right)$$

$$1,02 \leq 0,96 \dots k_{yy} = 0,96$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,96 = 0,58$$

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

$$\frac{19,19}{0,22 \cdot 1185,7 / 1,0} + 0,96 \cdot \frac{65,00}{1,0 \cdot 101,18 / 1,0} \leq 1$$

0,69 ≤ 1 ... vyhovuje

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

$$\frac{19,19}{0,56 \cdot 1185,7 / 1,0} + 0,58 \cdot \frac{65,00}{1,0 \cdot 101,18 / 1,0} = 0,4$$

0,4 ≤ 1 ... vyhovuje

Posouzení pro MS II plnostěnný vazník nad dílnou

Relativní deformace

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
 Výběr : Vše
 Třída : MS II
 Průřez : Plnostěnný vazník nad dílnou - IPE220

Dílec	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1050	3,225	Kombinace 10/ MS II/35	-0,8	1/2380	0,0	1/10000	0,08	0,00
B734	1,209	Kombinace 9/ MS II/36	0,8	1/2661	0,0	1/10000	0,08	0,00
B341	4,031	Kombinace 6/ MS II/2	0,0	1/10000	-16,8	1/480	0,00	0,42
B341	3,628	Kombinace 7/ MS II/5	0,0	1/10000	6,3	1/1289	0,00	0,16

3.10 Sloup

Průřez:

$$A = 1,806 \times 10^{-2}$$

$$A_y = 1,2975 \times 10^{-2}$$

$$A_z = 4,7491 \times 10^{-3}$$

$$I_y = 4,319 \times 10^{-4}$$

$$I_z = 1,014 \times 10^{-4}$$

$$W_{pl,y} = 2,683 \times 10^{-3}$$

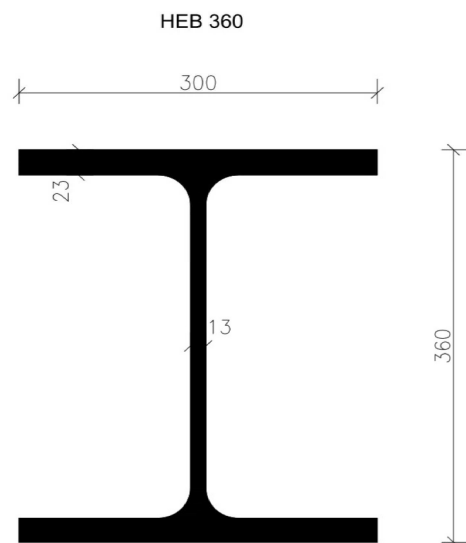
$$W_{pl,z} = 1,032 \times 10^{-3}$$

Materiálové charakteristiky:

Ocel S355

$f_y = 355 \text{ Mpa}$

$E = 210 \text{ GPa}$



Obrázek 22: Profil sloupu

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Stojina:

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

$$t=13\text{mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{260}{13} = 20 \leq 33\varepsilon = 20 \leq 26,86 \dots \text{třída průřezu 1}$$

Pásnice:

$$c=116,5\text{mm}$$

$$t=23\text{mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{116,5}{23} = 5,07 \leq 9\varepsilon = 5,07 \leq 7,33 \dots \text{třída průřezu 1}$$

Posuzuji prvek B91, sloup mezi výstavním prostorem a kanceláří, 2. příčná vazba, kombinace 5.

Posouzení na vzpěr:

$$N_{ed}=270,49\text{kN}$$

$$L_{cr,y}=36,57\text{m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 4,319 \cdot 10^{-4}}{36,57^2} = 669,35\text{kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,806 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{669,35 \cdot 10^3}} = 3,09$$

křivka a $\rightarrow \alpha=0,21$

$$\phi_y = 0,5 \cdot (1 + b \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,34 \cdot (3,09 - 0,2) + 3,09^2) = 5,77$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{5,77 + \sqrt{5,77^2 - 3,09^2}} = 0,09$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,09 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 1,806 \cdot 10^{-2}}{1,0} = 577,02\text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{270,49}{577,02} = 0,49 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

$$L_{cr,z}=9,587\text{m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1,014 \cdot 10^{-4}}{9,587^2} = 2286,61\text{kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,806 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{2286,61 \cdot 10^3}} = 1,67$$

křivka c → c=0,49

$$\phi_z = 0,5 \cdot (1 + c \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,49 \cdot (1,67 - 0,2) + 1,67^2) = 2,14$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{2,14 + \sqrt{2,14^2 - 1,67^2}} = 0,29$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot f_y \cdot A}{\gamma_{M1}} = \frac{0,29 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 1,806 \cdot 10^{-2}}{1,0} = 1859,28 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{270,49}{1859,28} = 0,15 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na ohyb:

$M_{y,Ed} = 150,00 \text{ kNm}$ (Kombinace 5)

$M_{z,Ed} = 0,75 \text{ kNm}$

$$M_{c,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,683 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 952,47 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{150}{952,47} = 0,16 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na smyk:

$V_{z,Ed} = 60,61 \text{ kN}$

$$V_{c,Rd,z} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{4,7491 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 973,337 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd,z}} = \frac{60,61}{973,34} = 0,06 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na kombinaci ohybu a osového tlaku

$N_{c,Ed} = 270,49 \text{ kN}$

$M_{y,Ed} = 150,00 \text{ kNm}$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 1,806 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6 = 6411,3 \text{ kN}$$

$$M_{c,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,683 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 952,47 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,032 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 366,36 \text{ kNm}$$

$$c_{m,y} = 0,9$$

$$c_{m,y} \cdot (1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{y,Rk}/\gamma_{M1}}) \leq c_{m,y} \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{y,Rk}/\gamma_{M1}})$$

$$0,9 \cdot (1 + (3,18 - 0,2) \cdot \frac{270,49}{6411 \cdot 0,09/1,0}) \leq 0,9(1 + 0,8 \cdot \frac{270,49}{6411 \cdot 0,09/1,0})$$

$$2,5 \leq 1,24 \dots k_{yy} = 1,24$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,24 = 0,74$$

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

$$\frac{270,49}{0,09 \cdot 6411/1,0} + 1,24 \cdot \frac{150,00}{1,0 \cdot 952,47/1,0} \leq 1$$

0,7 ≤ 1 ... vyhovuje

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

$$\frac{270,49}{0,29 \cdot 6411/1,0} + 0,74 \cdot \frac{150,00}{1,0 \cdot 952,47/1,0} = 0,26$$

0,26 ≤ 1 ... vyhovuje

Posouzení pro MS II sloup

Relativní deformace

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : MS II

Průřez : Sloup - HEB360

Dílec	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B694	2,567	Kombinace 10/ MS II/1	-30,3	1/376	0,0	1/10000	0,53	0,00
B364	5,867	Kombinace 9/ MS II/6	30,3	1/376	0,0	1/10000	0,53	0,00
B606	1,467	Kombinace 12/ MS II/7	0,0	1/10000	-5,0	1/1781	0,00	0,11
B594	1,100	Kombinace 8/ MS II/37	0,0	1/10000	2,6	1/3442	0,00	0,06

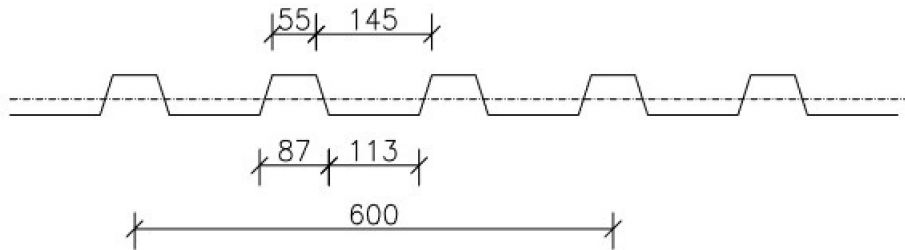
4. Posudek spřaženého stropu

4.1 Posudek trapézového plechu

Trapézový plech

Plech 11 001

Jmenovité rozměry 600x50x0,8mm

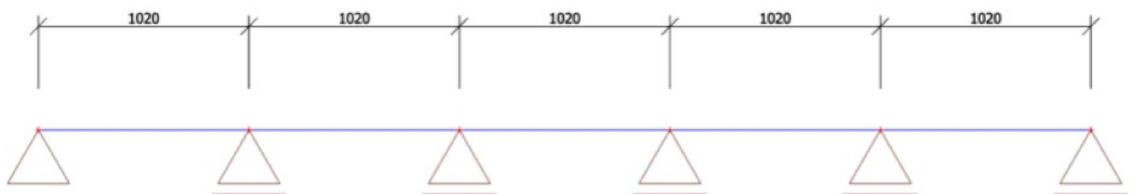


Obrázek 23: Trapézový plech

Profil	Poloha	I [mm ⁴] 10 ³	w_c [mm ³] 10 ³	w_t [mm ³] 10 ³	e_c [mm]	e_t [mm]
11 001	N	406,9	12,899	22,286	31,14	17,86
11 001	R	325,7	12,743	13,440	25,16	23,84

Tabulka 13: Charakteristiky trapézový plech

Model:



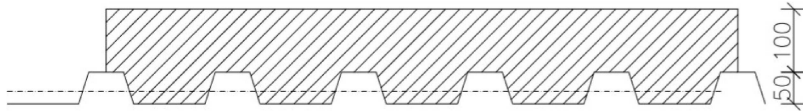
Obrázek 24: Statické schéma trapézového plechu

Zatížení:**Vlastní tíha plechu:**

$$g_0 = 9,69 \cdot 1 = 0,0969 \text{ kN/m}$$

Zatížení betonem

plocha pro tekutý beton vztažená na vzdálenost nosníku 1m a výšky betonu nad plechem 50mm



Obrázek 25: Plocha betonu

$$A = 132250 \text{ mm}^2$$

při převedení na obdélníkovou plochu betonu dostáváme tedy výšku 132,23mm

$$g_1 = 26 \cdot 0,13225 = 3,44 \text{ kN/m}$$

Montážní zatížení

$q_1 = 10\%$ tíhy betonu

$$0,75 < q_1 < 1,5$$

$$q_1 = 0,1 \cdot 3,44 = 0,344 \text{ kN/m} \rightarrow 0,75 \text{ kN/m}$$

Zatěžovací stavy:

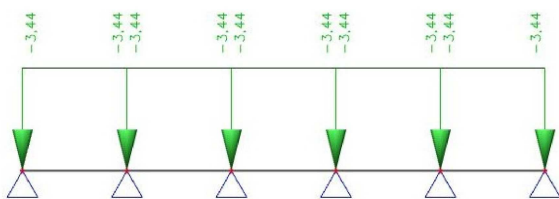
ZS1-Vlastní tíha

ZS2-Rovnoměrné zatížení tíhou betonu

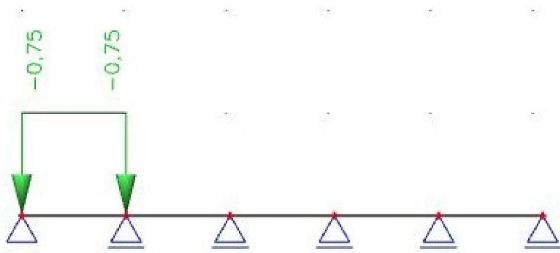
ZS3-Montážní zatížení na první pole

ZS4-Montážní zatížení na první 2 pole

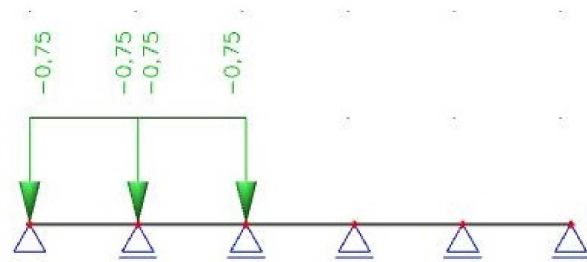
ZS5-Montážní zatížení na první 3 pole



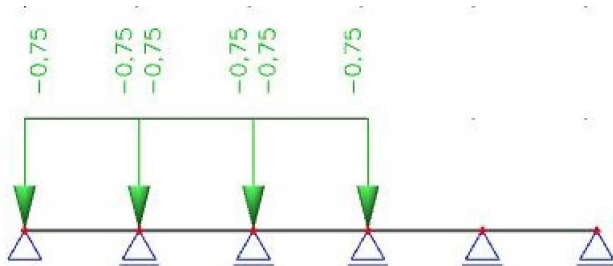
Obrázek 26: Vlastní tíha



Obrázek 27: Montážní zatížení na první pole



Obrázek 28: Montážní zatížení na 2 pole



Obrázek 29: Montážní zatížení na 3 pole

Kombinace

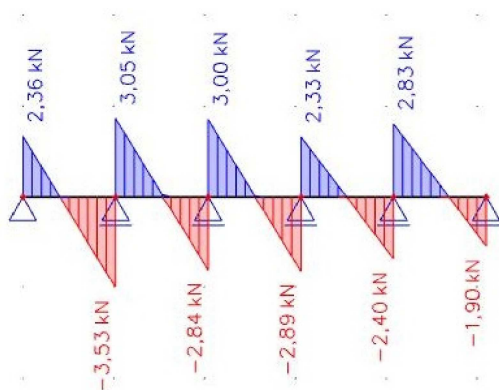
Kombinace 1: $1,5 \cdot (ZS1 + ZS2) + 1,35 \cdot ZS3$

Kombinace 2: $1,5 \cdot (ZS1 + ZS2) + 1,35 \cdot ZS4$

Kombinace 3: $1,5 \cdot (ZS1 + ZS2) + 1,35 \cdot ZS4$

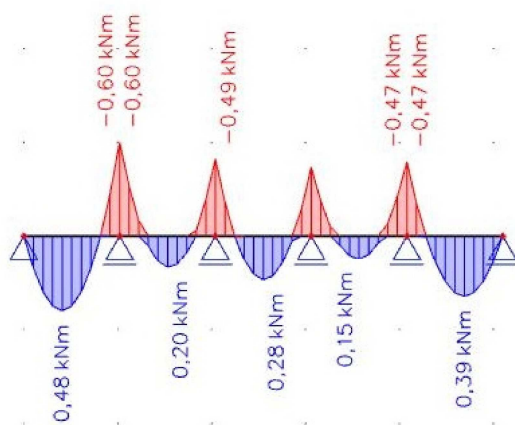
Vnitřní síly obálka kombinací:

V_z



Obrázek 30: Vnitřní síly V_z

M_y



Obrázek 31: Vnitřní síly M_y

Posouzení ohyb:

Kladný ohybový moment

Předpokládá se dosažení maximálního napětí hodnoty meze kluzu oceli 250MPa v nejvíce namáhaných vláknech, to je při kladném ohybovém momentu v horní pásnici.

Dolní pásnice je v konstantním tahu a neboulí.

Horní pásnice je v tlaku, takže boulí a musíme počítat efektivní plochu a další charakteristiky.

Horní pásnice

Součinitel kritického napětí:

$k_\sigma=4$ pro $\psi=1$ (všude tlak)

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\bar{b}/t}{28,4 \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} \cdot \frac{55/0,8}{28,4 \cdot 0,97 \cdot \sqrt{4}} = 1,248$$

Součinitel boulení:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \cdot \frac{1,248 - 0,055 \cdot (3 + 1)}{1,248^2} = 0,67$$

Stojina

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1 = 142/-250 = -0,568$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2 = 7,81 + 6,29 \cdot 0,568 + 9,78 \cdot 0,568^2 = 14,54$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\bar{b}/t}{28,4 \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} \cdot \frac{52,5/0,8}{28,4 \cdot 0,97 \cdot \sqrt{14,54}} = 0,624$$

Součinitel boulení:

$$\bar{\lambda}_p \leq 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 \cdot \psi} = 0,731 \rightarrow k \text{ boulení nedochází}$$

Účinné průřezové charakteristiky

$$A_{eff} = 1011 \text{mm}^2$$

$$I_{y,eff} = 388 \cdot 10^3 \text{mm}^4$$

$$W_{eff,+} = 22,159 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

$$W_{eff,-} = 11,968 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

Posudek kladný ohybový moment

$$M_{c,Rd} = \frac{w_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{11,968 \cdot 250}{1,0} = 2,99 \text{kNm}$$

Jednotkový posudek

$$\frac{M_{c,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{0,48}{2,99} = 0,16$$

Záporný ohybový moment

Předpokládá se dosažení maximálního napětí hodnoty meze kluzu oceli 250MPa v nejvíce namáhaných vláknech, to je při záporném ohybovém momentu v dolní pásnici.

Horní pásnice je v konstantním tahu a neboulí.

Dolní pásnice je v tlaku, takže boulí a musíme počítat efektivní plochu a další charakteristiky.

Dolní pásnice

Součinitel kritického napětí:

$k_\sigma=4$ pro $\psi=1$ (všude tlak)

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\bar{b}/t}{28,4 \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} \cdot \frac{113/0,8}{28,4 \cdot 0,97 \cdot \sqrt{4}} = 2,565$$

Součinitel boulení:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \cdot \frac{2,565 - 0,055 \cdot (3 + 1)}{2,565^2} = 0,36$$

Stojina

$$\frac{\psi = \sigma_2}{\sigma_1} = \frac{250}{-142} = -1,76$$

$$k_\sigma = 5,98\psi^2 = 5,98 \cdot -1,76^2 = 45,55$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\bar{b}/t}{28,4 \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} \cdot \frac{52,5/0,8}{28,4 \cdot 0,97 \cdot \sqrt{45,55}} = 0,353$$

Součinitel boulení:

$$\bar{\lambda}_p \leq 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 \cdot \psi} = 0,926 \rightarrow k \text{ boulení nedochází}$$

Účinné průřezové charakteristiky

$$A_{eff} = 795 \text{mm}^2$$

$$I_{y,eff} = 311 \cdot 10^3 \text{mm}^4$$

$$W_{eff,+} = 13,44 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

$$W_{eff,-} = 11,614 \cdot 10^3 \text{mm}^3$$

Posudek záporný ohybový moment

$$M_{c,Rd} = \frac{w_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{11,614 \cdot 250}{1,0} = 2,9 \text{kNm}$$

Jednotkový posudek

$$\frac{M_{c,Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{0,6}{2,9} = 0,21$$

Posouzení smyk:

Poměrná štíhlost stojiny:

$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \cdot \frac{s_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} = 0,346 \cdot \frac{51,74}{0,8} \cdot \sqrt{\frac{250}{210000}} = 0,772$$

Smyková pevnost s vlivem boulení:

$$f_{bv} = 0,58 \cdot f_{yb} = 0,58 \cdot 250 = 145 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost ve smyku jedné stojiny:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \varphi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}} = \frac{\frac{49,2}{\sin 72} \cdot 0,8 \cdot 145}{1,0} = 6 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost ve smyku pro šířku 1000mm

$$V_{b,Rd} = 6 \cdot \frac{1000}{\frac{(87 + 113)}{2}} = 60 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{3,53}{60} = 0,06$$

Lokální příčná únosnost jedné stojiny:

a) V krajní podpoře

$$r = 10,6 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0,075$$

$$l_a = 10 \text{ mm}$$

$$R_{w,Rd} = \frac{\alpha \cdot t^2 \cdot \sqrt{f_{yb} \cdot E} \cdot (1 - 0,1 \cdot \sqrt{r/t}) \cdot [0,5 + \sqrt{0,02 \cdot l_a/t}] \cdot (2,4 + (\frac{\phi}{90})^2)}{\gamma_{M1}}$$

$$R_{w,Rd} = \frac{0,075 \cdot 0,8^2 \cdot \sqrt{355 \cdot 210000} \cdot (1 - 0,1 \cdot \sqrt{10,6/0,8}) \cdot [0,5 + \sqrt{0,02 \cdot 10/0,8}] \cdot (2,4 + (\frac{72}{90})^2)}{1,0}$$

$$R_{w,Rd} = 0,801 \text{ kN}$$

Lokální příčná únosnost na šířku 1m

$$R_{w,Rd} = 0,801 \cdot \frac{1000}{(87 + 113)/2} = 8,01 \text{ kN}$$

Jednotkový posudek

$$\frac{R_{a,Ed}}{R_{w,Rd}} = \frac{2,36}{8,01} = 0,29$$

Reakce ve vnitřní podpoře

$$\alpha = 0,15$$

$$\beta_v = \frac{|V_{Ed,1}| - |V_{Ed,2}|}{|V_{Ed,1}| + |V_{Ed,2}|} = \frac{|-3,53| - |3,05|}{|-3,53| + |3,05|} = 0,073$$

$$l_a = s_s = 82\text{mm}$$

$$R_{w,Rd} = \frac{0,15 \cdot 0,8^2 \cdot \sqrt{355 \cdot 210000} \cdot (1 - 0,1 \cdot \sqrt{10,6/0,8}) \cdot [0,5 + \sqrt{0,02 \cdot 82/0,8}] \cdot (2,4 + (\frac{72}{90})^2)}{1,0}$$

$$R_{w,Rd} = 3,096\text{kN}$$

Lokální příčná únosnost na šířku 1m

$$R_{w,Rd} = 3,096 \cdot \frac{1000}{(87 + 113)/2} = 30,96\text{kN}$$

Jednotkový posudek

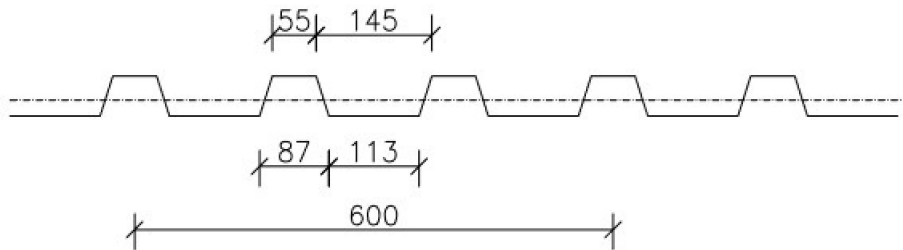
$$\frac{R_{a,Ed}}{R_{w,Rd}} = \frac{6,58}{30,96} = 0,15$$

4.2 Spřažený ocelobetonový strop

Trapézový plech

Plech 11 001

Jmenovité rozměry 600x50x0,8mm



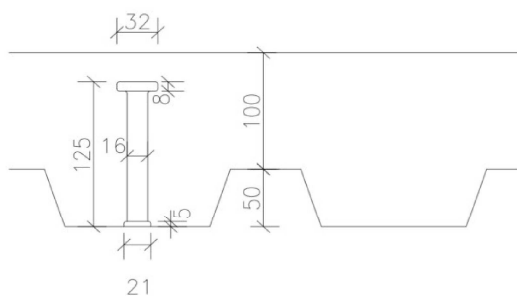
Obrázek 32: Trapézový plech-neutrální osa

Profil	Poloha	I [mm ⁴] 10 ³	w_c [mm ³] 10 ³	w_t [mm ³] 10 ³	e_c [mm]	e_t [mm]
11 001	N	406,9	12,899	22,286	31,14	17,86
11 001	R	325,7	12,743	13,440	25,16	23,84

Tabulka 14: Charakteristiky trapézový plech

Spřahovací trn:

Kolík s hlavou typ SD $d=13\text{mm}$, $h_{sc}=125\text{mm}$ od firmy ATILA STÝL s.r.o. (www.atilastyl.cz), ocel S235



Obrázek 33: Spřahovací trn

Beton C20/25

$F_{ck} = 20\text{MPa}$

$E_{cm} = 29\text{GPa}$

IPE 160

IPE160			
Geometrie		Průřezové charakteristiky	
h = 160 mm		Osa y	Osa z
b = 82 mm		$I_y = 8.69E+6 \text{ mm}^4$	$I_z = 6.83E+5 \text{ mm}^4$
$t_f = 7.4 \text{ mm}$		$W_{y1} = 1.09E+5 \text{ mm}^3$	$W_{z1} = 1.67E+4 \text{ mm}^3$
$t_w = 5 \text{ mm}$		$W_{y,pl} = 1.24E+5 \text{ mm}^3$	$W_{z,pl} = 2.61E+4 \text{ mm}^3$
$r_1 = 9 \text{ mm}$		$i_y = 65.80 \text{ mm}$	$i_z = 18.40 \text{ mm}$
$y_s = 41 \text{ mm}$		$S_y = 6.19E+4 \text{ mm}^3$	$S_z = 1.30E+4 \text{ mm}^3$
$d = 127.2 \text{ mm}$		Kroucení a klopení	
$A = 2010 \text{ mm}^2$		$I_w = 3.96E+9 \text{ mm}^6$	$I_t = 3.58E+4 \text{ mm}^4$
$A_L = 0.62 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$	$G = 15.8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$	$i_w = 20.50 \text{ mm}$	$i_{pc} = 68.30 \text{ mm}$

Zdroj: <http://www.statictools.eu/cs/profile-ipe/IPE160/mm/show>

Podélná síla na trny:

$$N_f = A_a \cdot f_y = 2,01 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 713,55 \text{ kN}$$

Únosnost stahovacích trnů:

$$P_{Rk,1} = 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,8 \cdot 235 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 10^6 = 115,68 \text{ kN}$$

$$P_{Rk,2} = 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} = 0,29 \cdot 1,0 \cdot 0,019^2 \cdot \sqrt{20 \cdot 10^6 \cdot 29 \cdot 10^9} = 79,73 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1,0 \text{ pro } h_{sc}/d > 4$$

$$\text{Platí menší z hodnot} \rightarrow P_{Rk,2} = 79,73 \text{ kN}$$

$$P'_{Rd} = \frac{P_{Rk,2}}{\gamma} = \frac{79,73}{1,25} = 63,78 \text{ kN}$$

$$k_1 = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 0,6 \cdot \frac{0,129}{0,05} \cdot \left(\frac{0,129}{0,05} - 1 \right) = 2,44 \leq 1,0 \rightarrow 1,0$$

$$P_{Rd} = P'_{Rd} \cdot k_1 = 63,78 \cdot 1,0 = 63,78 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů

$$n = \frac{N_f}{P_{Rd}} = \frac{713,55}{63,78} = 11,19 \rightarrow \text{navrhuji 12 trnů}$$

Minimální vzdálenost mezi trny

$$l_{min} = 22 \cdot t_f \cdot \sqrt{f_{yd}/235} = 22 \cdot 7,4 \cdot \sqrt{355/235} = 200\text{mm} \rightarrow 0,2\text{m}$$

$$l/l_{min} = \frac{3000}{200} = 15 \text{ trnů} > 12 \rightarrow \text{trny se na nosník vejdou}$$

Výpočet spřažení

Ideální průřez

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2} = 1/4 \cdot l_0 = 0,25 \cdot 6 = 1,5\text{m} \rightarrow \text{osová vzdálenost } 1,02\text{m}$$

$$I_c = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 1,02 \cdot 0,15^3 = 28,69 \cdot 10^{-5}\text{m}^4$$

$$h_a = 0,16\text{m}$$

$$A_a = 2,01 \cdot 10^{-3}\text{m}$$

$$I_a = 8,69 \cdot 10^{-6}\text{m}^4$$

Pracovní součinitel

$$n = E_a/E_c = 210/14,5 = 14,48$$

Účinná plocha betonu

$$A_c = 0,15 \cdot 1,02 = 0,153\text{m}^2$$

Průřezová plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_a + A_c/n = 0,00201 + 0,153/14,48 = 0,01257\text{m}^2$$

Statický moment setrvačnosti ocelové části k horní hraně betonové desky

$$z_a = 230\text{mm}$$

$$S_a = A_a \cdot z_a = 0,00201 \cdot 0,23 = 4,623 \cdot 10^{-4}\text{m}^3$$

Statický moment betonové části k horní hraně betonové desky

$$z_c = 0,075\text{m}$$

$$S_c = A_c \cdot z_c = 0,153 \cdot 0,075 = 0,0115\text{m}^3$$

Statický moment ideálního průřezu

$$S_i = S_a + S_c/n = 4,623 \cdot 10^{-4} + 0,0115/14,48 = 0,001255\text{m}^3$$

Vzdálenost neutrální osy ideálního průřezu od horního okraje betonu

$$z_i = S_i/A_i = \frac{0,001255}{0,01257} = 99,84\text{mm}$$

Moment setrvačnosti ocelové části k neutrální ose ideálního průřezu

$$I_{a,i} = I_a + A_a \cdot z_{a,i}^2 = 8,69 \cdot 10^{-6} + 0,00201 \cdot 0,13^2 = 4,2779 \cdot 10^{-5}\text{m}^4$$

Moment setrvačnosti betonové části k neutrální ose ideálního průřezu

$$I_{c,i} = I_c + A_c \cdot z_{c,i}^2 = 28,69 \cdot 10^{-5} + 0,153 \cdot 0,02484^2 = 3,8103 \cdot 10^{-4} m^4$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_{a,i} + I_{c,i}/n = 4,2779 \cdot 10^{-5} + 3,8103 \cdot 10^{-4} / 14,48 = 6,9069 \cdot 10^{-5} m^4$$

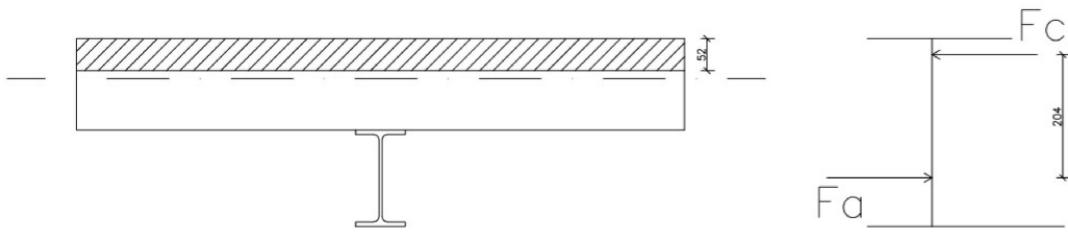
Únosnost spřaženého profilu

$$F_a = F_c$$

$$A_a \cdot f_{yd} = A_c \cdot \eta \cdot f_{cd}$$

$$A_a \cdot f_{yd} = b_{eff} \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd}$$

$$x = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{b_{eff} \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{0,00201 \cdot 355}{1,02 \cdot 0,8 \cdot 13,33} = 0,0656 m$$



Obrázek 34: Síly ve spřažení

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= f_{yd} \cdot A_a \cdot z = f_{cd} \cdot x \cdot \eta \cdot z = 355 \cdot 10^3 \cdot 0,00201 \cdot 0,204 = 145,56 kNm \\ &= 13,33 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 0,0656 \cdot 0,204 \cdot 1,02 = 145,56 kNm \end{aligned}$$

Zatížení:

g_0 ... Vlatní tíha nosníku IPE 160 generováno programem SCIA

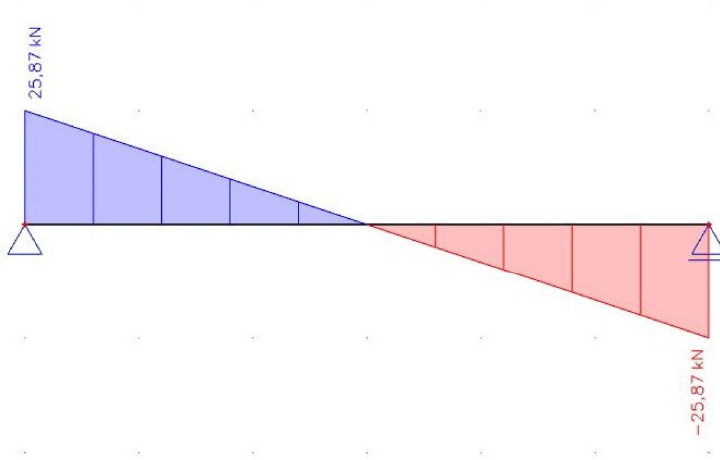
g_1 ... Tíha trapézového plechu 11 001 $\rightarrow g_1 = 0,0969 \cdot 1,02 = 0,099 kN/m$

g_2 ... Suchý beton $\rightarrow g_2 = 0,132 \cdot 25 = 3,3 kN/m$

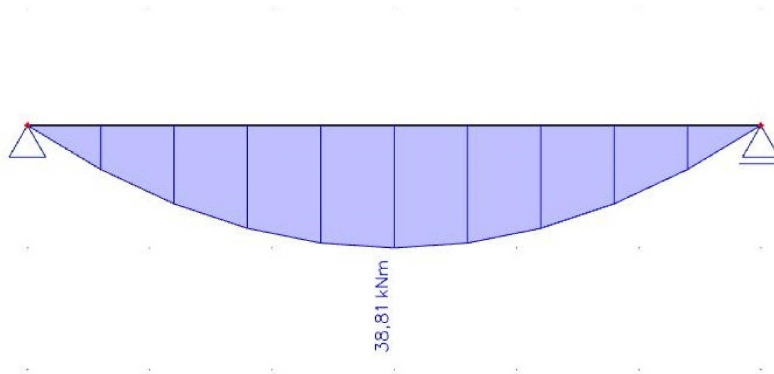
q_3 ... Užité zatížení $\rightarrow q_1 = 2,5 \cdot 1,02 = 2,55 kN/m$

Kombinace

$$(g_0 + g_1 + g_2) \cdot 1,35 + q_1 \cdot 1,5$$



Obrázek 35: Vnitřní síly IPE V_z



Obrázek 36: Vnitřní síly IPE M_y

Únosnost ve smyku

$$V_{Pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M1}} = \frac{1,2603 \cdot 10^{-3} \cdot (355 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,0} = 258,31 \text{ kN}$$

$V_{Pl,Rd}$... účinná plochy proti smyku → Plocha stojny IPE 160

$V_{ed} > 0,5 \cdot V_{Rd}$... Smyk nemá vliv na únosnost v ohybu

Posudek na ohyb

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0 \dots \frac{38,81}{145,56} = 0,27 < 1,0$$

Průhyb

1) Montážní stav-průhyb přenáší stropnice IPE 160

Zatížení:

$$g_0 \dots \text{Vlatní tíha nosníku IPE 160} \rightarrow 0,157 \text{ kN/m}$$

$$g_1 \dots \text{Tíha trapézového plechu 11 001} \rightarrow g_1 = 0,0969 \cdot 1,02 = 0,099 \text{ kN/m}$$

$$g_2 \dots \text{Mokrý beton} \rightarrow g_2 = 0,132 \cdot 26 = 3,43 \text{ kN/m}$$

$$g_{\text{celk}} \dots \text{celkové zatížení} \rightarrow 3,69 \text{ kN/m}$$

$$\delta_a = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{\text{celk}} \cdot l^4}{E \cdot I_{\text{IPE}}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,69 \cdot 10^3 \cdot 6^4}{210 \cdot 10^9 \cdot 8,669 \cdot 10^{-6}} = 34,2 \text{ mm}$$

$$l_{\text{lim}} = \frac{L}{400} = \frac{6000}{400} = 15 \text{ mm} \leq 34,2 \text{ mm} \rightarrow \text{nevyhovuje}$$

1D deformace

Hodnoty: u_z

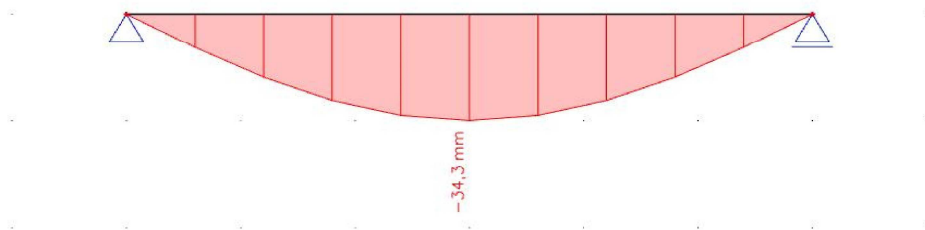
Lineární výpočet

Kombinace: Montážní stav

Souřadný systém: Globální

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše



Obrázek 37: Průhyb IPE bez m. podpory

Nevyhovuje průhyb → vložíme montážní podporu doprostřed nosníku

1D deformace

Hodnoty: u_z

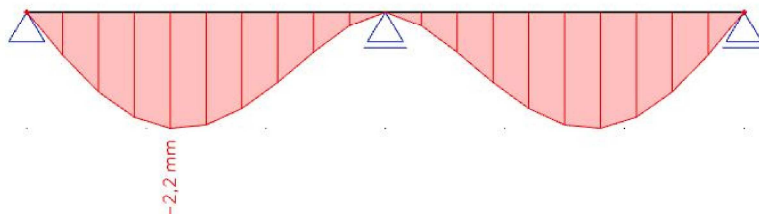
Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Souřadný systém: Globální

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše



Obrázek 38: Průhyb IPE s m. podporou

$$l_{lim} = \frac{L}{400} = \frac{6000}{400} = 15\text{mm} \geq 2,2\text{mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

2) Provozní stav-průhyb přenáší spřažená stropnice

Zatížení:

g_0 ... Vlatní tíha nosníku IPE 160 $\rightarrow 0,157\text{kN/m}$

g_1 ... Tíha trapézového plechu 11 001 $\rightarrow g_1 = 0,0969 \cdot 1,02 = 0,099\text{kN/m}$

g_2 ... Suchý beton $\rightarrow g_2 = 0,132 \cdot 25 = 3,3\text{kN/m}$

q_1 ... Užité zatížení $\rightarrow q_1 = 2,55\text{kN/m}$

g_{celk} ... celkové zatížení $\rightarrow 6,106\text{ kN/m}$

$$\delta_a = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{celk} \cdot l^4}{E \cdot I_{Str}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{6,106 \cdot 6^4 \cdot 10^3}{210 \cdot 10^9 \cdot 6,907 \cdot 10^{-5}} = 7,11\text{mm}$$

Musíme přičíst průhyb při montážním stavu

$$l_{lim} = \frac{L}{400} = \frac{6000}{400} = 15\text{mm} > (7,11 + 2,2) = 9,31\text{mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Sečítáme 2 extrémy, každý na jiném místě. Uprostřed a v jedné čtvrtině nosníku, ale vzhledem, že tento stav vyhovuje (v realitě nenastává), vyhovují všechny reálné stavy.

5. Posouzení spojů

5.1 Posouzení přípoje diagonál a svislice k dolnímu pásu

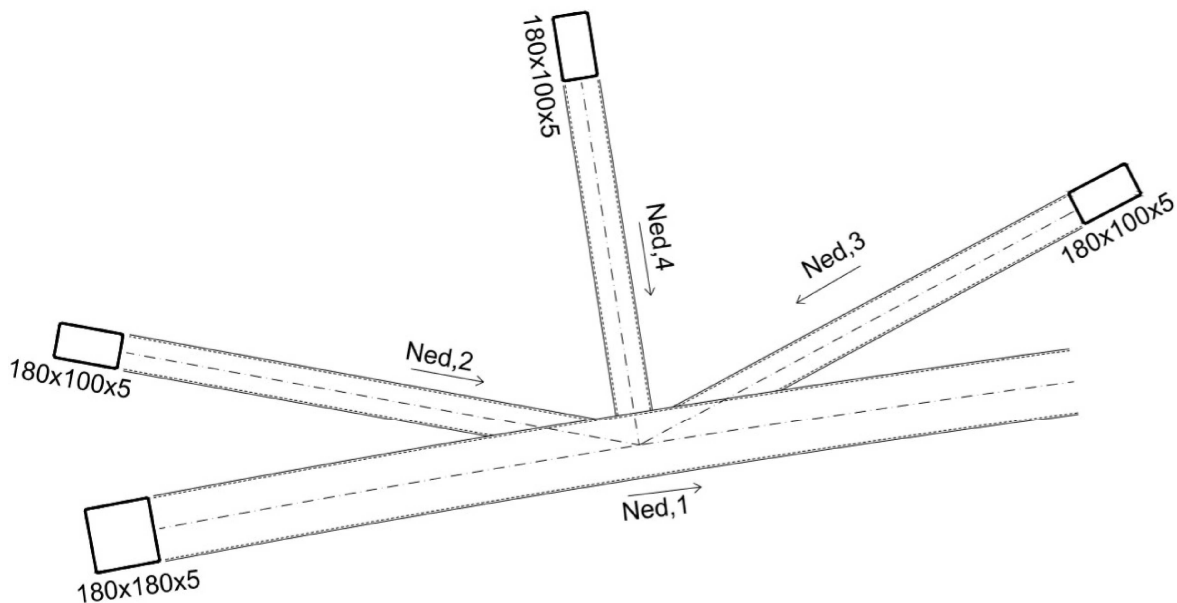
Vnitřní síly

$N_{1,Ed} = -331,5 \text{ kN}$ (B228, vazník E, kombinace 5)

$N_{2,Ed} = -224,13 \text{ kN}$ (B254, vazník E, kombinace 5)

$N_{3,Ed} = 281,14 \text{ kN}$ (B255, vazník E, kombinace 5)

$N_{4,Ed} = 58,78 \text{ kN}$ (B231, vazník E, kombinace 1)



Obrázek 39: Přípoj diagonál a svislice k dolnímu pásu

Posouzení:

Spoje jsou provedeny plně provařeným tupým svarem. Posouzení jako nejslabší spojovaný prvek. Tloušťka všech prvků je 5mm, tedy i šířka svaru je 5mm.

Diagonála tlak:

$N_{2,Ed} = -224,13 \text{ kN}$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \rightarrow \frac{224,13}{935,78} = 0,24$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,636 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,0} = 935,78 \text{ kN}$$

Posouzení tah:

$$N_{3,Ed}=281,14\text{kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,85 \cdot 2,636 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 795,41\text{kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{281,14}{795,41} = 0,35 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Svislice tah:

$$N_{4,Ed}=58,78\text{kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,85 \cdot 2,636 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 795,41\text{kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{58,78}{795,41} = 0,074 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

5.2 Posouzení připoje diagonál a svislice k hornímu pásu

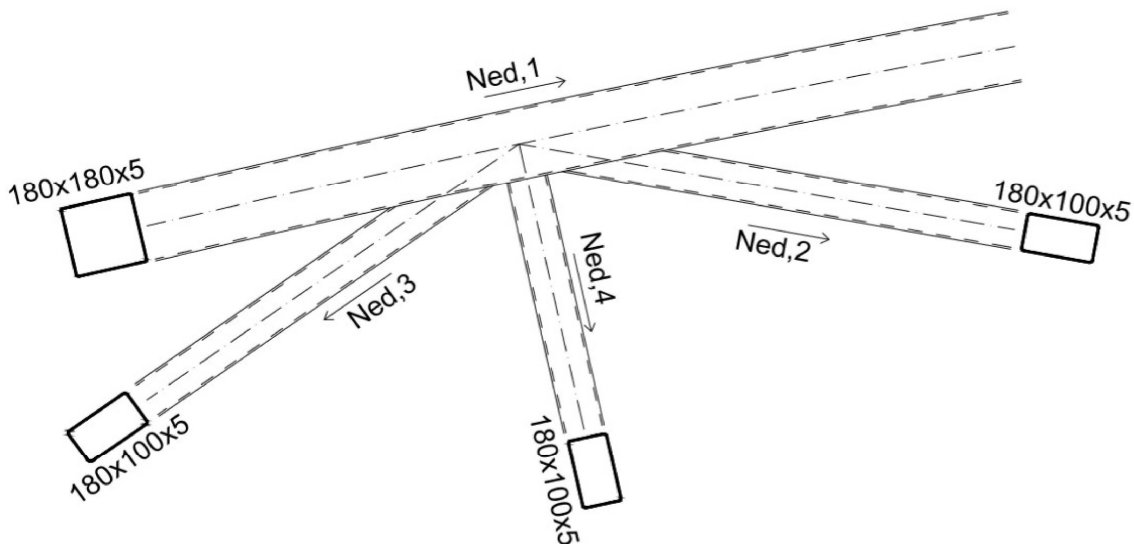
Vnitřní síly

$$N_{1,Ed}=-265,04\text{kN} \text{ (B210, vazník E, kombinace 5)}$$

$$N_{2,Ed}=224,13\text{kN} \text{ (B254, vazník E, kombinace 5)}$$

$$N_{3,Ed}=107,52\text{kN} \text{ (B253, vazník E, kombinace 4)}$$

$$N_{4,Ed}=58,78\text{kN} \text{ (B231, vazník E, kombinace 1)}$$



Obrázek 40: Připoj diagonál a svislice k dolnímu pásu

Diagonála tlak:

$$N_{2,Ed} = -224,13 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \rightarrow \frac{224,13}{935,78} = 0,24$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,636 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,0} = 935,78 \text{ kN}$$

Posouzení tah:

$$N_{3,Ed} = 107,42 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,85 \cdot 2,636 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 795,41 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{107,42}{795,41} = 0,14 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

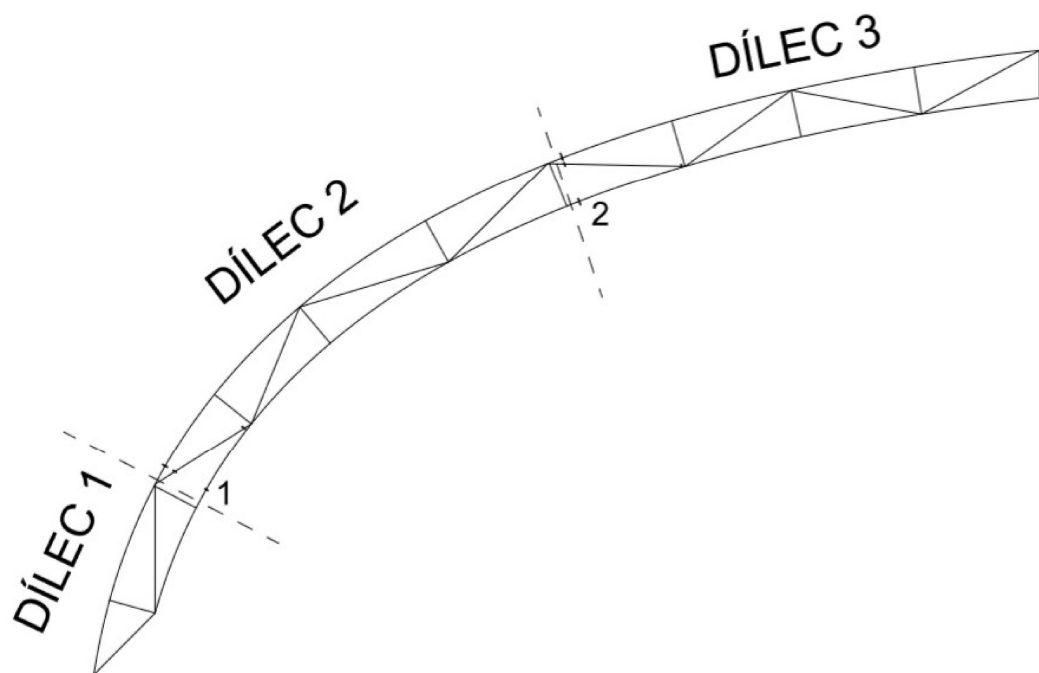
Svislice tah:

$$N_{4,Ed} = 58,78 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,85 \cdot 2,636 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 795,41 \text{ kN}$$

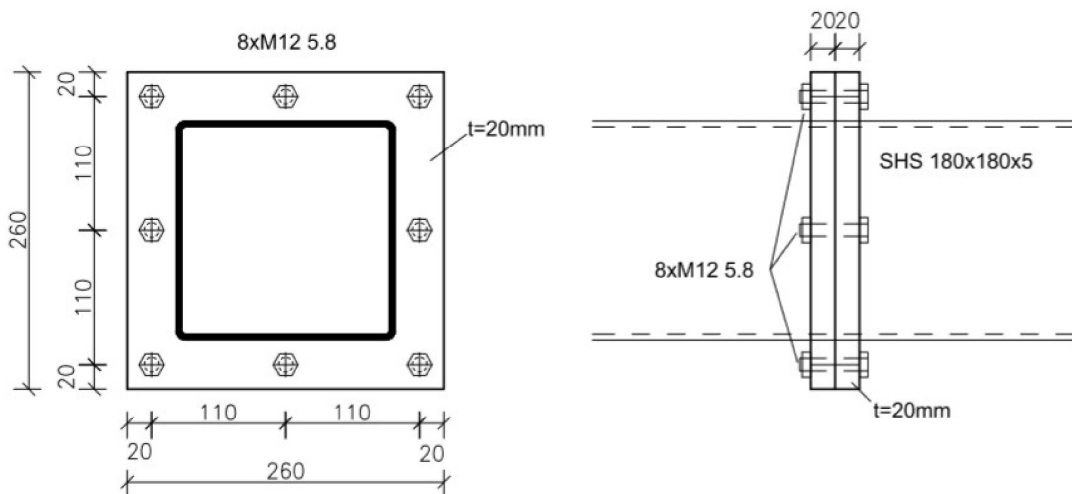
$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{58,78}{795,41} = 0,074 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení montážních spojů



Obrázek 41: Schéma montážních spojů

5.3 Posouzení montážního spoje horního pásu



Obrázek 42: Montážní spoj horního pásu

Na vazníku jsou celkem 2 montážní spoje, silově je horší spoj na pozici jedna, navrhuje tedy tento spoj. Spoj na pozici 2 bude vypadat stejně.

Vnitřní síly:

$N_{Ed}=60,04\text{kN}$ (Prvek B66, kombinace 9)

$V_{z,Ed}=16,28\text{kN}$ (Prvek B66, kombinace 12)

$M_{y,Ed}=3,15\text{kN}$ (Prvek B66, kombinace 12)

Šrouby: 8xM12 5.8

$d=12\text{mm}$	$A=113\text{mm}^2$
$d_0=13\text{mm}$	$t=20\text{mm}$
$d_m=20,5\text{mm}$	$f_{ub}=500\text{Mpa}$
$A_s=84,3\text{mm}^2$	$f_{yb}=300\text{Mpa}$

Minimální rozteče šroubů:

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 13 = 15,6\text{mm} \rightarrow e_1 = 20\text{mm}$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 13 = 15,6\text{mm} \rightarrow e_2 = 20\text{mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 13 = 28,6\text{mm} \rightarrow p_1 = 110\text{mm}$$

$$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 13 = 31,2\text{mm} \rightarrow p_1 = 110\text{mm}$$

Posouzení na stříh:

$$F_{v1,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{8} = \frac{16,28}{8} = 2,04\text{kN}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 113}{1,25} = 33,9\text{kN}$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{2,04}{33,9} = 0,06 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na otláčení materiálu:

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{20}{13} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{110}{13} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min(2,61; 10,14; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right)$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{20}{3 \cdot 13}; \frac{110}{3 \cdot 13} - 0,25; \frac{500}{490}; 2,5\right)$$

$$\alpha_1 = \min(0,51; 2,82; 1,66; 2,5) = 0,51$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,51 \cdot 490 \cdot 0,02 \cdot 0,012}{1,25} = 119,95\text{kN}$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{2,04}{119,5} = 0,05 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na tah

$$F_{t1,Ed}' = \frac{N_{ed}}{8} = \frac{60,04}{8} = 7,51kN$$

Vliv páčení:

$$t \geq t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}}$$

$$a=20mm$$

$$b=20mm$$

$$t \geq t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{20 \cdot 12^2}{20}} = 22,53$$

$t \leq t_e = 20 \geq 5,24$... *uvážujeme vliv páčení*

$$\gamma = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_e^3 + t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{22,53^3 - 20^3}{12^2} = 1,67$$

$$F_{1M} = \frac{M_{y,Ed}}{z} = \frac{3,15}{0,22} = 14,32kN \rightarrow 14,32/3 \text{ (3 šrouby v horní a spodní řadě)} \\ = 4,77$$

$$F_{t1,Rd} = \gamma_p \cdot (F'_{t1,Ed} + F_{1M}) = 1,67 \cdot (7,51 + 4,77) = 20,51$$

Posouzení na přetržení

$$F_{t,Rd} \frac{0,9 \cdot f_u \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 500 \cdot 84,3}{1,25} = 30,35kN$$

$$\frac{F_{t1,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1 = \frac{20,51}{30,35} = 0,68 \leq 1 \text{ ... vyhovuje}$$

Posouzení na protlačení (hlavy nebo matice šroubu)

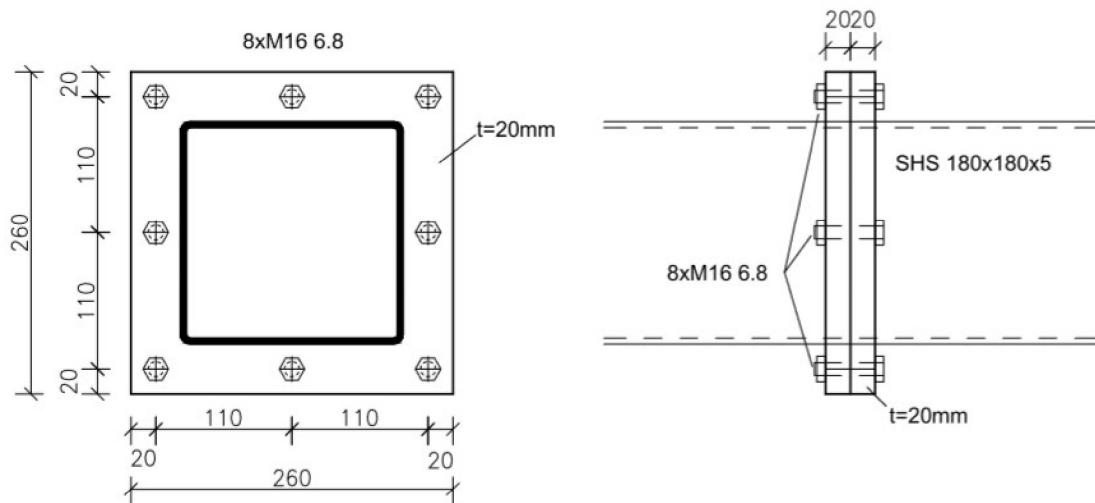
$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot d_m \cdot f_u \cdot \pi \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 20,5 \cdot 20 \cdot 490 \cdot \pi}{1,25} = 302,95kN$$

$$\frac{F_{t1,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{20,51}{302,95} \leq 1 = 0,07 \leq 1 \text{ ... vyhovuje}$$

Posouzení na kombinaci smyku a tahu

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t1,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = \frac{2,04}{33,9} + \frac{20,51}{1,4 \cdot 30,35} \leq 1 = 0,54 \leq 1 \text{ ... vyhovuje}$$

5.4 Posouzení montážního spoje dolního pásu



Obrázek 43: Montážní spoj dolního pásu

Na vazníku jsou celkem 2 montážní spoje, silově je horší spoj na pozici 2, navrhujeme tedy tento spoj. Spoj na pozici 1 bude vypadat stejně.

Vnitřní síly:

$$N_{Ed}=242,89\text{kN (B225, kombinace 1)}$$

$$V_{z,Ed}=14,69\text{kN (B225, kombinace 1)}$$

$$M_{y,Ed}=6,19\text{kN (B225, kombinace 1)}$$

Šrouby: 8xM16 6.8

$$d=16\text{mm}$$

$$A=201\text{mm}^2$$

$$d_0=18\text{mm}$$

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

$$d_m=25,9\text{mm}$$

$$f_{ub}=600\text{Mpa}$$

$$A_s=157\text{mm}^2$$

$$f_{yb}=480\text{Mpa}$$

Minimální rozteče šroubů:

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6\text{mm} \rightarrow e_1 = 25\text{mm}$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6\text{mm} \rightarrow e_2 = 25\text{mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 18 = 39,6\text{mm} \rightarrow p_1 = 110\text{mm}$$

$$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 18 = 43,2\text{mm} \rightarrow p_2 = 110\text{mm}$$

Posouzení na střih:

$$F_{v1,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{8} = \frac{14,69}{8} = 1,84kN$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 600 \cdot 201}{1,25} = 58,88kN$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{1,84}{58,88} = 0,08 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na otláčení materiálu:

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{25}{18} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{110}{18} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min(2,18; 6,85; 2,5) = 2,18$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right)$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{25}{3 \cdot 28}; \frac{110}{3 \cdot 18} - 0,25; \frac{600}{490}; 2,5\right)$$

$$\alpha_1 = \min(0,46; 1,79; 1,22; 1) = 0,46$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,18 \cdot 0,46 \cdot 490 \cdot 0,02 \cdot 0,016}{1,25} = 125,79kN$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{1,84}{125,79} = 0,014 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na tah

$$F_{t1,Ed}' = \frac{N_{ed}}{8} = \frac{242,89}{8} = 30,36kN$$

Vliv páčení:

$$t \geq t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}}$$

$$a=25\text{mm}$$

$$b=20\text{mm}$$

$$t \geq t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{20 \cdot 16^2}{25}} = 25,36$$

$t \leq t_e = 20 \geq 25,36$... *uvažujeme vliv páčení*

$$\gamma = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_e^3 + t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{25,36^3 - 20^3}{16^2} = 1,016$$

$$F_{1M} = \frac{M_{y,Ed}}{z} = \frac{6,19}{0,2} = 30,95\text{kN} \rightarrow 30,95/3 \text{ (3 šrouby v řadě)} = 10,31\text{kN}$$

$$F_{t1,Rd} = \gamma_p \cdot (F'_{t1,Ed} + F_{1M}) = 1,016 \cdot (30,36 + 10,31) = 41,3\text{kN}$$

Posouzení na přetržení

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 600 \cdot 157}{1,25} = 67,82\text{kN}$$

$$\frac{F_{t1,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1 = \frac{41,36}{67,82} = 0,61 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na protlačení (hlavy nebo matice šroubu)

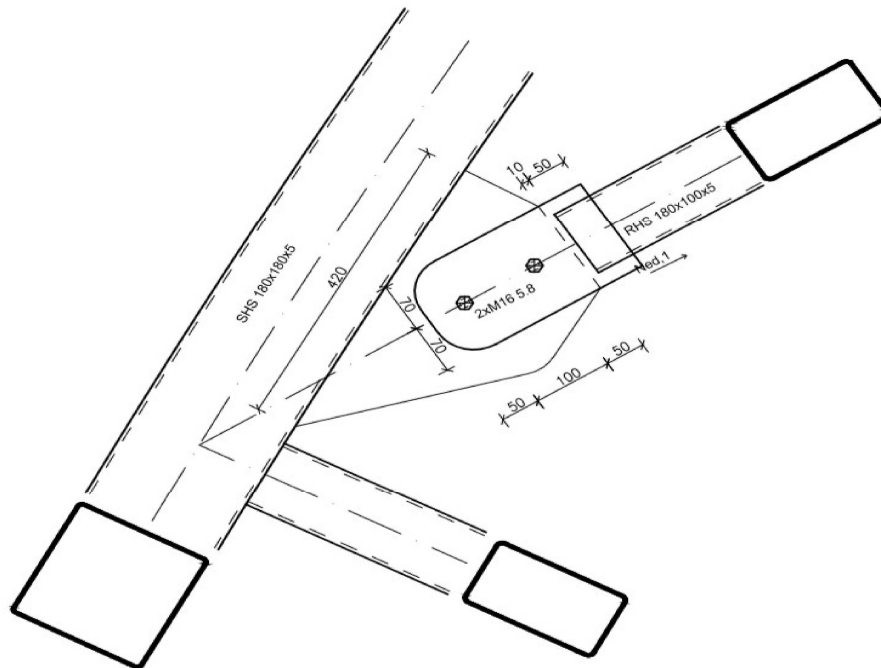
$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot d_m \cdot f_u \cdot \pi \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 25,9 \cdot 20 \cdot 490 \cdot \pi}{1,25} = 382,75\text{kN}$$

$$\frac{F_{t1,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{41,36}{382,75} \leq 1 = 0,11 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na kombinaci smyku a tahu

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t1,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = \frac{1,84}{125,79} + \frac{41,36}{1,4 \cdot 67,82} \leq 1 = 0,45 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

5.5 Montážní spoj diagonály vazníku



Obrázek 44: Montážní spoj diagonály a vazníku

Vnitřní síly:

$N_{Ed}=73,8\text{kN}$ (B199, kombinace 12)

2xM16 5.6

Šrouby:

$d=16\text{mm}$

$A_s=157\text{mm}^2$

$d_0=18\text{mm}$

$f_{ub}=500\text{Mpa}$

$d_m=25,9\text{mm}$

$f_{yb}=300\text{Mpa}$

$A=201\text{mm}^2$

$t=10\text{mm}$

Minimální rozteče šroubů:

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6\text{mm} \rightarrow e_1 = 50\text{mm}$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6\text{mm} \rightarrow e_2 = 50\text{mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 18 = 39,6\text{mm} \rightarrow p_1 = 100\text{mm}$$

Posouzení na stříh:

$$F_{v1,Ed} = \frac{N_{Ed}}{2} = \frac{73,8}{2} = 36,9\text{kN}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 201}{1,25} = 96,48\text{kN}$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{36,9}{96,48} = 0,38 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na otláčení materiálu:

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; -; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{50}{18} - 1,7; -; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min(6,07; -; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right)$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{50}{3 \cdot 18}; \frac{100}{3 \cdot 18} - 0,25; \frac{500}{490}; 2,5\right)$$

$$\alpha_1 = \min(0,93; 1,58; 1,02; 1) = 0,93$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,93 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 18}{1,25} = 328,1kN$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{36,9}{328,1} = 0,11 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na oslabení:

$$A_{NET} = A_p - d_0 \cdot t = 140 \cdot 10 - 18 \cdot 10 = 1220mm^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{Net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1220 \cdot 490}{1,25} = 430,42kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} = \frac{73,8}{430,42} = 0,17$$

Posouzení svaru diagonála-styčnickový plech:

$$a_{min} = 3mm \leq a \leq a_{max} \rightarrow 3 \leq 3 \leq 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 10 = 11mm$$

$$L = 50 - 2 \cdot a = 50 - 2 \cdot 3 = 44mm$$

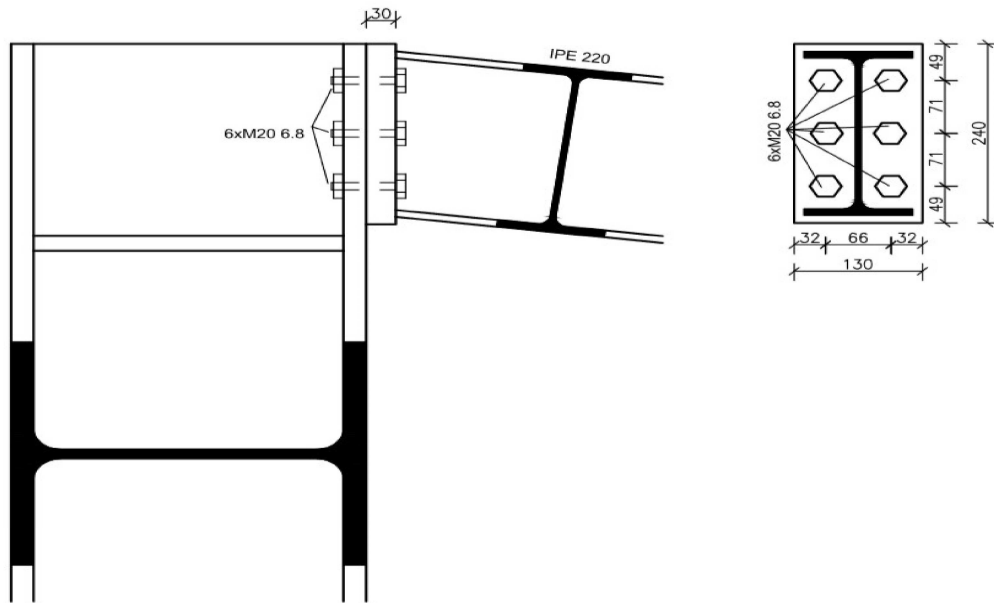
$$A = 4 \cdot L \cdot a = 4 \cdot 44 \cdot 3 = 528mm^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{73,8}{528} = 139,77MPa$$

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

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot 0^2 + 3 \cdot 139,77^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 242,09MPa \leq 435,55MPa$$

5.6 Přípoj sloupu a plnostěnného vazníku nad dílnou



Obrázek 45: Spoj plnostěnného vazníku na sloup

Vnitřní síly:

$$N_{Ed,1} = 85,84 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,1} = 41,51 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,1} = -65 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = N_{Ed,1} \cdot \cos(\alpha) + V_{z,Ed,1} \cdot \sin(\alpha) = 85,84 \cdot \cos(7,4) + 41,51 \cdot \sin(7,4) = 90,47 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = N_{Ed,1} \cdot \sin(\alpha) + V_{z,Ed,1} \cdot \cos(\alpha) = 85,84 \cdot \sin(7,4) + 41,51 \cdot \cos(7,4) = 52,22 \text{ kN}$$

Šrouby: 6xM20 6.8

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

$$A = 314 \text{ mm}^2$$

$$d_0 = 22 \text{ mm}$$

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

$$d_m = 32,3 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 600 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 480 \text{ Mpa}$$

Minimální rozteče šroubů:

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 32 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \rightarrow e_2 = 49 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \text{ mm} \rightarrow p_1 = 66 \text{ mm}$$

$$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 22 = 52,8 \text{ mm} \rightarrow p_2 = 71 \text{ mm}$$

Posouzení na střih:

$$F_{v1,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{6} = \frac{52,22}{6} = 8,7kN$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 600 \cdot 314}{1,25} = 90,43kN$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{8,7}{90,43} = 0,1 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na otláčení materiálu:

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{49}{22} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{66}{22} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min(4,54; 2,5; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right)$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{32}{3 \cdot 22}; \frac{66}{3 \cdot 22} - 0,25; \frac{600}{490}; 2,5\right)$$

$$\alpha_1 = \min(0,48; 0,75; 1,22; 1) = 0,48$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,48 \cdot 490 \cdot 30 \cdot 20}{1,25} = 282,24kN$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{8,7}{282,24} = 0,03 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na tah

$$F_{t1,Ed}' = \frac{N_{ed}}{6} = \frac{85,84}{6} = 14,31kN$$

Vliv páčení:

$$t \geq t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}}$$

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

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

$$t \geq t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{30 \cdot 20^2}{32}} = 31,01$$

$t \leq t_e = 30 \leq 31,01$... *uvažujeme klopení*

$$\gamma = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_e^3 + t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{31,01^3 - 30^3}{20^2} = 1,035$$

$$\Sigma F_{1M} = \frac{M_{y,Ed}}{r} = \frac{65,00}{0,142} = 457,75\text{kN} \rightarrow F_{1M} = \frac{\Sigma F_{1M}}{6} = 76,3\text{kN}$$

$$F_{t1,Ed} = \gamma_p \cdot (F'_{t1,Ed} + F_{1M}) = 1,035 \cdot (14,31 + 76,3) = 93,78\text{kN}$$

Posouzení na přetržení

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 600 \cdot 245}{1,25} = 106,27\text{kN}$$

$$\frac{F_{t1,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1 = \frac{93,78}{106,27} = 0,88 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na protlačení (hlavy nebo matice šroubu)

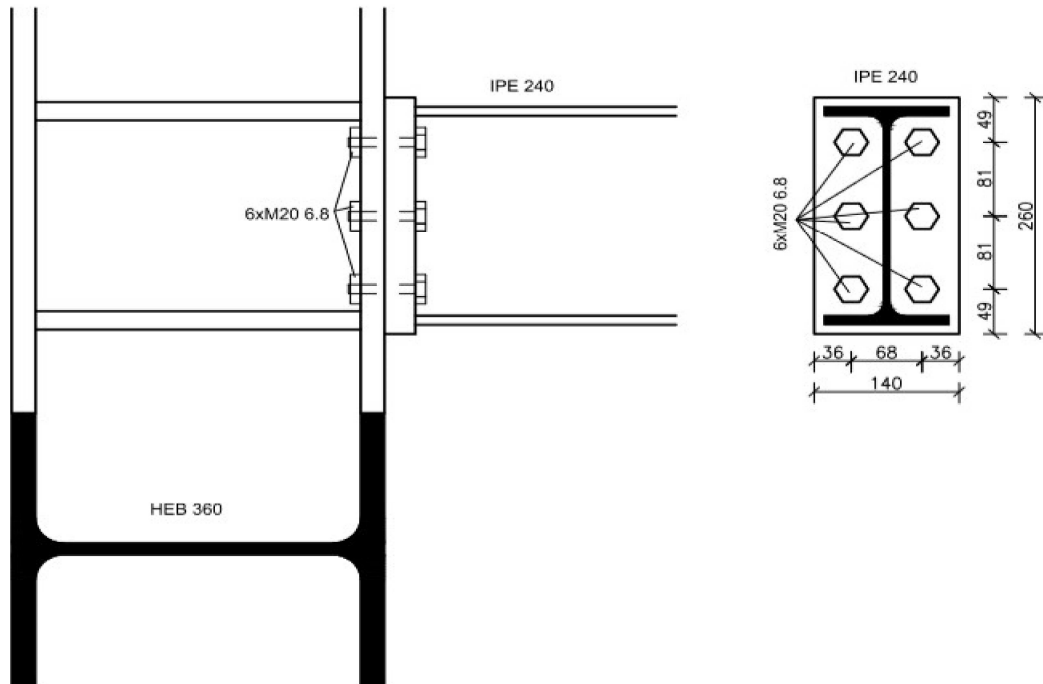
$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot d_m \cdot f_u \cdot \pi \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 32,3 \cdot 30 \cdot 490 \cdot \pi}{1,25} = 716\text{kN}$$

$$\frac{F_{t1,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{93,78}{716} \leq 1 = 0,13 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na kombinaci smyku a tahu

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t1,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = \frac{8,7}{90,43} + \frac{93,78}{1,4 \cdot 106,27} \leq 1 = 0,73 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

5.7 Přípoj sloupu a průvlaku



Obrázek 46: Spoj průvlaku na sloup

Vnitřní síly:

$N_{Ed,1} = 72,09 \text{ kN}$ (B41, kombinace 10)

$V_{z,Ed,1} = -61,04 \text{ kN}$ (B231, kombinace 11)

$M_{y,Ed,1} = -87,16 \text{ kNm}$ (B231, kombinace 11)

Šrouby: 6xM20 6.8

$d = 20 \text{ mm}$

$A = 314 \text{ mm}^2$

$d_0 = 22 \text{ mm}$

$t = 30 \text{ mm}$

$d_m = 32,3 \text{ mm}$

$f_{ub} = 600 \text{ Mpa}$

$A_s = 245 \text{ mm}^2$

$f_{yb} = 480 \text{ Mpa}$

Minimální rozteče šroubů:

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 36 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \rightarrow e_2 = 49 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \text{ mm} \rightarrow p_1 = 68 \text{ mm}$$

$$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 22 = 52,8 \text{ mm} \rightarrow p_2 = 81 \text{ mm}$$

Posouzení na stříh:

$$F_{v1,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{6} = \frac{61,86}{6} = 10,31kN$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 600 \cdot 314}{1,25} = 90,43kN$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{10,31}{90,43} = 0,11 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na otláčení materiálu:

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{49}{22} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{81}{22} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min(4,53; 3,45; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right)$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{36}{3 \cdot 22}; \frac{68}{3 \cdot 22} - 0,25; \frac{600}{490}; 2,5\right)$$

$$\alpha_1 = \min(0,55; 0,78; 1,22; 1) = 0,55$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,55 \cdot 490 \cdot 30 \cdot 20}{1,25} = 323,4kN$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{10,31}{323,4} = 0,03 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na tah

$$F_{t1,Ed}' = \frac{N_{ed}}{6} = \frac{72,09}{6} = 12,02kN$$

Vliv páčení:

$$t \geq t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}}$$

$$a=36\text{mm}$$

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

$$t \geq t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 20^2}{36}} = 30,46$$

$t \leq t_e = 30 \leq 30,46$... uvažujeme klopení

$$\gamma = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_e^3 + t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{30,46^3 - 30^3}{20^2} = 1,016$$

$$\Sigma F_{1M} = \frac{M_{y,Ed}}{r} = \frac{87,16}{0,162} = 538,03\text{kN} \rightarrow F_{1M} = \frac{\Sigma F_{1M}}{6} = 89,67\text{kN}$$

$$F_{t1,Ed} = \gamma_p \cdot (F'_{t1,Ed} + F_{1M}) = 1,016 \cdot (12,02 + 89,67) = 103,32\text{kN}$$

Posouzení na přetržení

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 600 \cdot 245}{1,25} = 106,27\text{kN}$$

$$\frac{F_{t1,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1 = \frac{103,32}{106,27} = 0,97 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na protlačení (hlavy nebo matice šroubu)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot d_m \cdot f_u \cdot \pi \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 32,3 \cdot 30 \cdot 490 \cdot \pi}{1,25} = 716\text{kN}$$

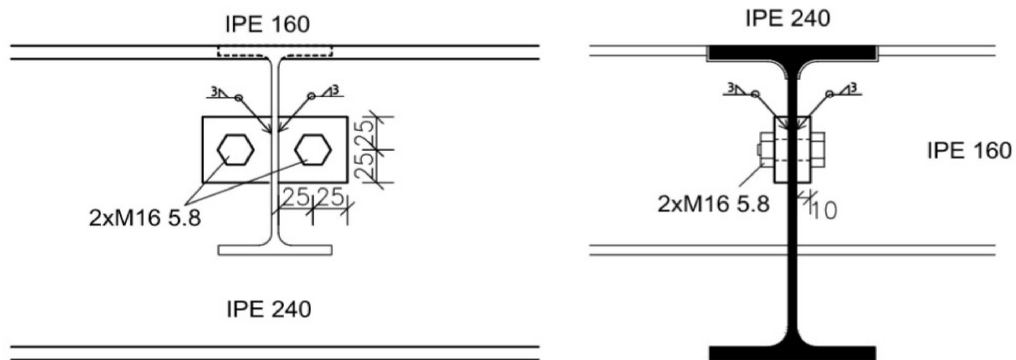
$$\frac{F_{t1,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{103,32}{716} \leq 1 = 0,14 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na kombinaci smyku a tahu

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t1,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = \frac{10,31}{90,43} + \frac{103,27}{1,4 \cdot 106,27} \leq 1 = 0,81 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

5.8 Přípoj stropnice na průvlak

DET H



Obrázek 47: Spoj průvlaku na sloup

Vnitřní síly:

$$V_{z,Ed,1} = -25,87 \text{ kN}$$

Šrouby: 2xM16 5.8

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$A = 201 \text{ mm}^2$$

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

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

$$d_m = 25,9 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 500 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 300 \text{ Mpa}$$

Minimální rozteče šroubů:

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 25 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm} \rightarrow e_2 = 25 \text{ mm}$$

Posouzení na střih:

$$F_{v1,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{6} = \frac{25,87}{2} = 12,94 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 201}{1,25} = 48,24 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{12,94}{48,24} = 0,11 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na otláčení materiálu:

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{25}{18} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{0}{22} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min(2,18; -; 2,5) = 2,18$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right)$$

$$\alpha_1 = \min\left(\frac{25}{3 \cdot 18}; \frac{0}{3 \cdot 22} - 0,25; \frac{500}{490}; 1,0\right)$$

$$\alpha_1 = \min(0,49; -; 1,02; 1) = 0,55$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,18 \cdot 0,49 \cdot 490 \cdot 10 \cdot 18}{1,25} = 75,37kN$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{12,94}{75,37} = 0,17 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení na tah oslabeného průřezu plechu

$$F_{Ed} = 25,87kN$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{NET} \cdot f_y}{\gamma_{M2}} = \frac{640 \cdot 0,9 \cdot 355}{1,25} = 163,28kN$$

$$F_{Ed} \leq F_{t,Rd} \rightarrow 25,87 \leq 163,28kN \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení svaru stropnice-styčnickový plech:

$$a_{min} = 3mm \leq a \leq a_{max} \rightarrow 3 \leq 3 \leq 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 10 = 11mm$$

$$L = 50 - 2 \cdot a = 50 - 2 \cdot 3 = 44mm$$

$$A = 4 \cdot L \cdot a = 2 \cdot 44 \cdot 3 = 264mm^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_z}{A} = \frac{25,87}{264} = 97,99MPa$$

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

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot 0^2 + 3 \cdot 97,99^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 169,72MPa \leq 435,55MPa$$

6. Kotvení

6.1 Patka 1

Beton C25/30

$a_1=800\text{mm}$

$b_1=1100\text{mm}$

$a=360\text{mm}$

$b=420\text{mm}$

$N_{c,Ed}=285,06\text{kN}$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot 1000}{800 \cdot 500}} = 1,9$$

$$F_{jd} = \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1,0 \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot 1,9}{1,5} = 31,66\text{MPa}$$

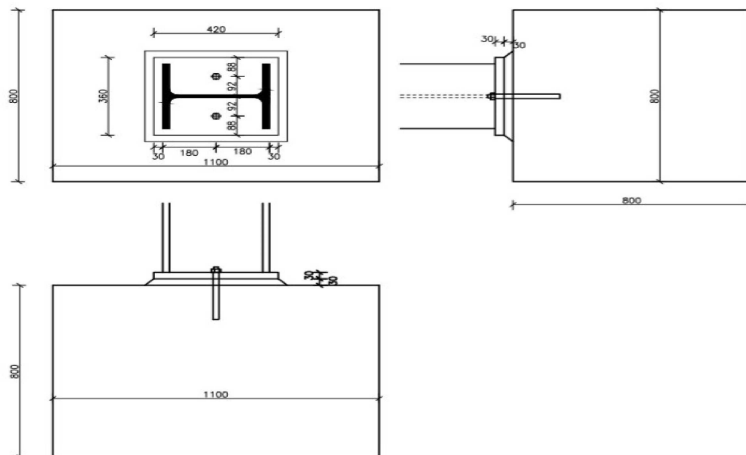
$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yk}}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 0,03 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 1,15 \cdot 31,66}} = 0,04\text{m}$$

$$A_{eff} = 0,042835\text{m}^2$$

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{cd} = 0,10076 \cdot 16,66 \cdot 10^3 = 995,06\text{kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{Rd}} = \frac{285,06}{995,06} = 0,29 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

KOTVENÍ 1



Obrázek 48: Patka 1

Svar sloup-patní plech

Sloup je přivařen koutovým svarem po celém obvodu sloupu, délka svaru je obvod sloupu

$$a=0,004\text{m}$$

$$l=1847\text{mm}$$

$$N_{Ed}=80,01\text{kN}$$

$$F_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} = 208\text{MPa}$$

$$F_{w,Rd} = F_{vw,d} \cdot a \cdot l = 208 \cdot 10^3 \cdot 0,004 \cdot 2848 = 2369,54\text{kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{F_{w,Rd}} = \frac{80,01}{2369,54} = 0,14 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

$$a_{min} = 3\text{mm} \leq a \leq a_{max} = 1,2 \cdot t_{min} = 1,2 \cdot 13 = 15,6\text{mm}$$

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

$$l=1840\text{m}$$

$$l_1 = 260\text{mm}$$

$$A = a \cdot l = 3 \cdot 240 = 720$$

$$A_1 = a \cdot l_1 = 4 \cdot 260 = 1040\text{mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{40,23}{1840 \cdot \sqrt{2}} = 15,46\text{MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_1} = \frac{28,41}{1040} = 27,31$$

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

$$\sqrt{15,46^2 + 3 \cdot 15,46^2 + 3 \cdot 27,31^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 56,51 \leq 435,56\text{MPa}$$

Posouzení kotev

Jsou navrženy 2 chemické kotvy značky Hilti produktové linie HVU s kotevním šroubem HVU M20 8.8. Kotevní charakteristiky uvedeny v příloze.

6.2 Návrh čepového spoje

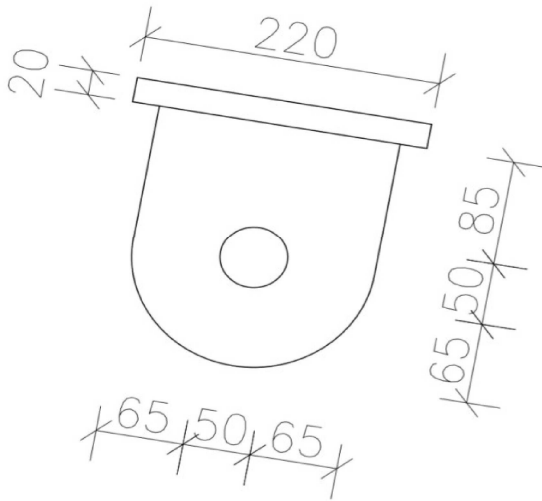
Geometrie čepu

$$a \geq \frac{F_{Ed}/\gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{2 \cdot 170,72/1}{2 \cdot 15 \cdot 355} + \frac{51}{3} = 34\text{mm}$$

Navrhuji $a=65\text{mm}$

$$a \geq \frac{F_{Ed}/\gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{2 \cdot 170,72/1}{2 \cdot 15 \cdot 355} + \frac{51}{3} = 17,02\text{mm}$$

Navrhuji $c = 65\text{mm}$



Obrázek 49: Rozměry čepového spoje

Posouzení na stříh

$$F_{sd} = 170,75\text{kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 1,96 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,25} = 333,98\text{kN}$$

$$F_{sd} \leq F_{v,Rd} \rightarrow 170,75 \leq 333,98\text{kN}$$

Únosnost na otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 0,02 \cdot 0,05 \cdot 355 \cdot 10^3}{1,0} = 532,5\text{kN}$$

$$F_{sd} \leq F_{b,Rd} \rightarrow 170,75 \leq 532,5\text{kN}$$

Únosnost v ohybu

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 1,227 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,0} = 6,53 \text{ kNm}$$

$$W_{el} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0,05^3}{32} = 1,227 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{ed}}{8} \cdot (b + 4 \cdot c + 2 \cdot a) = \frac{170,78}{8} \cdot (0,022 + 0,004 + 0,025) = 1,089 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \rightarrow 1,089 \leq 6,53 \text{ kNm}$$

Kombinace ohybu a stříhu

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,0 \rightarrow \left[\frac{1,089}{6,53} \right]^2 + \left[\frac{170,75}{333,98} \right]^2 \leq 1,0 \rightarrow 0,29 \leq 1,0$$

Posouzení desky přípoje

$$A = 0,02 \cdot 0,18 - (0,05 \cdot 0,02) = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,6 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,0} = 923 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} \geq F_{Ed} = 923 \geq 170,75 \text{ kN}$$

Návrh kotvení u čepových spojů

$$a_1 = 800 \text{ mm}$$

$$b_1 = 800 \text{ mm}$$

$$a = 500 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$N_{t,Ed} = 170,75 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} = 218,17 \text{ kN}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{800 \cdot 800}{500 \cdot 500}} = 1,6$$

$$F_{jd} = \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1,0 \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot 1,6}{1,5} = 26,66 \text{ MPa}$$

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yk}}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 0,02 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 1,15 \cdot 26,66}} = 0,032 \text{ m}$$

$$A_{eff} = 0,058162 \text{ m}^2$$

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{cd} = 0,058162 \cdot 16,66 \cdot 10^3 = 968,98 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{Rd}} = \frac{218,17}{968,98} = 0,23 \leq 1 \dots \text{vyhovuje}$$

Posouzení kotev č. spoje

Jsou navrženy 4 chemické kotvy značky Hilti produktové linie HVU s kotevním šroubem HVU M20 8.8. Kotevní charakteristiky uvedeny v příloze.