



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

OBCHODNÍ A NÁKUPNÍ CENTRUM V BRNĚ

TRADE HOUSE IN BRNO

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Serbousková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2018



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	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Kateřina Serbousková
Název	Obchodní a nákupní centrum v Brně
Vedoucí práce	Ing. Jan Barnat, Ph.D.
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

- [1] ČSN EN 1990- Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991- Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1993- Navrhování ocelových konstrukcí
- [4] Melcher J., Straka B.: Kovové konstrukce- Konstrukce průmyslových budov, SNTL Praha 1985

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné konstrukce objektu obchodního centra v lokalitě města Brna. Minimální půdorysná zastavěná plocha je 30 x 50 m. Minimální počet podlaží je stanoven na 3. Nosnou konstrukci vypracujte v předběžném návrhu ve dvou konstrukčních variantách. Pro detailní řešení zvolte vhodně jednu z variant. Pro nosnou konstrukci zvolte ocel pevnosti S355. Vypracujte statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce včetně řešení směrných detailů. Vypracujte technickou zprávu a výkresovou dokumentaci v rozsahu specifikovaném vedoucím práce.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Jan Barnat, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem nosné ocelové konstrukce obchodního centra situovaného v Brně. Zastavěná půdorysná plocha je 1973 m² (půdorys ve tvaru L s rozměry 48 m x 50 m). Konstrukce se skládá ze tří částí. Budova A má čtyři nadzemní podlaží a dosahuje výšky 25,5 m. Ocelová konstrukce pultové střechy je navržena ve dvou variantách. Obě varianty jsou tvořeny plnostěnnými vaznicemi a příhradovými vazníky. Budova B je jednopodlažní s pultovou střechou dosahující výšky 8,1 m. Budova C je třípodlažní s plochou střechou. 1.NP má konstrukční výšku 4,5 m a zbylá dvě nadzemní podlaží 3,6 m, jež se shodují s budovou A. Ocelová konstrukce je tvořena ocelobetonovými spřaženými stropy a kloubově uloženými sloupy. U ztužidel byl pomocí nelinearit vyloučen tlak.

Práce obsahuje návrh, posouzení nosné konstrukce a výpočet řešení směrných detailů. Vnitřní síly byly stanovené na základě statické analýzy ve výpočtovém programu SCIA Engineer.

KLÍČOVÁ SLOVA

Obchodní centrum, ocelová konstrukce, patrová budova, spřažená ocelobetonová konstrukce, vaznice, příhradový vazník, sloup, ztužidlo, šroubový spoj, svarový spoj

ABSTRACT

The final thesis deals with the design of the steel loadbearing structure of the shopping center situated in Brno. The built-up floor area is 1973 m² (L-shaped ground plan with dimensions 48 m x 50 m). The construction consists of three parts. Building A has four above-ground floors and reaches a height of 25.5 m. The steel structure of mono-pitched roof is designed in two options. Both options consist of full-length purlins and truss girders. Building B is a single-storey building with a mono-pitched roof top reaching 8.1 m high. Building C is three-storey with a flat roof. The first floor has a construction height of 4.5 m and the remaining two floors reach height of 3.6 m, which coincide with building A. The steel structure is made of steel-concrete composite ceilings and pin-supported columns. In the case of bracings, pressure was eliminated by means of non-linearities.

The work includes proposal, assessment of the supporting structure and calculation of the directional details. Internal forces were determined based on a static analysis in the SCIA Engineer calculation program.

KEYWORDS

Shopping centre, steel structure, multi-storey building, composite steel and concrete structure, purlin, truss girder, column, bracing, bolted joint, weld

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Kateřina Serbousková *Obchodní a nákupní centrum v Brně*. Brno, 2017. 151 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Barnat, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2018

Bc. Kateřina Serbousková
autor práce

Poděkování:

Především bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Barnatovi, Ph.D. za velmi užitečné rady, odborné připomínky, vstřícný přístup a ochotu. Dále bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za podporu, kterou mi poskytli po celou dobu studia a při zpracování závěrečné práce.

Obsah

1	ÚVOD	10
2	POROVNÁNÍ A VYHODNOCENÍ ŘEŠENÝCH VARIANT KONSTRUKCE PULTOVÉ STŘECHY	10
3	TECHNICKÁ ZPRÁVA	29
3.1	Popis konstrukce	29
3.1.1	Vaznice	29
3.1.2	Příhradový vazník	29
3.1.3	Sloupy	29
3.1.4	Průvlaky	30
3.1.5	Stropnice	30
3.1.6	Stropní deska	30
3.1.7	Ztužidla	30
3.1.8	Paždíky	30
3.1.9	Kotvení	31
3.1.10	Opláštění	31
3.1.11	Ostatní konstrukce	31
3.2	Zatížení	32
3.3	Materiál	32
3.4	Výroba konstrukce	32
3.5	Montážní postup	33
3.6	Povrchová úprava	33
3.7	Bezpečnost práce	33
4	STATICÝ VÝPOČET	34
4.1	Materiálové základní charakteristiky	34
4.1.1	Ocel	34
4.1.2	Beton	34
4.2	Výpočtový model	35
4.2.1	Náhrada stropní desky příhradovinou	35
4.2.2	Detaily modelu	35
4.2.3	Vzpěrné délky	36
4.3	Zatížení	36
4.3.1	ZS1 Vlastní tíha konstrukce	36
4.3.2	ZS2 Ostatní stálé zatížení	36
4.3.3	ZS3 Sníh rovnoměrný	39
4.3.4	ZS4 Sníh navátý	40

4.3.5	ZS5 Vítr	42
4.3.6	ZS6 Užité zatížení	47
4.3.7	Kombinace zatěžovacích stavů	47
4.4	Dimenzování a posouzení nosné konstrukce	49
4.4.1	Spřažená ocelobetonová konstrukce	49
4.4.2	Posouzení sloupu	81
4.4.3	Posouzení stěnového ztužidla	84
4.4.4	Posouzení dolního pásu vazníku	85
4.4.5	Posouzení diagonál vazníku	85
4.5	Směrné detaily	86
4.5.1	Přípoj stropnice na průvlak u střechy	86
4.5.2	Přípoj stropnice běžného podlaží na průvlak	89
4.5.3	Přípoj průvlaku na sloup	90
4.5.4	Kloubové kotvení sloupu ve ztužidlovém poli	92
4.5.5	Kloubové kotvení vnitřního sloupu	99
4.5.6	Přípoj ztužidel a stropnice ke sloupu	101
4.5.7	Svařovaný spoj diagonál na dolní pás vazníku	107
4.5.8	Uložení vazníku na sloup	111
4.5.9	Přípoj vaznice na vazník	114
4.5.10	Montážní spoje horního a dolního pásu vazníku	115
4.5.11	Montážní spoj diagonály	119
5	Výstup z výpočtového sw SCIA Engineer	121
6	Výkresy	148
6.1	Výkres kotvení	148
6.2	Detaily kotvení	148
6.3	Dispoziční výkres, půdorys 2.NP a řezy	148
6.4	Půdorys střešní konstrukce	148
6.5	Výrobní výkres vazníku, výkaz spotřeby materiálu	148
6.6	Směrné detaily	148
	ZÁVĚR	148
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	149
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	150

1 ÚVOD

Cílem diplomové práce je návrh nosné ocelové konstrukce obchodního a nákupního centra situovaného v Brně. Půdorys objektu je ve tvaru L s rozměry 48 m x 50 m. Konstrukce byla rozdělena pro přehlednost na tři části (budovy A, B, C). Budova A má čtyři nadzemní podlaží a dosahuje výšky 25,5 m. Prostor 4.NP je rozměry a zohledněným zatížením vhodný pro umístění kina. Střešní příhradová konstrukce pultové střechy byla navržena ve dvou variantách. Následující kapitola pojednává o porovnání a vyhodnocení těchto variant, přičemž dále následuje technická zpráva, statický výpočet a výkresová dokumentace (dispozice a řezy konstrukce, výrobní výkres vazníku, výkresy směrných detailů), již vhodně zvolené varianty. Budova B je jednopodlažní s obdobnou pultovou střechou vybrané varianty dosahující výšky 8,1 m. Budova C je třípodlažní s plochou střechou. Budovy A a C mají konstrukční výšku 1.NP 4,5 m a následující dvě podlaží 3,6 m. Ve vodorovném směru objektu jsou spřažené ocelobetonové prvky (průvlaky, stropnice). Většina přípojů byla navržena jako kloubová včetně kloubově uložených sloupů. Konstrukce je ztužena svislými stěnovými ztužidly v příčném i podélném směru. Opláštění je uchyceno především pomocí paždíků.

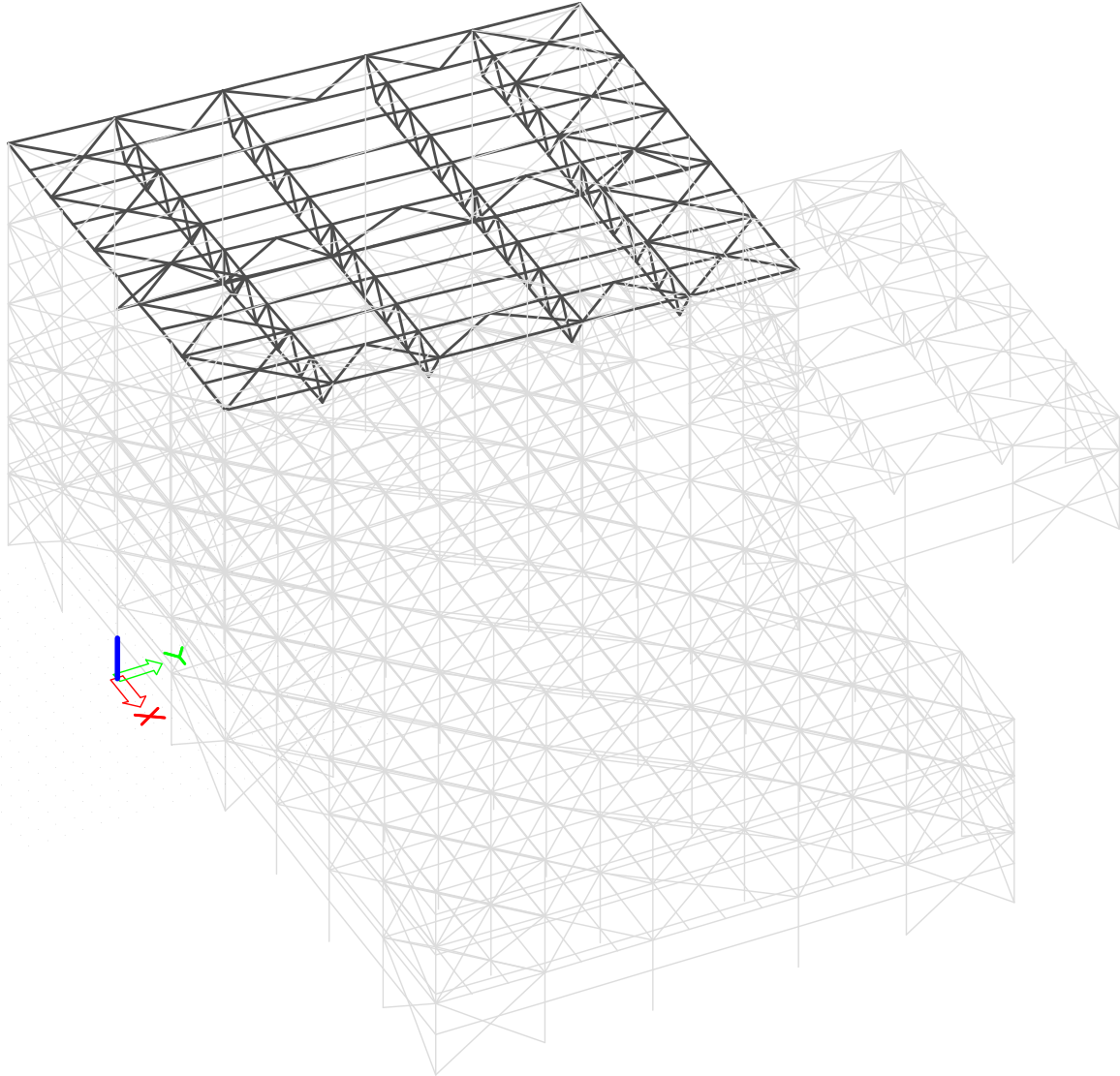
2 POROVNÁNÍ A VYHODNOCENÍ ŘEŠENÝCH VARIANT KONSTRUKCE PULTOVÉ STŘECHY

Porovnání variant

Ve SCIA Engineer byly navrženy a posouzeny dvě varianty ocelové příhradové konstrukce střechy budovy A s půdorysnými rozměry 24 m x 32 m. V obou variantách jsou nadimenzovány hlavní prvky ekonomicky k hranici MSÚ nebo MSP. V této kapitole budou okrajově rozebrány jednotlivé varianty spolu s jejich výhodami a nevýhodami.

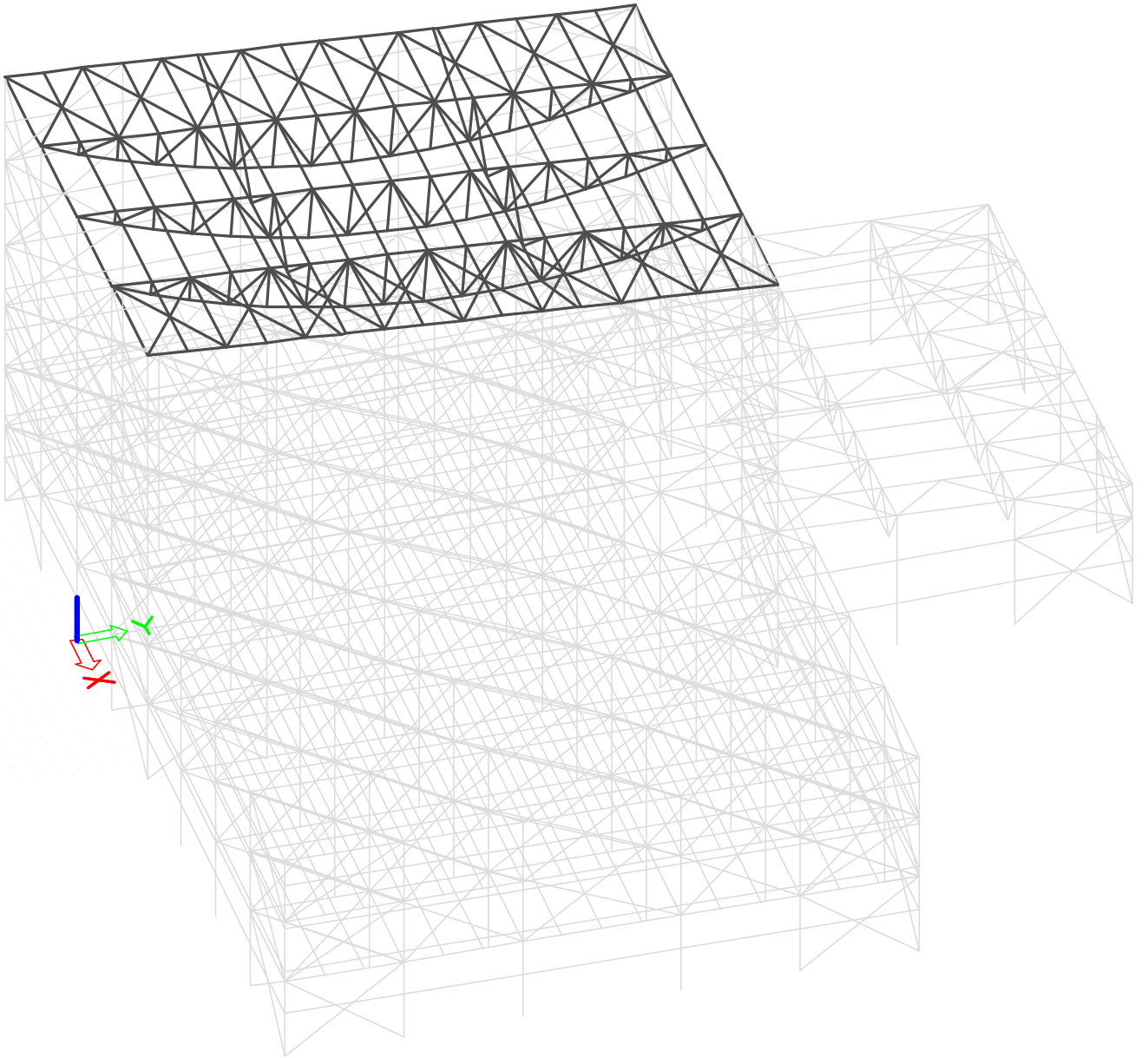
Varianta 1

Nosný systém je tvořen čtyřmi příhradovými vazníky na kratší rozpětí 24 m a systémem vaznic po 2,4 m, na kterých jsou uloženy střešní panely Kingspan KS1000 RW. Plnostěnné vaznice profilu IPE 300 jsou zajištěny proti vybočení pomocí konstrukce panelů. Vazník je přišroubován k pásnici sloupu prostřednictvím čelní desky. Horní a dolní pás příhradového vazníku se sestává z obdélníkových dutých průřezů a diagonály ze čtvercových. Spoje diagonál s horním a dolním pásem budou svařované koutovým svarem. Vzhledem k tomu, že zatížení je umístěno pouze ve styčnicích a spoje jsou idealizovány jako kloubové, budou vznikat pouze normálové síly ve vazníku. Uprostřed kratšího rozpětí se nachází podélné ztužidlo, které zkrátí vzpěrnou délku dolního pásu vazníku. Dolní pás podélného ztužidla je tvořen obdélníkovým dutým průřezem a mezipásové pruty jsou tvořeny čtvercovými dutými průřezy. Zastřešení je vyztuženo pomocí diagonál střešní části příčného ztužidla s profilem trubky, kde svislice příhradové soustavy ztužidla jsou tvořeny vaznicemi a dále je zajištěno vyztužení okapovými ztužidly.



Varianta 2

Střešní konstrukce je tvořena dvěma plnostěnnými vazníky a třemi příhradovými vazníky. Plnostěnný vazník je upevněn pomocí čepového spoje na krajní sloupy a modelován jako spojitý nosník z profilu IPE 360. Příhradový vazník má délku 32,101 m (půdorysně 32 m) a nejvyšší výšku 3 m. Vazník je symetrický, horní pás je ve sklonu 4,5° a dolní pás je zaoblený. Horní a dolní pás vazníku je z obdélníkového dutého profilu a mezipásové pruty jsou trubky, které jsou k hornímu a dolnímu pásu přivařeny koutovým svarem. Příhradový vazník je připojen na sloupy kloubově pomocí čepu a plechy přivařeny tupým svarem. Vazník je rozdělen z důvodu přepravy a snadnější manipulace na tři montážní celky. Vaznice jsou plnostěnné a kloubově uloženy na horním pásu vazníku. Navrženy jsou z profilu IPE 300 s půdorysnou vzdáleností 2 m. Příčná střešní ztužidla mají průřez trubky. Dvě podélná ztužidla jsou řešena jako příhradová s dolním pásem čtvercového dutého průřezu a s kloubově připojenými diagonálami trubkového průřezu. Tato ztužidla jsou použita pro zkrácení vzpěrné délky dolního pásu příhradového vazníku a pro zvýšení tuhosti celé konstrukce. Ztužidla jsou uvažována jako kloubově připojena.



Spotřeba oceli

Ve výkazu materiálu byla porovnána samotná konstrukce střechy:

Varianta 1 – hmotnost 27,5 tun

Výkaz materiálu

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	27513,5	703,017	3,5049e+00

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]
Vaznice A - IPE300	S 355	42,2	353,087	14911,9	409,556	7850,0	1,8996e+00
Vazník - diagonály - VHP70/70x5.0	S 355	9,7	192,000	1868,9	50,496	7850,0	2,3808e-01
Podélné ztužidlo - diagonály - VHP90/90x5.0	S 355	12,9	46,595	599,9	15,982	7850,0	7,6417e-02
Obvodový nosník - IPE240	S 355	30,7	48,000	1473,3	44,243	7850,0	1,8768e-01
Vazník - horní pás - VHP200/100x6.0	S 355	26,4	96,000	2532,1	55,584	7850,0	3,2256e-01
Vazník - dolní pás - VHP200/120x10.0	S 355	44,4	86,400	3838,8	51,581	7850,0	4,8902e-01
Podélné ztužidlo - dolní pás - VHP200/100x4.0	S 355	18,1	32,099	579,6	18,810	7850,0	7,3828e-02
Ztužidla střešní - RO88.9X4	S 355	8,4	203,460	1709,0	56,765	7850,0	2,1770e-01

Varianta 2 – hmotnost 32,5 tun

Výkaz materiálu

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	32533,9	777,699	4,1444e+00

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

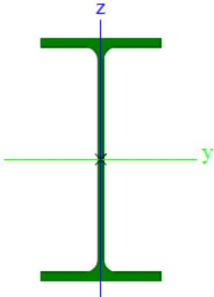
Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
Obvodový nosník - IPE220	S 355	26,2	48,000	1258,5	40,680	7850,0	1,6032e-01
Plnostěnný vazník - IPE360	S 355	57,1	64,198	3663,7	86,856	7850,0	4,6672e-01
Vaznice - Budova A - IPE300	S 355	42,2	360,000	15203,9	417,574	7850,0	1,9368e+00
Příhradový vazník - horní pás - RRO150X100X5	S 355	18,4	96,297	1768,9	46,511	7850,0	2,2533e-01
Příhradový vazník - dolní pás - RRO250X150X10	S 355	57,6	98,517	5676,4	75,464	7850,0	7,2311e-01
Příhradový vazník - diagonály - RO57X8	S 355	9,7	224,059	2163,4	40,107	7850,0	2,7559e-01
Ztužidla střešní - RO63.5X4	S 355	5,9	230,975	1356,2	45,964	7850,0	1,7277e-01
Podélné ztužidlo A - dolní pás - QRO90X5	S 355	13,2	24,000	316,5	8,424	7850,0	4,0320e-02
Podélné ztužidlo A - diagonály - RO88.9X10	S 355	19,5	57,853	1126,3	16,118	7850,0	1,4348e-01

Podle uvedených tabulek lze konstatovat, že varianta 1 je ekonomičtější z hlediska spotřeby materiálu. Konstrukce by měla být přibližně o 5 tun lehčí než u varianty 2 (což činí přibližně o 18,2 % méně oceli).

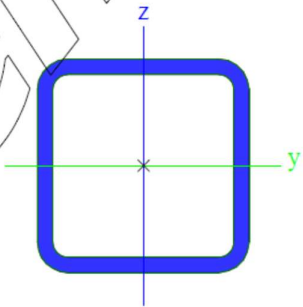
Průřezy a využitelnost oceli jednotlivých prvků:

Prvky	VARIANTA 1 Průřez / Využitelnost	VARIANTA 2 Průřez / Využitelnost
Vaznice	IPE 300 / 0,8	IPE 300 / 0,89
Horní pás vazníku	VHP 200/100x6,0 / 0,81	RRO 150x100x5,0 / 0,82
Dolní pás vazníku	VHP 200/120x10 / 0,72	RRO 250x150x10 / 0,93
Diagonály vazníku	VHP 70/70x5,0 / 0,95	RO 57x8,0 / 0,89
Dolní pás podélného ztužidla	VHP 200/100x4,0 / 0,73	QRO 90x5,0 / 0,81
Diagonály podélného ztužidla	VHP 90/90x5,0 / 0,79	RO 88,9x10 / 0,9
Střešní ztužidlo	RO 88,9x8,0 / 0,65	RO 63,5x4,0 / 0,35
Obvodový nosník	IPE 240 / 0,76	IPE 220 / 0,31

Průřezy

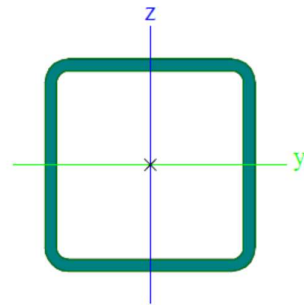
Jméno	Vaznice A	
Typ	IPE300	
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	a	
Posudek rovinného vzpěru z-z	b	
Klopení	Výchozí	
Použití 2D MKP výpočet	*	
		
A [m ²]	5,3800e-03	
A _{y, z} [m ²]	3,1835e-03	2,1775e-03
I _{y, z} [m ⁴]	8,3560e-05	6,0400e-06
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	1,2600e-07	2,0100e-07
W _{el y, z} [m ³]	5,5700e-04	8,0500e-05
W _{pl y, z} [m ³]	6,2800e-04	1,2500e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	75	150
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,1599e+00	1,1599e+00
M _{ply +, -} [Nm]	2,23e+05	2,23e+05
M _{plz +, -} [Nm]	4,45e+04	4,45e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*

Jméno	Vazník - diagonály	
Typ	VHP70/70x5,0	
Zdroj hodnot	VHP - Technische Daten / Voest-Alpine Krems / 04/99	
Materiál	S 355	
Výroba	tvářený za studena	
Posudek rovinného vzpěru y-y	c	
Posudek rovinného vzpěru z-z	c	
Klopení	Výchozí	
Použití 2D MKP výpočet	x	
		
A [m ²]	1,2400e-03	
A _{y, z} [m ²]	6,1721e-04	6,1721e-04
I _{y, z} [m ⁴]	8,4600e-07	8,4600e-07
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	7,0029e-10	1,4100e-06
W _{el y, z} [m ³]	2,4200e-05	2,4200e-05
W _{pl y, z} [m ³]	2,9417e-05	2,9417e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	35	35
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	2,6300e-01	4,9413e-01
M _{ply +, -} [Nm]	1,05e+04	1,05e+04
M _{plz +, -} [Nm]	1,05e+04	1,05e+04

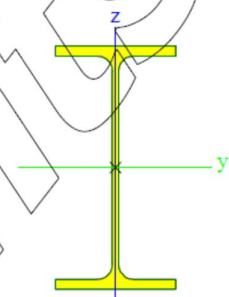
Jméno	Podélné ztužidlo - diagonály
Typ	VHP90/90x5.0
Zdroj hodnot	VHP - Technische Daten / Voest-Alpine Krems / 04/99
Materiál	S 355
Výroba	tvářený za studena

Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použití 2D MKP výpočet	x



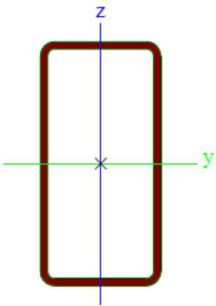
A [m ²]	1,6400e-03	
A _{y, z} [m ²]	8,1721e-04	8,1721e-04
I _{y, z} [m ⁴]	1,9300e-06	1,9300e-06
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	2,4604e-09	3,1500e-06
W _{el y, z} [m ³]	4,2900e-05	4,2900e-05
W _{pl y, z} [m ³]	5,1250e-05	5,1250e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	45	45
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	3,4300e-01	6,5413e-01
M _{ply +, -} [Nm]	1,82e+04	1,82e+04
M _{piz +, -} [Nm]	1,82e+04	1,82e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*

Jméno	Obvodový nosník	
Typ	IPE240	
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	a	
Posudek rovinného vzpěru z-z	b	
Klopení	Výchozí	
Použit 2D MKP výpočet	x	
		
A [m ²]	3,9100e-03	
A _{y, z} [m ²]	2,4315e-03	1,5295e-03
I _{y, z} [m ⁴]	3,8920e-05	2,8400e-06
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	3,7400e-08	1,2900e-07
W _{el y, z} [m ³]	3,2400e-04	4,7300e-05
W _{pl y, z} [m ³]	3,6700e-04	7,3900e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	60	120
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	9,2173e-01	9,2173e-01
M _{pl y, -} [Nm]	1,30e+05	1,30e+05
M _{pl z, -} [Nm]	2,63e+04	2,63e+04

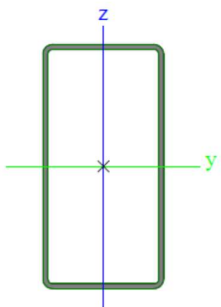
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*

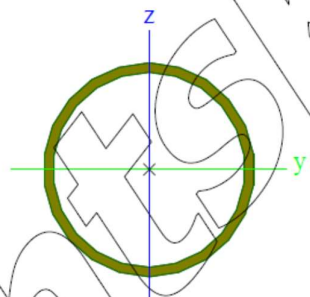
Jméno	Vazník - horní pás
Typ	VHP200/100x6.0
Zdroj hodnot	VHP - Technische Daten / Voest-Alpine Krems / 04/99
Materiál	S 355
Výroba	tvářený za studena
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použití 2D MKP výpočet	x

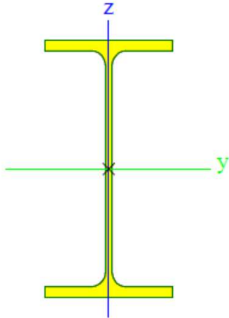
		
A [m ²]	3,3600e-03	
A _{y, z} [m ²]	1,1205e-03	2,2410e-03
I _{y, z} [m ⁴]	1,7000e-05	5,7700e-06
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	3,0000e-08	1,4100e-05
W _{el y, z} [m ³]	1,7000e-04	1,1500e-04
W _{pl y, z} [m ³]	2,1292e-04	1,3125e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	50	100
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	5,7900e-01	1,1210e+00
M _{ply +, -} [Nm]	7,57e+04	7,57e+04
M _{plz +, -} [Nm]	4,67e+04	4,67e+04

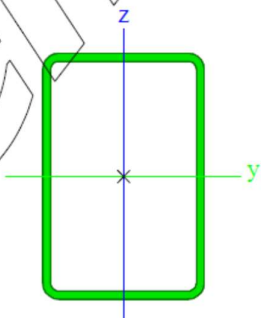
Jméno	Vazník - dolní pás		
Typ	VHP200/120x10.0		
Zdroj hodnot	VHP - Technische Daten / Voest-Alpine Krems / 04/99		
Materiál	S 355		
Výroba	tvářený za studena		
Posudek rovinného vzpěru y-y			c
Posudek rovinného vzpěru z-z			c
Klopení			Výchozí
Použit 2D MKP výpočet			x
A [m ²]	5,6600e-03		
A y, z [m ²]	2,1189e-03		3,5314e-03
I y, z [m ⁴]	2,8100e-05		1,2600e-05
I w [m ⁶], t [m ⁴]	7,6800e-08		2,9900e-05
W _{el} y, z [m ³]	2,8100e-04		2,1000e-04
W _{pl} y, z [m ³]	3,5417e-04		2,4875e-04
d y, z [mm]	0		0
c YUSS, ZUSS [mm]	60		100
α [deg]	0,00		
A L, D [m ² /m]	5,9700e-01		1,1310e+00
M _{ply} +, - [Nm]	1,26e+05		1,26e+05
M _{plz} +, - [Nm]	8,86e+04		8,86e+04

Jméno	Podélné ztužidlo - dolní pás
Typ	VHP200/100x4.0
Zdroj hodnot	VHP - Technische Daten / Voest-Alpine Krems / 04/99
Materiál	S 355
Výroba	tvářený za studena
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x

		
A [m ²]	2,3000e-03	
A y, z [m ²]	7,6468e-04	1,5294e-03
I y, z [m ⁴]	1,2000e-05	4,1100e-06
I w [m ⁶], t [m ⁴]	2,0000e-08	9,8400e-06
W _{el} y, z [m ³]	1,2000e-04	8,2200e-05
W _{pl} y, z [m ³]	1,4792e-04	9,1667e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	50	100
α [deg]	0,00	
A L, D [m ² /m]	5,8600e-01	1,1473e+00
M _{ply} +, - [Nm]	5,25e+04	5,25e+04
M _{plz} +, - [Nm]	3,25e+04	3,25e+04
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		

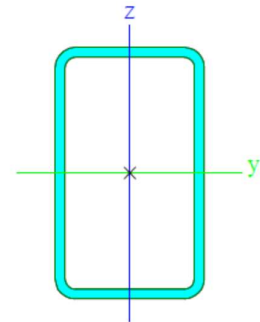
Jméno	Ztužidla střešní		
Typ	RO88.9X4		
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1		
Materiál	S 355		
Výroba	válcovaný		
Posudek rovinného vzpěru y-y	a		
Posudek rovinného vzpěru z-z	a		
Klopení	Výchozí		
Použití 2D MKP výpočet	x		
			
A [m ²]	1,0700e-03		
A y, z [m ²]	6,7920e-04		6,7920e-04
I y, z [m ⁴]	9,6300e-07		9,6300e-07
I w [m ⁶], t [m ⁴]	1,5887e-42		1,9260e-06
Wel y, z [m ³]	2,1700e-05		2,1700e-05
Wpl y, z [m ³]	2,8832e-05		2,8832e-05
d y, z [mm]	0		0
c YUSS, ZUSS [mm]	44		44
α [deg]	0,00		
A L, D [m ² /m]	2,7900e-01		5,3342e-01
Mply +, - [Nm]	1,02e+04		1,02e+04
Mplz +, - [Nm]	1,02e+04		1,02e+04

Jméno	Obvodový nosník	
Typ	IPE220	
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	a	
Posudek rovinného vzpěru z-z	b	
Klopení	Výchozí	
Použit 2D MKP výpočet	x	
		
A [m ²]	3,3400e-03	
A y, z [m ²]	2,0643e-03	1,3244e-03
I y, z [m ⁴]	2,7720e-05	2,0500e-06
I w [m ⁶], t [m ⁴]	2,2700e-08	9,0700e-08
Wel y, z [m ³]	2,5200e-04	3,7300e-05
Wpl y, z [m ³]	2,8500e-04	5,8100e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	55	110
α [deg]	0,00	
A L, D [m ² /m]	8,4750e-01	8,4750e-01
Mply +, - [Nm]	1,01e+05	1,01e+05
Mplz +, - [Nm]	2,06e+04	2,06e+04
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		

Jméno	Příhradový vazník - horní pás	
Typ	RRO150X100X5	
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1	
Materiál	S 355	
Výroba	tvářený za studena	
Posudek rovinného vzpěru y-y	c	
Posudek rovinného vzpěru z-z	c	
Klopení	Výchozí	
Použit 2D MKP výpočet	x	
		
A [m ²]	2,3400e-03	
A _{y, z} [m ²]	9,3377e-04	1,4007e-03
I _{y, z} [m ⁴]	7,1900e-06	3,8400e-06
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,1719e-08	8,0700e-06
W _{el y, z} [m ³]	9,5900e-05	7,6800e-05
W _{pl y, z} [m ³]	1,1700e-04	8,8300e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	50	75
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	4,8300e-01	9,3413e-01
M _{ply +, -} [Nm]	4,14e+04	4,14e+04
M _{plz +, -} [Nm]	3,13e+04	3,13e+04

Jméno	Příhradový vazník - dolní pás
Typ	RRO250X150X10
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný

Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



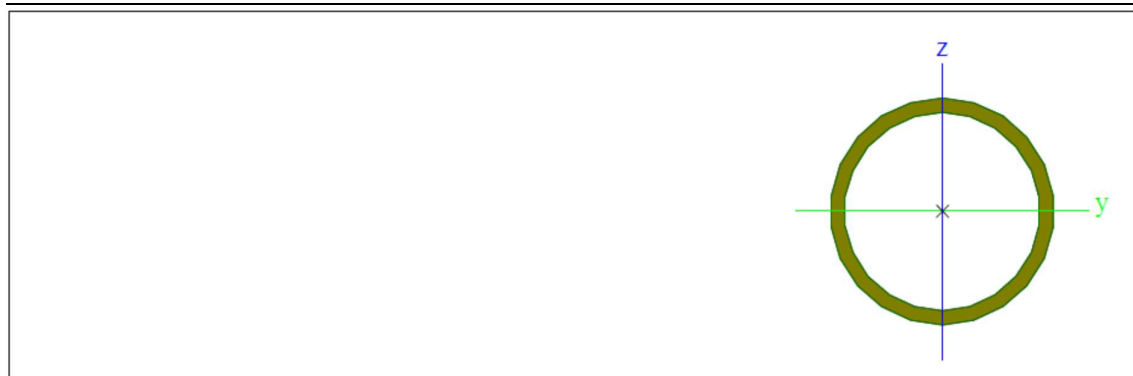
A [m ²]	7,3400e-03	
A _{y, z} [m ²]	2,7516e-03	4,5861e-03
I _{y, z} [m ⁴]	5,9600e-05	2,6800e-05
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	2,3437e-07	6,0800e-05
W _{el y, z} [m ³]	4,7700e-04	3,5800e-04
W _{pl y, z} [m ³]	5,9300e-04	4,1600e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	75	125
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	7,6600e-01	1,4683e+00
M _{ply +, -} [Nm]	2,10e+05	2,10e+05
M _{plz +, -} [Nm]	1,47e+05	1,47e+05

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská

Jméno	Příhradový vazník - diagonály	
Typ	RO57X8	
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	a	
Posudek rovinného vzpěru z-z	a	
Klopení	Výchozí	
Použití 2D MKP výpočet	x	
A [m ²]	1,2300e-03	
A _{y, z} [m ²]	7,8400e-04	7,8400e-04
I _{y, z} [m ⁴]	3,7900e-07	3,7900e-07
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	7,7295e-43	7,5800e-07
W _{el y, z} [m ³]	1,3300e-05	1,3300e-05
W _{pl y, z} [m ³]	1,9208e-05	1,9208e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	29	28
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,7900e-01	3,0786e-01
M _{ply +, -} [Nm]	6,88e+03	6,88e+03
M _{plz +, -} [Nm]	6,88e+03	6,88e+03

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská

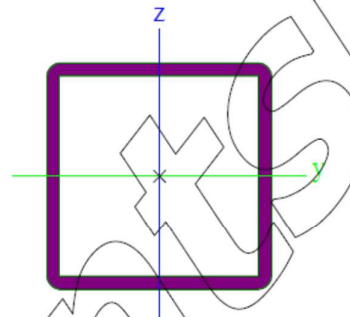
Jméno	Ztužidla střešní
Typ	RO63.5X4
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	7,4800e-04	
A y, z [m ²]	4,7600e-04	4,7600e-04
I y, z [m ⁴]	3,3200e-07	3,3200e-07
I w [m ⁶], t [m ⁴]	7,1558e-43	6,6400e-07
Wel y, z [m ³]	1,0500e-05	1,0500e-05
Wpl y, z [m ³]	1,4161e-05	1,4161e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	32	32
α [deg]	0,00	
A L, D [m ² /m]	1,9900e-01	3,7383e-01
Mply +, - [Nm]	5,03e+03	5,03e+03
Mplz +, - [Nm]	5,03e+03	5,03e+03

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská

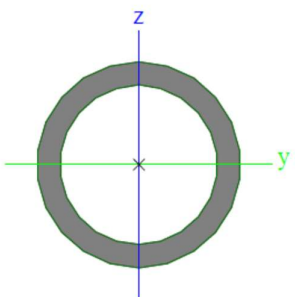
Jméno	Podélné ztužidlo A - dolní pás
Typ	QRO90X5
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	tvářený za studena
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	1,6800e-03	
A _{y, z} [m ²]	8,3907e-04	8,3907e-04
I _{y, z} [m ⁴]	2,0100e-06	2,0100e-06
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	2,4604e-09	3,1100e-06
W _{el y, z} [m ³]	4,4700e-05	4,4700e-05
W _{pl y, z} [m ³]	5,3300e-05	5,3300e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	45	45
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	3,5100e-01	6,7137e-01
M _{ply +, -} [Nm]	1,89e+04	1,89e+04
M _{plz +, -} [Nm]	1,89e+04	1,89e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská

Jméno	Podélné ztužidlo A - diagonály
Typ	RO88.9X10
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použití 2D MKP výpočet	x

		
A [m ²]	2,4800e-03	
A y, z [m ²]	1,5780e-03	1,5780e-03
I y, z [m ⁴]	1,9600e-06	1,9600e-06
I w [m ⁶], t [m ⁴]	6,9924e-42	3,9200e-06
W _{el} y, z [m ³]	4,4100e-05	4,4100e-05
W _{pl} y, z [m ³]	6,2252e-05	6,2252e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	44	44
α [deg]	0,00	
A L, D [m ² /m]	2,7861e-01	4,9572e-01
M _{ply} +, - [Nm]	2,22e+04	2,22e+04
M _{plz} +, - [Nm]	2,22e+04	2,22e+04

Deformace konstrukce:

Varianta 1

$$\text{Celková deformace: } \delta = 22,9 \text{ mm} \leq \frac{H}{500} = \frac{25\,500}{500} = 51 \text{ mm}$$

$$\text{Průhyb příhradového vazníku: } \delta = 36,9 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{24\,000}{250} = 96 \text{ mm}$$

Varianta 2

$$\text{Celková deformace: } \delta = 22,4 \text{ mm} \leq \frac{H}{500} = \frac{25\,500}{500} = 51 \text{ mm}$$

$$\text{Průhyb příhradového vazníku: } \delta = 60,3 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{32\,101}{250} = 128 \text{ mm}$$

Vyhodnocení variant

Pro detailní zpracování byla vybrána varianta 1. Hlavním aspektem pro výběr dané konstrukce je výrazně menší pracnost při realizaci díky velikosti a zaoblení příhradového vazníku s rozdílnými rozměry svislic a diagonál. Dále rozhoduje nižší hmotnost a menší počet styčniců a jejich pracnost.

3 TECHNICKÁ ZPRÁVA

3.1 Popis konstrukce

Nosná konstrukce obchodního centra je řešena jako ocelový skelet z oceli S355 JO. Budovy A a B jsou obdélníkového půdorysu s rozměry 24 m x 32 m a 24 m x 18 m. Budova C je polygonálně zakřivena a dotváří půdorys celého objektu do tvaru L s celkovými rozměry 48 m x 50 m. Svislými nosnými prvky jsou kloubově uložené plnostěnné sloupy, nejčastěji v osové vzdálenosti 6 m, s profily dle zatížení. Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna stropní spřaženou betonovou deskou, ve výpočtovém modelu nahrazenou stropním příhradovým ztužidlem, a příhradovými stěnovými/střešními ztužidly. Stropnice a průvlaky jsou spřaženy s betonovou deskou pomocí trapézového plechu a trny. Veškerá připojení jsou kloubová.

Svislice stěnových ztužidel jsou v modelu tvořeny stropními nosníky nebo pažďíky (v případě 4. NP budovy A, kde konstrukční výška dosahuje 13,8 m). Konstrukční výšky budov A a C jsou 1. NP 4,5 m, 2.NP a 3.NP 3,6 m. Plochá jednoplášťová střecha budovy C je řešena jako spřažená. Odvod vody je zajištěn spádovou vrstvou střešní konstrukce.

Příhradové vazníky podporující vaznice tvoří konstrukci pultové střechy budovy A a B, jejichž sklony jsou ve stejném směru. Sklon budovy A ($4,5^\circ$) a budovy B (3°) zajišťují odvod vody. Střešní příhradová ztužidla jsou ve střešních konstrukcích pultových střech doplněna příhradovými okapovými ztužidly.

3.1.1 Vaznice

Vaznice je uvažována u budovy B jako prostý nosník, u budovy A jako gerberův nosník. Gerberův nosník je modelován přes pět polí. Osové vzdálenosti polí (sloupů) jsou po 6 m, kromě středního pole, jehož rozpětí je 8 m. Dva klouby jsou vloženy ve vhodných vzdálenostech od podpor (vazníků) ve středním poli a krajní pole obsahují jeden kloub. Vaznice jsou navrženy z válcovaných profilů IPE 300. Uloženy jsou ve sklonu pultové střechy. Připojení na horní pás příhradového vazníku je provedeno pomocí dvojice šroubů, úhelníku a přivařeného podložky. V modelu je přípoj uvažován jako kloubový. Střešní panely Kingspan zajišťují stabilitu vaznic.

3.1.2 Příhradový vazník

Vazník je proveden jako příhradový s vodorovným dolním a horním pásem obdélníkového trubkového průřezu ve směru kratšího půdorysného rozměru. Diagonály jsou čtvercového trubkového průřezu. Spojení diagonál k pásům je provedeno koutovými svary. Vazník je rozdělen na tři montážní celky z důvodu velkého rozpětí. Šroubový spoj je použit pro vyjímatelnou diagonálu a montážní spoje dolního a horního pásu.

3.1.3 Sloupy

Sloupy jsou navrženy z profilů HEB. Sloupy budovy B jsou z profilu HEB 200. Budova C je tvořena sloupy z profilu HEB 220, které jsou taktéž zvoleny i pro vnitřní sloupy budovy A. Ostatní sloupy (nejvyšší krajní sloupy budovy A) jsou z profilu HEB 300. Do základové patky jsou sloupy kotvené neposuvným kloubem pomocí patního plechu. Vodorovné síly u sloupů ztužidlového pole jsou přeneseny smykovou zarážkou z profilu HEB. U ostatních sloupů je přenos vodorovné síly zajištěn třením. Sloupy jsou stykovány po jednotlivých podlažích montážními svary.

3.1.4 Průvlaky

Průvlaky jsou navrženy nejčastěji na rozpětí 6 m (střední pole 8 m). Pro stropní konstrukci i konstrukci střechy budovy C je použit profil IPE 450. Průvlaky jsou uvažovány jako prosté nosníky kloubově uložené na sloupech. Spoj je řešen jako šroubový pomocí přivařených čelní desky. Průvlaky jsou spřažené se stropní deskou pomocí ocelových spřahovacích trnů s hlavou.

3.1.5 Stropnice

Stropnice jsou navrženy nejčastěji na rozpětí 6 m (střední pole 8 m) ve vzdálenostech 2 m. Pro stropní konstrukci i konstrukci střechy budovy C je použit profil IPE 240. Stropnice jsou uvažovány jako prosté nosníky kloubově uložené na průvlacích. Spoj je řešen jako šroubový pomocí přivařených čelní desky. Horní hrana stropnice lícuje s horní hranou průvlaku. Stropnice jsou spřažené se stropní deskou pomocí ocelových spřahovacích trnů s hlavou.

3.1.6 Stropní deska

Stropní deska je tuhá a vybetonována na ztracené bednění z trapézového plechu TR 40/183 tloušťky 1 mm. Nad horní úroveň vln trapézového plechu je výška stropní desky 65 mm. Trapézový plech je na stropnice kladen v pozitivní poloze. Vlny trapézového plechu jsou ke stropnicím orientovány kolmo.

3.1.7 Ztužidla

Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna střešními a stěnovými ztužidly. Stěnová ztužidla navazují na příčná střešní ztužidla. Stěnová i střešní ztužidla jsou navržena z trubek profilu TR 88,9x4. Ztužidla jsou navržena na tah s vyloučeným tlakem pomocí nelineárního výpočtu. V případě tlakového namáhání jsou uvažována jako vybočená a nepočítá se s nimi. Jedno ze ztužidel musí odolávat dvojnásobným tahovým účinkům. K nosným prvkům jsou připojena šroubovým spojem přes styčnickové plechy. Detail křížení prutů ztužidel je proveden s jedním prutem průběžným a druhým prutem přerušeným v místě křížení. Skrze průběžný prut je v místě křížení drážkou provlečen a přivařen styčnickový plech. Oba konce přerušeného prutu jsou opatřeny kruhovým víčkem s kolmo navařeným plechem a jsou šrouby přichyceny ke styčnickovému plechu.

3.1.8 Paždíky

Paždíky jsou nejčastěji rozmístěny po výšce 2,55 m po celém obvodu konstrukce. Jsou provedeny z profilu RRO 180/120/5 a slouží ke zkrácení vzpěrné délky sloupů, zajištění tuhosti konstrukce a přichycení konstrukce stěnového pláště. Přenáší zatížení od větru a obvodového pláště. Působí jako prostý nosník a uvažovány jsou jako kloubově připojené. Upevněny jsou pomocí šroubových spojů ke sloupům. Paždíky jsou ke sloupům fixovány čepy z nerezavějící oceli, které se nasouvají z drážky v paždíku do otvoru ve sloupu a zajišťují tak paždíky ve správné poloze.

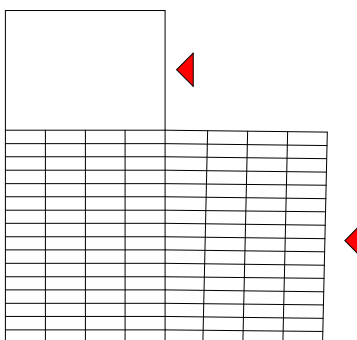
3.1.9 Kotvení

Kotvení sloupů je navrženo jako kloubové. Je řešeno dodatečně osazenými kotvicími šrouby HILTI HAS-E M16 a M12 z korozivzdorné oceli pevnostní třídy 5.8 lepených pomocí chemické kotvy HILTI HIT-RE 500. Patní plech je z oceli S355. Přenos vodorovné síly u sloupů, které jsou součástí stěnových ztužidel, je zabezpečen pomocí smykové zarážky z profilu HEB. U ostatních sloupů je vodorovná síla přenesena třením. Základová patka je navržena z betonu pevnostní třídy C20/25.

3.1.10 Opláštění

Střešní plášť pultových střech je tvořen izolačními panely Kingspan KS1000 RW tloušťky 100 mm s kotvením viditelným ve vlně trapézu. Pro upevnění panelů k vaznici se použijí závitotvorné šrouby z nerezové oceli s těsnící podložkou a kalotou. Systém střešního pláště je k vaznicím upevněn ve směru sklonu střechy upevňovacími prvky. Panely jsou ošetřeny antikorozi povrchovou úpravou. Skladba ploché střechy budovy C je uvedena níže v kapitole zatížení.

Stěnový plášť je tvořen izolačními panely Kingspan KS1000 AWP tl. 150 mm se skrytými kotevními prvky. Panely jsou připevňovány k nosné konstrukci samovrtnými šrouby. Skleněné fasádní tabule jsou umístěny u hlavních vchodů znázorněných na obr.



3.1.11 Ostatní konstrukce

Příčky budou u většiny případů provedeny z důvodu nižšího zatížení a mobility ze sádkartonu. Mezi obchodními plochami budou příčky sádkartonové ze zdvojeného SDK tloušťky 150 mm kvůli snadné přizpůsobivosti dispozičnímu řešení. Mezi vytápěnými a nevytápěnými prostory budou příčky zatepleny nenasákavým extrudovaným polystyrenem a opatřeny voděodolnými deskami se vzduchovou mezerou. V technickém zázemí z důvodu snadného uchycení konzol pro rozvody a zařízení budou zděné příčky.

U podlah pronajímatelných ploch je ponechán prostor 20 mm a typ lícové vrstvy podlahy bude věcí nájemce. Podlahy budou navrženy na předepsané požární zatížení a požadovanou protiskluznost ve veřejných prostorech. Provedení podlahy bude převážně bez kročejové akustické izolace. V kapitole zatížení je v lícové vrstvě keramická dlažba, která je uvažována jako nejběžnější povrch obchodního centra.

Sádkartonové podhledy budou se zabudovaným osvětlením a průběžnými liniovými výstky VZT. Do řešení nejsou zahrnuty svislé komunikační prostory a konstrukce, předpokládá se, že vzhledem k aplikovanému zatížení nemají výrazný vliv na návrh konstrukce a budou ve formě prefabrikátů.

3.2 Zatížení

Zatížení působící na konstrukci je stanovené v souladu s ČSN EN 1991. Charakteristická tíha sněhu a střední rychlost větru jsou stanoveny pro město Brno. Tato lokalita je ve sněhové oblasti II, kde charakteristická hodnota zatížení sněhem je $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$. Případy působení tohoto zatížení jsou uvedeny ve statickém výpočtu.

Brno se nachází ve větrné oblasti II, která je definována základní rychlostí větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$. Případy tohoto zatížení jsou uvedeny ve statickém výpočtu.

Další uvažované zatížení sestává z vlastní tíhy konstrukce, užitého zatížení a ostatního stálého zatížení, které zahrnuje podlahy, střechu a obvodový plášť. Užité zatížení pro běžné podlaží ploch obchodních domů spadá do kategorie D2, jejíž charakteristická hodnota zatížení je 5 kN/m^2 , ke kterému je připočteno zatížení od přemístitelných přiček. Pro užité zatížení na střeše, která je nepřístupná s výjimkou údržby a spadá do kategorie H, je charakteristická hodnota zatížení $0,4 \text{ kN/m}^2$.

Tato zatížení jsou uspořádána do zatěžovacích stavů a zařazena do dvou kombinací ve výpočtovém programu SCIA Engineer MSÚ (STR/GEO) Soubor B a MSP charakteristická.

3.3 Materiál

Základním materiálem nosné ocelové konstrukce je ocel třídy S355 J0 ($f_u = 490 \text{ MPa}$). Pro běžné ocelové šroubované spoje jsou předpokládány šrouby vysokopevnostní jakosti 8.8., pokud není uvedeno ve statickém výpočtu jinak. Trapézový plech je z oceli S320GD. Beton spřažených stropních desek je třídy C30/37. Styčnickové a patní plechy jsou z oceli S355 J0. Betonové patky a základy jsou z betonu třídy C20/25. Kotvicí šrouby jsou z korozivzdorné oceli pevnostní třídy 5.8. Podlití je z vysokopevnostní cementové malty. Nosné svary jsou provedeny jako dílenské i montážní. Minimální účinná výška svaru je 3 mm, pokud není uvedeno jinak. Elektrody pro svařované spoje musí odpovídat materiálu S355 J0.

3.4 Výroba konstrukce

Výroba konstrukce proběhne ve výrobním závodě v souladu s ČSN EN 1090-2+A1 (Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí. Část 2: technické požadavky na ocelové konstrukce). Materiál musí být při výrobě zbaven hrubých nečistot a vyrovnán v rámci mezních úchylek stanovených v ČSN 73 2611 (Úchylky rozměrů a tvarů ocelových konstrukcí). Ve výrobním závodě budou jednotlivé části konstrukce opatřeny antikorozní úpravou povrchu. Poté jednotlivé dílce budou převezeny na stavbu a smontovány. Dle ČSN EN 1090-2+A1 je stanovena výrobní kategorie EXC2, která vychází z matice, u které je zapotřebí znát třídu následků, kategorii použitelnosti a výrobní kategorii. Třída následků je určena jako CC2 (střední následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo značné následky ekonomické, sociální nebo pro životní prostředí; obytné a administrativní budovy a budovy určené pro veřejnost, kde jsou následky poruchy středně závažné). Kategorie použitelnosti byla zvolena jako SC1 (konstrukce a komponenty navržené jen pro kvazistatické zatížení, např. budovy). Výrobní kategorie vybrána jako PC2 (svařované dílce vyrobené z výrobků z oceli S355 a vyšší pevnostní třídy).

3.5 Montážní postup

První fází výstavby budou terénní úpravy a vybetonování základových patek pro sloupy a základových pasů z betonu C 20/25. U patek ztužidlového pole bude v betonové patce vytvořena kapsa pro smykovou zarážku. Proběhne osazení sloupů s přivařeným patním plechem, na kterém je případně přivařena smyková zarážka. Je nutné horizontální podepření. Pomocí klínek, které jsou umístěné pod patním plechem, se dosáhne rektifikace správné polohy sloupu. Poté proběhne podlití z vysokopevnostní cementové malty (výška podlití je 30 mm). Kotvení sloupů proběhne pomocí dodatečného kotvení v podobě chemických kotev HILTI HIT-RE 500 se šrouby HAS-E. Spoje sloupů budou provedeny po jednotlivých podlažích montážními svary.

Dále proběhne montáž stěnových ztužidel. Poté bude provedena montáž průvlaků, které jsou liniově podepřeny, a následně montáž stropnic. Veškeré přípoje budou provedeny jako šroubované. Vodorovná tuhost konstrukce bude zajištěna trapézovým plechem, který je upevněn k nosníkům spřahovacími trny. Po zkontrolování montážních spojů a spřahovacích trnů bude vybetonována stropní deska spřažená s ocelovou konstrukcí. Zpracování, ochrana a ošetření betonu po betonáži budou respektovat ČSN EN 13 670. Po dostatečném ztuhnutí betonu (28 dní) je možné odstranit liniové podepření průvlaků a provádět rozvody vzduchotechniky, ležatých a stoupacích potrubí, rošty pro kabeláže a rozvody sprinklerů.

Na nosnou konstrukci 4.NP bude osazena konstrukce střechy. Montážní celky vazníku budou na stavbě smontovány. Horní a dolní pás bude spojen prostřednictvím montážních šroubových přípojů (čelní desky) a diagonály budou v místech spoje opatřeny montážními svary. Celý vazník bude vyzvednut na odpovídající sloupy. Přibližná hmotnost jednoho vazníku je 2,1 t. Navrženy jsou dva jeřáby ČKD Tatra 815 AD 20T, které vykazují dostatečnou nosnost (nosnost jeřábu: 20 t / 3 m; výška zdvihu: 29 m / 2,2 t). Na vazníky se připevní vaznice a střešní ztužidla.

V poslední fázi budou montovány paždíky a bude osazena sekundární konstrukce pro uchycení panelů Kingspan a skleněných panelů. Po montáži panelů bude provedeno lemování konstrukce a budou opraveny nátěry v rizikových místech na poškození.

3.6 Povrchová úprava

Povrchová úprava ocelové konstrukce bude provedena základním antikoročním nátěrem dle stupně korozní agresivity C2 dle ČSN EN ISO 12 944. Na konstrukci bude nanesena základní vrstva nátěru 100 µm. Následně proběhne ochrana protipožárním nátěrem. Kotvicí šrouby nesmí být povrchově chráněné ochranným nátěrem. V dolní části sloupů je nezbytné opatření ochrannou izolací proti zemní vlhkosti. Spojovací materiál je uvažován jako pozinkovaný.

3.7 Bezpečnost práce

Bezpečnost práce a ochrana zdraví při práci bude zajištěna zhotovitelem stavebních prací. Bude dodržen zákoník práce. Během realizace stavby je dodavatel povinen dbát na dodržování všech platných bezpečnostních, požárních a hygienických předpisů. Důležité je dodržování vyhlášky bezpečnosti práce č. 601/2006 Sb. v platném znění

4 STATICKÝ VÝPOČET

4.1 Materiálové základní charakteristiky

4.1.1 Ocel

S355

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

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ MPa}$$

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

$$G = 81 \text{ GPa}$$

4.1.2 Beton

Betonová stropní deska – C30/37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 32 \text{ GPa}$$

Základové konstrukce – C20/25

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

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ MPa}$$

4.2 Výpočtový model

Konstrukce byla navržena a posuzována ve výpočtovém sw programu SCIA Engineer. Výpočtový model byl zvolen jako „Rám XYZ“. Použity byly pouze prutové prvky. Veškeré zatížení bylo vloženo přímo na pruty. Pro výpočet vnitřních sil konstrukce byl použit lineární i nelineární výpočet. Nelineární výpočet proběhl metodou Picard a byl zvolen pro využití nelinearit (vyloučení tlaku) u stěnových a střešních ztužidlech.

4.2.1 Náhrada stropní desky příhradovinou

Spřažené konstrukce se díky velké tuhosti betonové desky chovají jako prostorově tuhé systémy. Ve výpočetním modelu byla zohledněna absence betonové desky a nahrazena ekvivalentními příhradovými pruty. Příhradovina je z oceli S355, má kruhový plný průřez s plochou získanou z následujícího vztahu a nulovou hmotnost.

$$EA = \frac{G \cdot t \cdot (L_a^2 + L_b^2)^{3/2}}{2 \cdot L_a \cdot L_b} \rightarrow A = \frac{G \cdot t \cdot (L_a^2 + L_b^2)^{3/2}}{2 \cdot L_a \cdot L_b \cdot E}$$

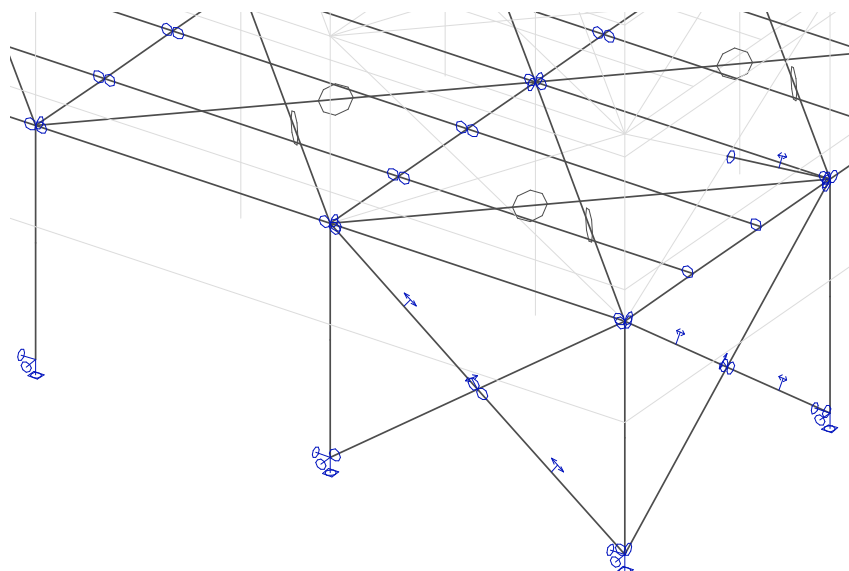
Například pro nejběžnější pole stropní konstrukce je průměr kruhového průřezu náhradní příhradoviny stanoven jako:

$$A = \frac{81 \cdot 10^9 \cdot 0,08 \cdot (6^2 + 6^2)^{3/2}}{2 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 210 \cdot 10^9} = 0,26 \text{ m}^2 \rightarrow D = 575 \text{ mm}$$

Prvky nahrazující tuhost desky jsou zadány jako „FEM typ“ a tím je zapříčiněno, že v prutu vznikají pouze osové síly. V každém poli jsou zadány dva tyto pruty s příslušnou průřezovou plochou, čímž je zajištěno, že deformace od vodorovného zatížení jsou přibližně stejné jako u betonové desky.

4.2.2 Detaily modelu

Sloupy mají kloubové podpory a jsou modelovány po jednotlivých patrech. Průvlaky, stropnice, ztužidla, vaznice, vazník, paždíky jsou připojeny kloubově.



4.2.3 Vzpěrné délky

Vzpěrné délky nejvíce namáhaných prutů, které byly ručně posouzeny v kapitole 4.4, byly v modelu zadány následovně:

Sloup:

Prut B2232 - u nejvíce namáhaného sloupu, který je nejvyšší (25,5 m) a náleží ztužidlovému poli u budovy A. Vzpěrné délky l_y a l_z po 3.NP jsou dány konstrukční výškou podlaží (1.NP = 4,5 m; 2-3.NP = 3,6 m). U 4. NP jsou vzpěrné délky l_y zkráceny svislicemi ztužidla, které jsou ve vzdálenostech 3,6 m, 5,1 m a 5,1 m. Vybočení ve druhém směru je zabráněno až konstrukcí střechy, tudíž vzpěrná délka l_z je 13,8 m. Vzpěrné délky u ostatních ručně neposuzovaných sloupů jsou zadány obdobně.

Ztužidlo:

Prut B1240 - stěnové ztužidlo 1.NP budovy C. Vzpěrné délky l_y a l_z jsou dány u všech stěnových i střešních ztužidel délkou průběžného prutu a u přerušného prutu ztužidla se vzpěrná délka prutu dvojnásobí (u nesymetrických prutů se rovnají vzpěrné délky celkové délce přerušného prutu).

Vazník:

Dolní pás vazníku - prut B1648 u 5. vazníku budovy C. Vzpěrná délka l_y , pro vybočení v rovině vazníku, je rovna vzdálenosti styčníků diagonálních prutů (2,4 m). Vzpěrná délka l_z , pro vybočení z roviny, je rovna vzdálenosti připojení k sloupu a podélného ztužidla (13,2 m).

Diagonála vazníku - prut B1354 u 2. vazníku budovy A. Vzpěrné délky l_y a l_z jsou rovny délce diagonál (2,4 m).

Vzpěrná délka l_y horního pásu vazníku, pro vybočení v rovině vazníku, je rovna vzdálenosti styčníků diagonálních prutů (2,4 m). Vzpěrná délka l_z , pro vybočení z roviny, je rovna vzdálenosti vaznic (2,4 m).

4.3 Zatížení

4.3.1 ZS1 Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha konstrukce generována v programu SCIA Engineer.

4.3.2 ZS2 Ostatní stálé zatížení

Zatížení střechy

Budova A, B:

Střešní panel Kingspan KS1000 RW tl. 100 mm, hmotnost 11,53 kg/m²

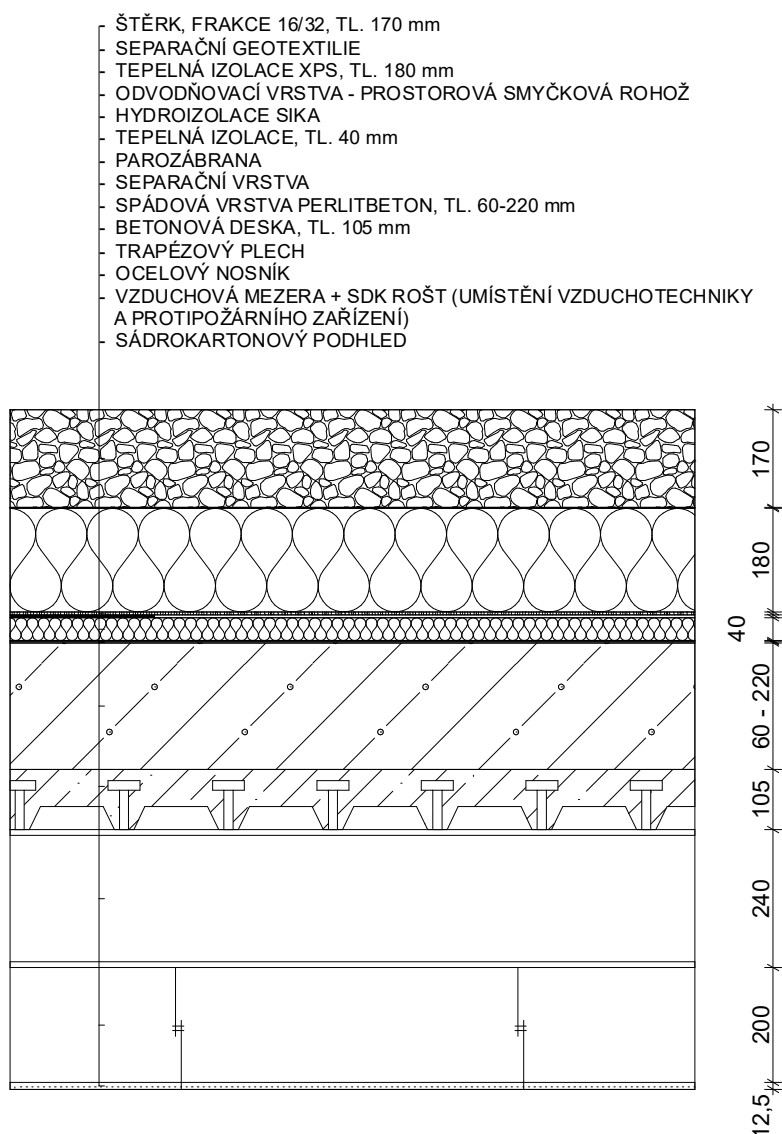
$g_{k1} = 0,1153 + 0,0058 = 0,1211 \text{ kN/m}^2$

(5% - upevňovací prvky)

Akustický podhled – zatížení na vaznice – 0,015 kN/m²

Vzduchotechnika – 0,5 kN/m²

Budova C: Nepochozí střecha



Materiál	Tloušťka [mm]	Objemová tíha [kN/m ³]	g _k [kN/m ²]
Štěrk 16/32	170	13	2,2
Separáčnı geotextilie	3	-	0,01
Tepelná izolace XPS	180	0,3	0,054
Odvodňovací vrstva	8	-	0,01
Hydroizolace sika	3	-	0,03
Tepelná izolace	40	0,3	0,01
Parozábrana	1	-	0,002
Separáčnı vrstva	3	-	0,01
Spádová vrstva – perlitbeton	220	3	0,66
Vzduchotechnika, sprinklery	-	-	0,5
Sádrokartonovı podhled	-	-	0,18

Celkem g_{k2} = 3,67 kN/m²

Vlastní tíhy použitých ocelových nosníků jsou doplněny v každé kapitole návrhu a posouzení vybraných nosných prvků.

Zatížení stěn

Stěnový panel Kingspan KS1000 AWP tl. 150 mm, hmotnost 14,77 kg/m²

$$g_{k3} = 0,1477 + 0,0074 = 0,1551 \text{ kN/m}^2$$

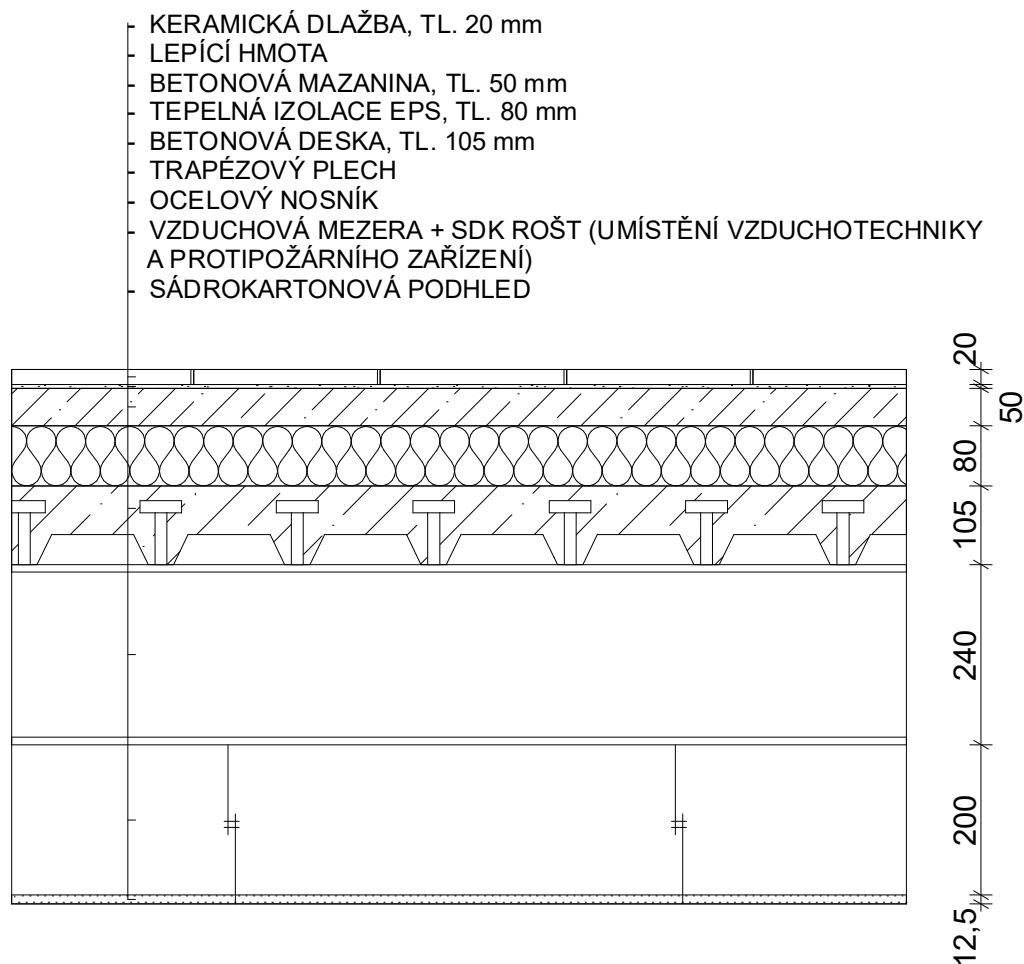
(upevňovací prvky)

Skleněné panely

$$g_{k4} = 0,75 + 0,0375 = 0,7875 \text{ kN/m}^2$$

(upevňovací prvky)

Skladba stropu a podlah



Materiál	Tloušťka [mm]	Objemová tíha [kN/m ³]	g _k [kN/m ²]
Keramická dlažba	20	22	0,44
Betonová mazanina	50	24	1,2
Izolace EPS	80	0,3	0,03
Vzduchotechnika, sprinklery	-	-	0,5
Sádrokartonový podhled	-	-	0,18

$$\text{Celkem } g_{k5} = 2,35 \text{ kN/m}^2$$

Užitné zatížení od skladování není při návrhu stropní konstrukce uvažované, poněvadž obchody se skladovacími prostory jsou situovány výhradně v 1.NP.

4.3.3 ZS3 Sníh rovnoměrný

Sněhová oblast II - Brno

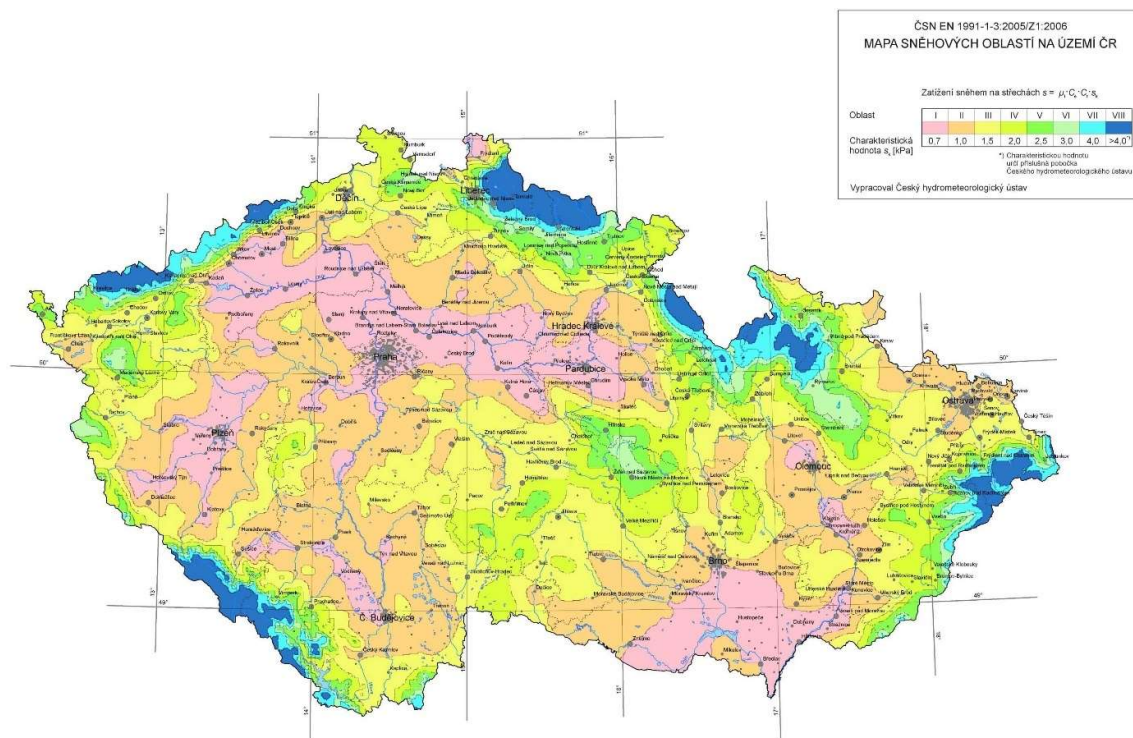
Charakteristická hodnota zatížení sněhem $S_k=1,0 \text{ kN/m}^2$

Součinitel expozice („normální“ typ krajiny) $C_e=1,0$

Tepelný součinitel (nedochází k prostupu tepla) $C_t=1,0$

Výpočet charakteristické hodnoty zatížení:

$$S_i = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = \mu_i \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0 \cdot \mu_i \text{ kN/m}^2$$



Zdroj: ČSN EN 1991-1-3, str. 50

Sníh rovnoměrný

Tvarový součinitel

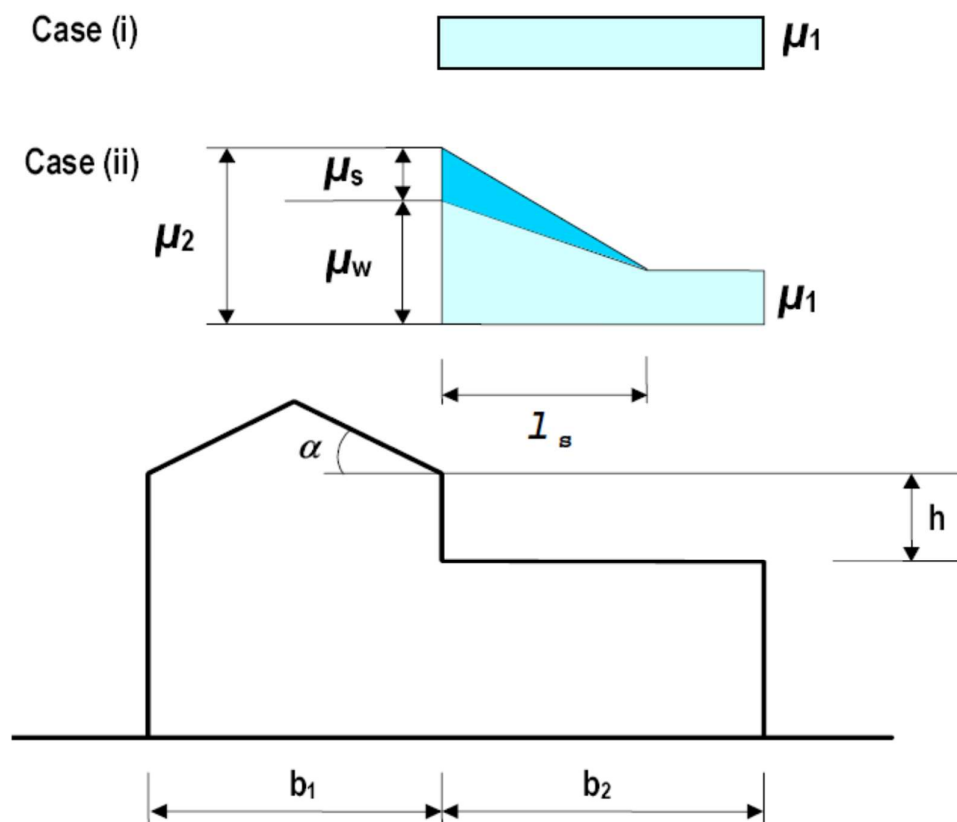
$$\mu_1 = 0,8 \text{ (pro } \alpha < 30^\circ \text{)}$$

$$S_1 = S_i \cdot \mu_1 = 1,0 \cdot 0,8 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

4.3.4 ZS4 Sníh navátý

Délka návěje je určena vztahem:

$$l_s = 2 \cdot h \quad \text{doporučené omezení délky návěje: } 5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m}$$



Zdroj: EN 1991-1-3, s. 29

$$l_{s1} = 2 \cdot h_1 = 2 \cdot 14,883 = 29,766 \text{ m} \rightarrow l_{s1} = 15 \text{ m}$$

$$l_{s2} = 2 \cdot h_2 = 2 \cdot \left(13,8 - \frac{2,517}{2}\right) = 25,083 \text{ m} \rightarrow l_{s2} = 15 \text{ m}$$

$$b_{21} = 18 \text{ m} \quad \mu_{12} = 0,8$$

$$b_{22} = 24,415 \text{ m} \quad \mu_{22} = 0,8$$

$$b_{21}, b_{22} \geq l_s$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

μ_s ...tvarový součinitel zohledňující sesuv sněhem z horní střechy

$$\alpha \leq 15^\circ \rightarrow \mu_s = 0 \text{ (nevažuje se sesuv sněhu)}$$

μ_w ...tvarový součinitel zatížení sněhem zohledňující působení větrů

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} \leq \frac{\gamma \cdot h}{s_k}$$

doporučený rozsah: $0,8 \leq \mu_w \leq 4,0$

γ ...objemová tíha sněhu ($\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$)

$$\mu_{w1} = \frac{32 + 18}{2 \cdot 14,883} = 1,68 \leq \frac{2 \cdot 14,883}{1,0} = 29,77$$

$$\mu_{w2} = \frac{24 + 24,415}{2 \cdot 12,5415} = 1,93 \leq \frac{2 \cdot 14,883}{1,0} = 29,77$$

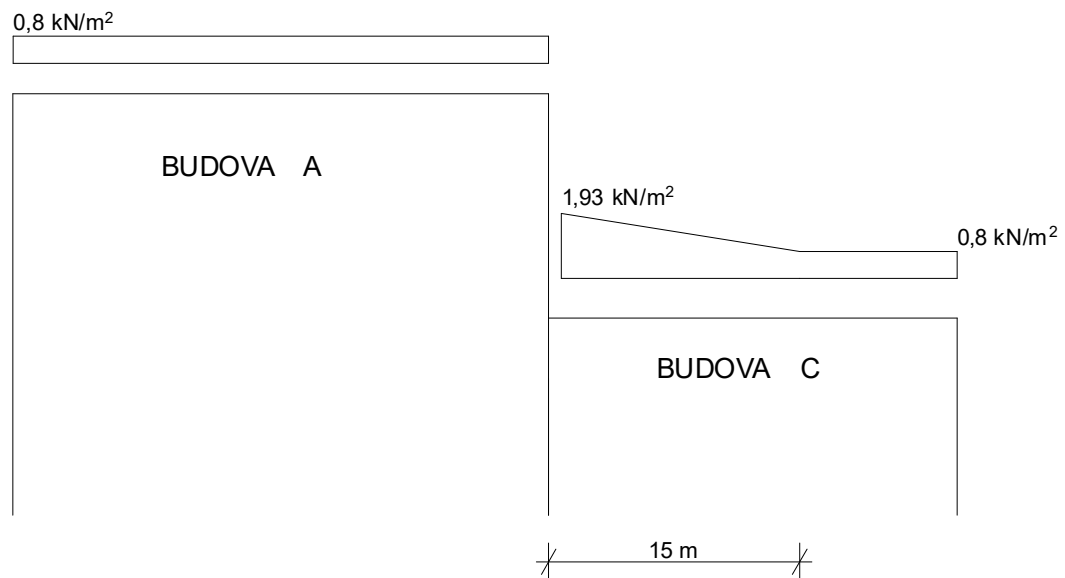
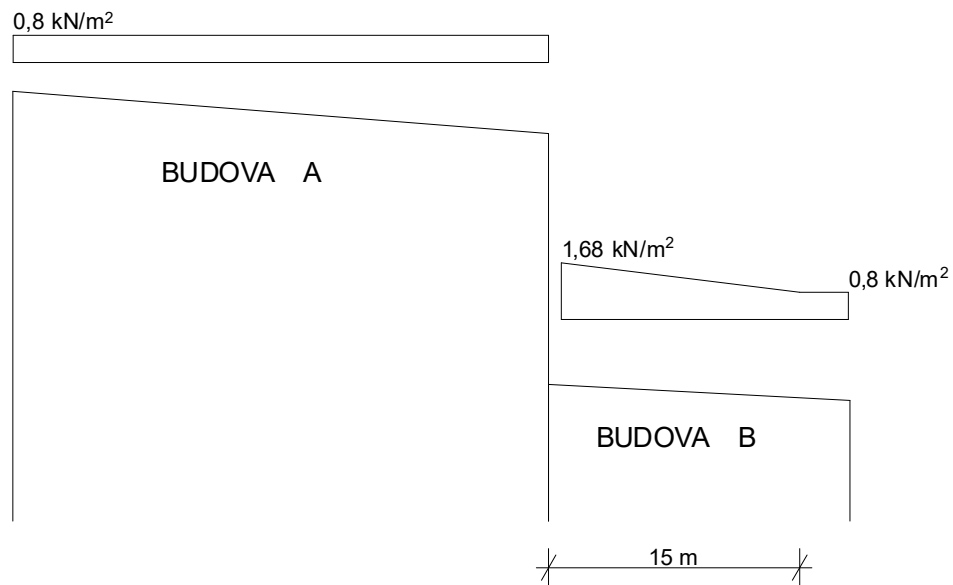
$$\mu_{21} = 1,68$$

$$\mu_{22} = 1,93$$

$$S_1 = S_i \cdot \mu_1 = 1,0 \cdot 0,8 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{21} = S_i \cdot \mu_{21} = 1,0 \cdot 1,68 = 1,68 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{22} = S_i \cdot \mu_{22} = 1,0 \cdot 1,93 = 1,93 \text{ kN/m}^2$$



4.3.5 ZS5 Vítr

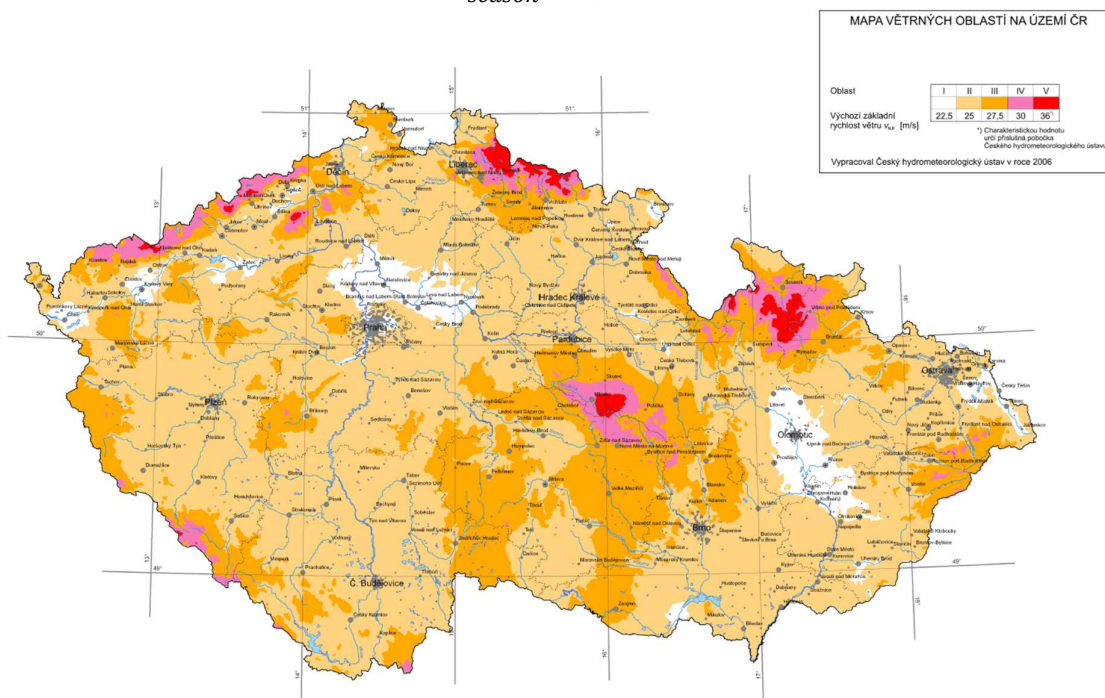
Větrná oblast II - Brno

Kategorie terénu II (území bez překážek)

Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

Součinitel směru větru $c_{dir} = 1,0$

Součinitel ročního období $c_{season} = 1,0$



Zdroj: ČSN EN 1991-1-4, str. 125

Základní rychlost větru:

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

Součinitel ortografie $c_o(z) = 1,0$

Parametr drsnosti terénu $z_0 = 0,05 \text{ m}$

Minimální výška $z_{min} = 2 \text{ m}$

Maximální výška $z_{max} = 200 \text{ m}$

Výška objektu $z = 25,5 \text{ m}$

Součinitel terénu:

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m} \quad \text{kategorie terénu II}$$

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

Součinitel drsnosti:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \cdot \ln \left(\frac{25,5}{0,05} \right) = 1,1845$$

Střední rychlost větru:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 1,1845 \cdot 1,0 \cdot 25 = 29,61 \text{ m/s}$$

Součinitel turbulence $k_1 = 1,0$

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

Intenzita turbulence:

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{25,5}{0,05}\right)} = 0,16$$

Maximální dynamický tlak:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = [1 + 7 \cdot 0,16] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 29,61^2 = 1,1617 \text{ kN/m}^2$$

Tlak větru na vnější povrchy:

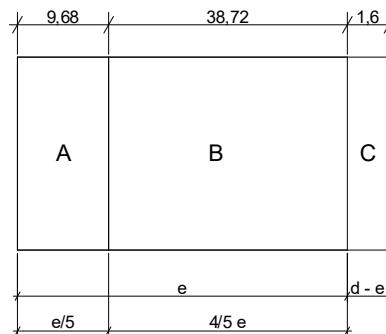
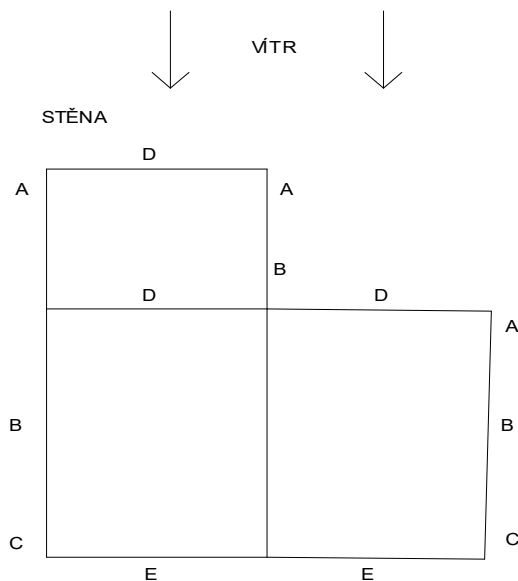
$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} \quad \text{obecný vztah pro výpočet zatížení}$$

c_{pe} ... součinitel vnějšího tlaku v závislosti na geometrii konstrukce dle ČSN EN 1991-1-4

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A \dots \text{pro plochy v rozmezí } 1 < A < 10 \text{ m}^2$$

$$\text{jinak } c_{pe} = c_{pe,10}$$

Vítr podélný (0°)



Stěna:

$$b = 48,4 \text{ m}$$

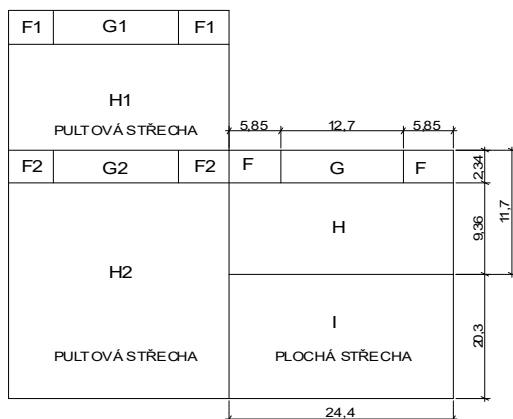
$$d = 50 \text{ m}$$

$$h = 25,5 \text{ m}$$

$$e = 48,4 \text{ m (} e = \min \{b; 2h\})$$

$$\frac{h}{d} = 0,51$$

STŘECHA



Plochá střecha (ostré hrany):

$$b = 24,4 \text{ m}$$

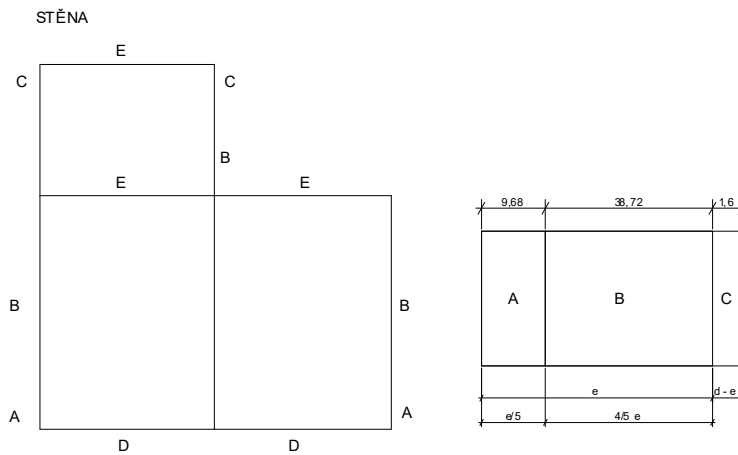
$$d = 32 \text{ m}$$

$$h = 11,7 \text{ m}$$

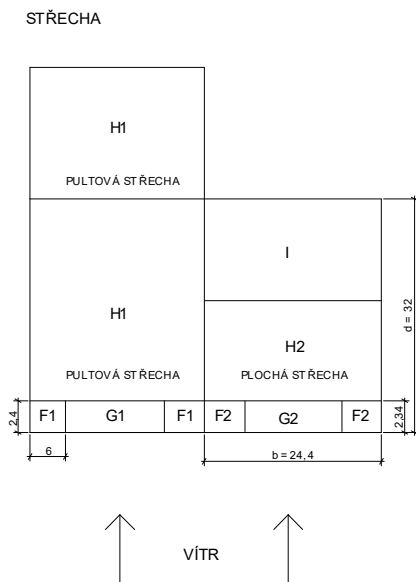
$$e = 23,4 \text{ m}$$

Oblast	c_{pe}	$q_p(z)$ [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
A	-1,2	1,1617	-1,394 (sání)
B	-0,8	1,1617	-0,929
C	-0,5	1,1617	-0,581
D	+0,735	1,1617	+0,854 (tlak)
E	-0,369	1,1617	-0,429
F	-1,8	1,1617	-2,091
G	-1,2	1,1617	-1,394
H	-0,7	1,1617	-0,813
I	$\pm 0,2$	1,1617	$\pm 0,232$
F1	-2,337	1,1617	-2,715
G1	-1,3	1,1617	-1,51
H1	-0,8	1,1617	-0,929
F2	-1,7 nebo 0	1,1617	-1,975 nebo 0
G2	-1,2 nebo 0	1,1617	-1,394 nebo 0
H2	-0,6 nebo 0	1,1617	-0,697 nebo 0

Vítr podélný (180°)



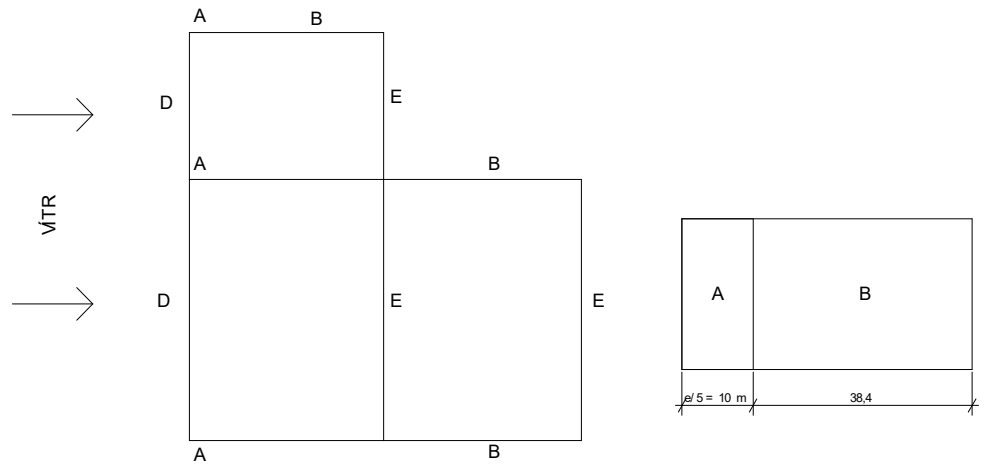
$b = 48,4$ m
 $d = 50$ m
 $h = 25,5$ m
 $e = 48,4$ m



Oblast	c_{pe}	$q_p(z)$ [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
A	-1,2	1,1617	-1,394
B	-0,8	1,1617	-0,929
C	-0,5	1,1617	-0,581
D	+0,735	1,1617	+0,854
E	-0,369	1,1617	-0,429
F1	-2,3	1,1617	-2,672
G1	-1,3	1,1617	-1,51
H1	-0,8	1,1617	-0,929
F2	-1,8	1,1617	-2,091
G2	-1,2	1,1617	-1,394
H2	-0,7	1,1617	-0,813
I	±0,2	1,1617	±0,232

Vítr levý (90°)

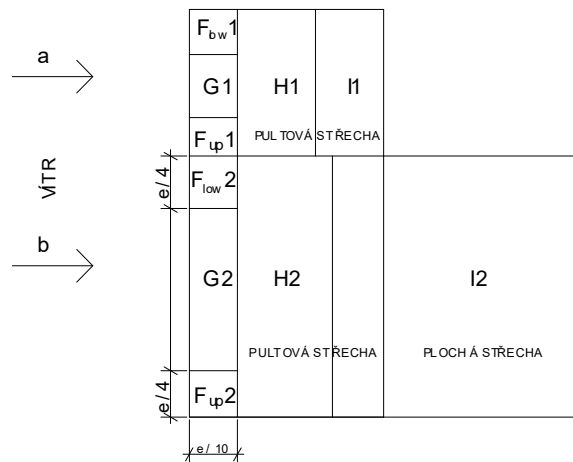
Stěna:
 $b = 50$ m
 $d = 48,4$ m
 $h = 25,5$ m
 $e = 50$ m
 $\frac{h}{d} = 0,527$



STŘECHA

Střecha:
pro a: $e = 16,2$ m

pro b: $e = 32$ m



Oblast	c_{pe}	$q_p(z)$ [kN/m^2]	w_e [kN/m^2]
A	-1,2	1,1617	-1,394
B	-0,8	1,1617	-0,929
D	+0,737	1,1617	+0,856
E	-0,374	1,1617	-0,434
F _{up1}	-2,192	1,1617	-2,546
F _{low1}	-2,155	1,1617	-2,503
G1	-1,8	1,1617	-2,091
H1	-0,6	1,1617	-0,697
I1	-0,5	1,1617	-0,581
F _{up2}	-2,1	1,1617	-2,4396
F _{low2}	-2,1	1,1617	-2,4396
G2	-1,8	1,1617	-2,091
H2	-0,6	1,1617	-0,697
I2	-0,5	1,1617	-0,581

Vítr pravý (90°)

Stěna:

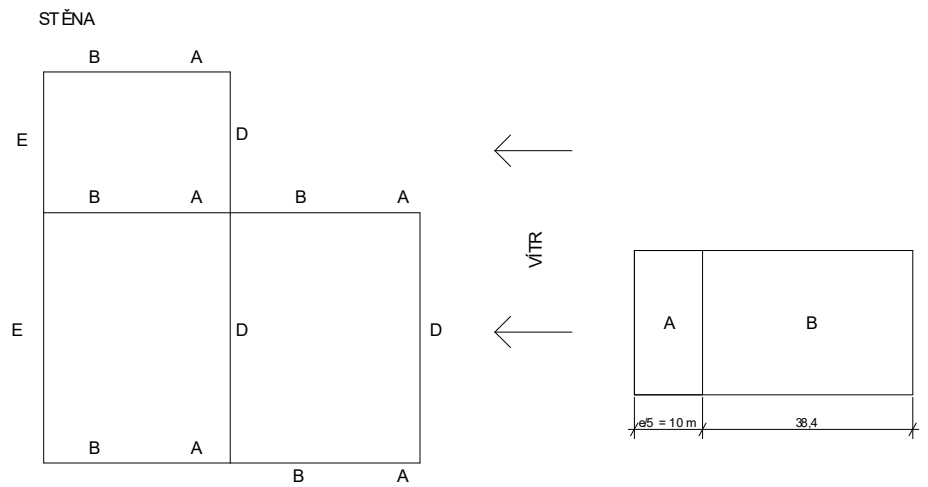
$$b = 50 \text{ m}$$

$$d = 48,4 \text{ m}$$

$$h = 25,5 \text{ m}$$

$$e = 50 \text{ m}$$

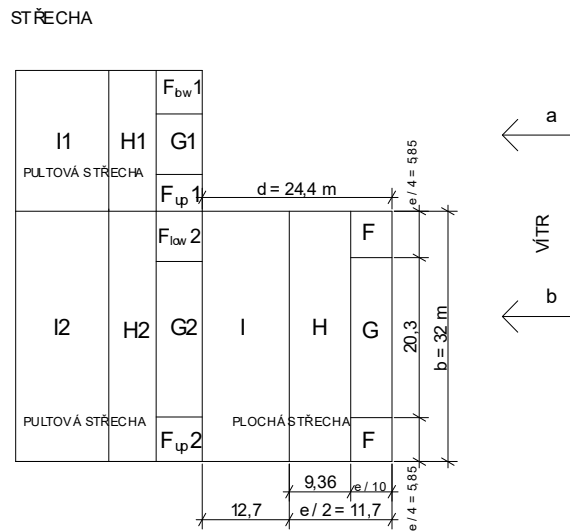
$$\frac{h}{d} = 0,527$$



Plochá střecha:

$$e = 23,4 \text{ m}$$

$$h = 11,7 \text{ m}$$



Oblast	c_{pe}	$q_p(z)$ [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
A	-1,2	1,1617	-1,394
B	-0,8	1,1617	-0,929
D	+0,737	1,1617	+0,856
E	-0,374	1,1617	-0,434
F _{up1}	-2,192	1,1617	-2,546
F _{low1}	-2,155	1,1617	-2,503
G1	-1,8	1,1617	-2,091
H1	-0,6	1,1617	-0,697
I1	-0,5	1,1617	-0,581
F _{up2}	-2,1	1,1617	-2,4396
F _{low2}	-2,1	1,1617	-2,4396
G2	-1,8	1,1617	-2,091
H2	-0,6	1,1617	-0,697
I2	-0,5	1,1617	-0,581
F	-1,8	1,1617	-2,091
G	-1,2	1,1617	-1,394
H	-0,7	1,1617	-0,813
I	±0,2	1,1617	±0,232

Tření větrem

Třecí síly vznikají na plochách rovnoběžných se směrem větru, jež jsou vzdáleny od okraje budovy 2b nebo 4h (menší rozhoduje). Pro všechny směry i budovy platí, že délka plochy rovnoběžné se směrem větru je vždy menší než menší z hodnot 2b nebo 4h a tudíž tření u posuzovaného objektu nevzniká.

4.3.6 ZS6 Užitné zatížení

Užitné zatížení pro běžné podlaží

- kategorie D2 - plochy obchodních domů 5 kN/m²
 - ekvivalentní rovnoměrné zatížení od přemístitelných příček s vlastní tíhou < 2 kN/m 0,8 kN/m²
- Σ 5,8 kN/m²

Užitné zatížení na střeše

- kategorie H - střechy nepřístupné s výjimkou údržby 0,4 kN/m²

4.3.7 Kombinace zatěžovacích stavů

Pro posouzení mezních stavů únosnosti pro trvalé a dočasné návrhové situace jsou vytvořené zatěžovací kombinace dle rovnic 6.10a a 6.10b dle platné normy a ve výpočtech jsou uvažovány nejnejpříznivější hodnoty.

Rovnice 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Součinitelé zatížení:

$\gamma_G = 1,35$ pro nepříznivý účinek a 1,0 pro příznivý

$\gamma_G = 1,5$ pro nepříznivý účinek a 0 pro příznivý účinek

Kombinační součinitelé:

$\psi_0 = 0,5$ pro zatížení sněhem

$\psi_0 = 0,6$ pro zatížení větrem

$\psi_0 = 0$ pro užitné zatížení kategorie H (nepřístupné střechy)

$\psi_0 = 0,7$ pro užitné zatížení kategorie D (obchodní plochy)

Pro posouzení mezního stavu použitelnosti je použita charakteristická kombinace:

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

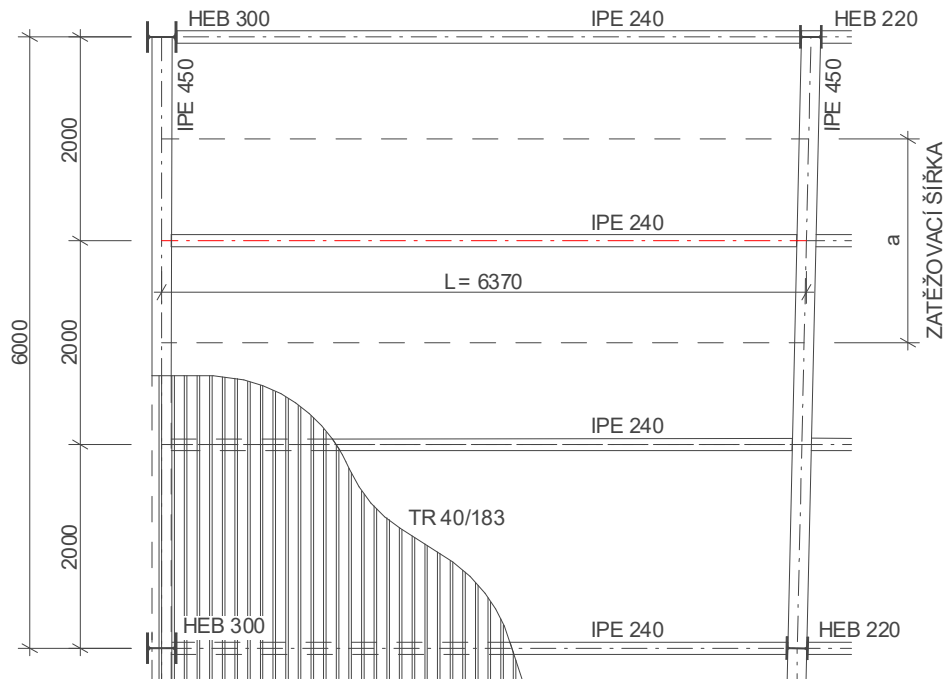
Kombinace zatěžovacích stavů a stanovení vnitřních sil pro posouzení sprážených stropnic a průvlaků jsou stanoveny nezávisle na globálním výpočtovém 3D modelu a to ruční metodou, případně využitím výpočtového sw SCIA Engineer. Kombinace, klíč kombinací viz Výstup z výpočtového sw SCIA Engineer. Nelineární kombinace vytvořené metodou Picard pro vyloučení tlaku ve ztužidlech jsou vytvořené ze všech lineárních kombinací a tudíž nemají technický význam je pro účely tohoto textu interpretovat.

4.4 Dimenzování a posouzení nosné konstrukce

4.4.1 Spřažená ocelobetonová konstrukce

Spřažená stropnice a průvlak pro střešní konstrukci

Spřažená stropnice



1. fáze: Montážní stádium

Posouzení zvoleného trapézového plechu TR 40/183 tl. 1 mm

materiál: ocel S320 GD
hmotnost: $m = 10,93 \text{ kg/m}^2$

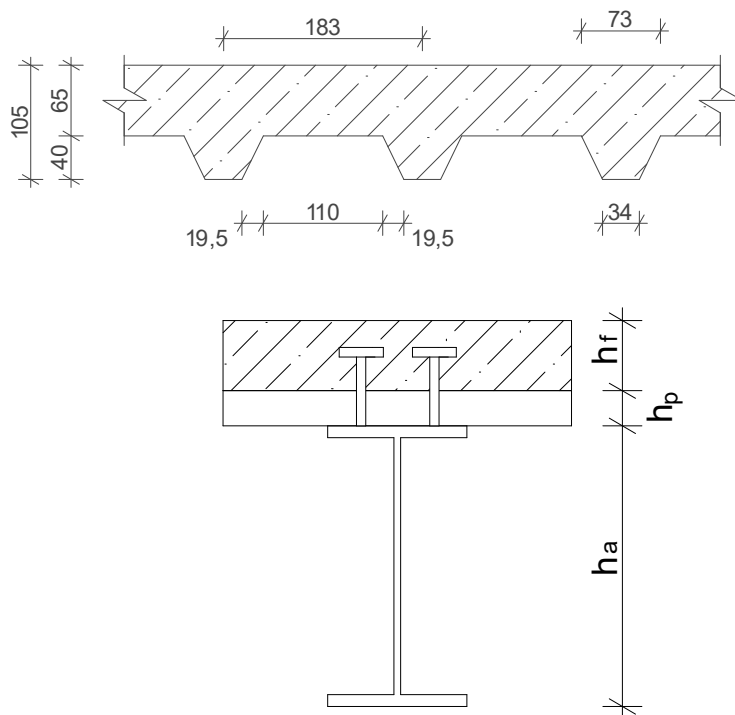
$$W_{y,eff}^+ = 11,21 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{y,eff}^- = 11,92 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{y,eff} = 0,321 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

rozpětí (vzdálenost stropnic): 2,0 m

Geometrie trapézového plechu
 - skladebná šířka 0,915 m
 - pozitivní poloha



Tloušťka plechu $h_p = 40 \text{ mm}$

$$h_f = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{35} \right) \cdot a = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{35} \right) \cdot 2000 = 67 \sim 57 = 65 \text{ mm}$$

Srovnávací tloušťka:

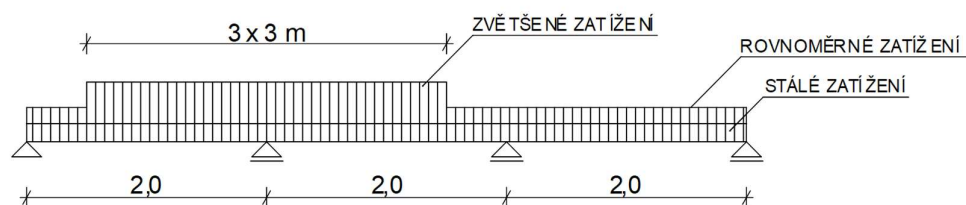
plocha žebra: $\frac{34+73}{2} \cdot 40 = 2140 \text{ mm}^2$ na 183 mm

$$t_{srov} = \frac{2140}{183} = 11,7 \text{ mm}$$

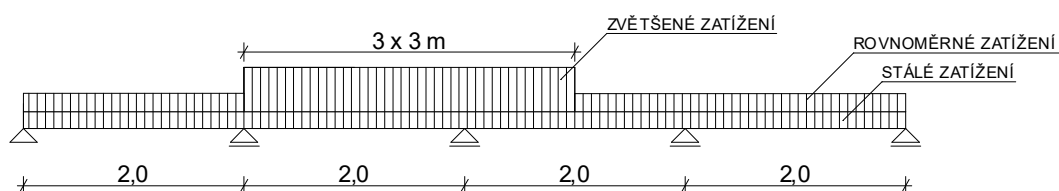
střední tloušťka betonové vrstvy: $t_c = 65 + 11,7 = 77 \text{ mm}$

Zatížení: zatěžovací šířka 0,915 m

Nosník o 3 polích



Nosník o 4 polích



Zatížení stálé:

betonová deska tl. 77 mm, $\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$
vlastní tíha trapézového plechu

g_k	g_d [kN/m]
1,83	2,47
0,1	0,14
Σ 1,93	Σ 2,61

Zatížení proměnné:

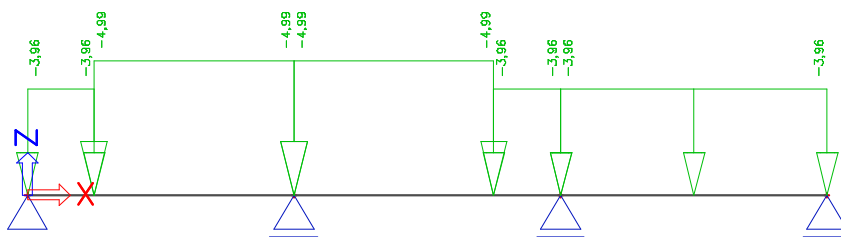
Pozn.:

- pracovní plocha 3x3 m
 - zvětšené proměnné zatížení působící na čtverci 3x3 m, umístěné v nejnepříznivější poloze pro posuzovaný prvek pro kladný i záporný moment = $1,5 \text{ kN/m}^2$
- mimo pracovní plochu
 - rovnoměrné základní montážní zatížení

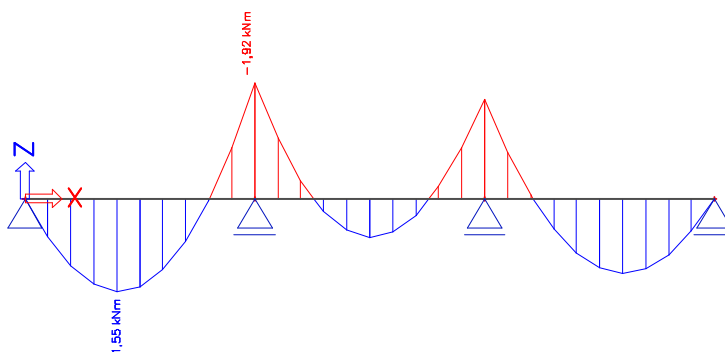
	q_k	q_d [kN/m]
- pracovní plocha	1,37	2,06
- vně pracovní plochy	0,69	1,03
vítr - tlak na plochu střechu (oblast I = $0,232 \text{ kN/m}^2$)	0,21	0,32

nepředpokládá se napadnutí sněhu při betonáži

Nosník o 3 polích:
Rozmístění montážního zatížení



Průběh ohybových momentů od návrhové kombinace



Posouzení horních vláken v ohybu

$$M_{Rd} = \frac{W_{y,eff}^+ \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{11,21 \cdot 10^{-6} \cdot 320 \cdot 10^3}{1,0} = 3,59 \text{ kNm} > M_{Ed} = 1,92 \text{ kNm}$$

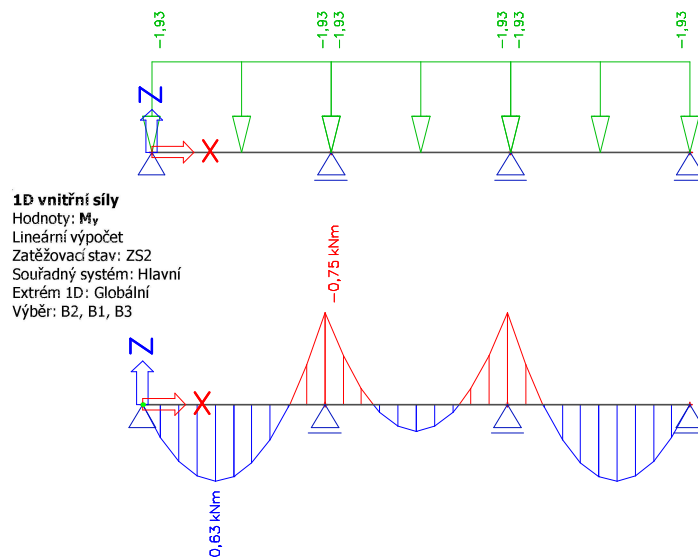
VYHOVUJE

Posouzení spodních vláken v ohybu

$$M_{Rd} = \frac{W_{y,eff}^- \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{11,92 \cdot 10^{-6} \cdot 320 \cdot 10^3}{1,0} = 3,81 \text{ kNm} > M_{Ed} = 1,55 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

2. mezní stav použitelnosti – průhyb



Posouzení:

$$M_1 = 0,75 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

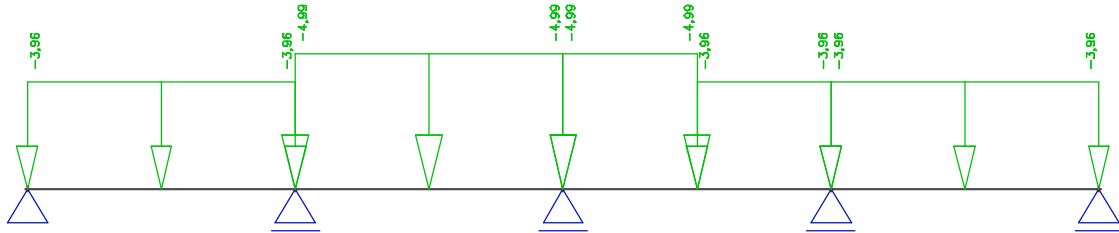
$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{1}{EI} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot g_k \cdot L^4 - \frac{1}{16} \cdot M_1 \cdot L^2 \right) = \\ &= \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 321000} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 1,93 \cdot 2000^4 - \frac{1}{16} \cdot 0,75 \cdot 10^6 \cdot 2000^2 \right) = \\ &= 3,18 \text{ mm} < \delta_{s,max} = \frac{h_p + h_f}{10} = \frac{40 + 65}{10} = \frac{105}{10} = 10,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

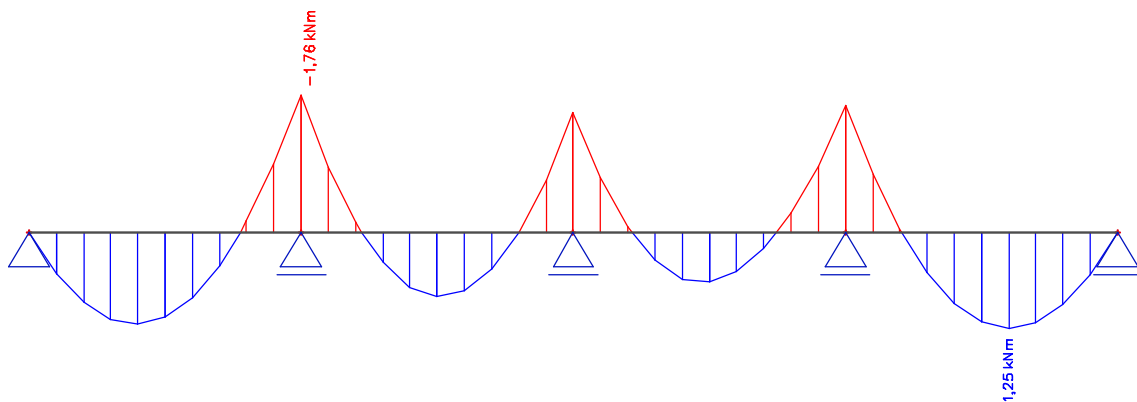
Průhyb δ_s je menší než 1/10 tloušťky sprážené desky, a proto lze tzv. rybníkový efekt zanedbat. Mezní stav použitelnosti je v pořádku a plech může v montážním stavu zastávat funkci bednění.

Nosník o 4 polích:

Rozmístění montážního zatížení



Průběh ohybových momentů od návrhové kombinace



Posouzení horních vláken v ohybu

$$M_{Rd} = \frac{W_{y,eff}^+ \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{11,21 \cdot 10^{-6} \cdot 320 \cdot 10^3}{1,0} = 3,59 \text{ kNm} > M_{Ed} = 1,76 \text{ kNm}$$

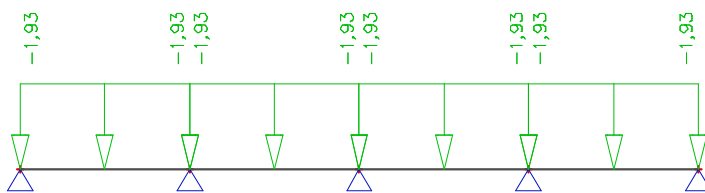
VYHOVUJE

Posouzení spodních vláken v ohybu

$$M_{Rd} = \frac{W_{y,eff}^- \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{11,92 \cdot 10^{-6} \cdot 320 \cdot 10^3}{1,0} = 3,81 \text{ kNm} > M_{Ed} = 1,25 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

2. mezní stav použitelnosti



1D vnitřní síly

Hodnoty: M_y

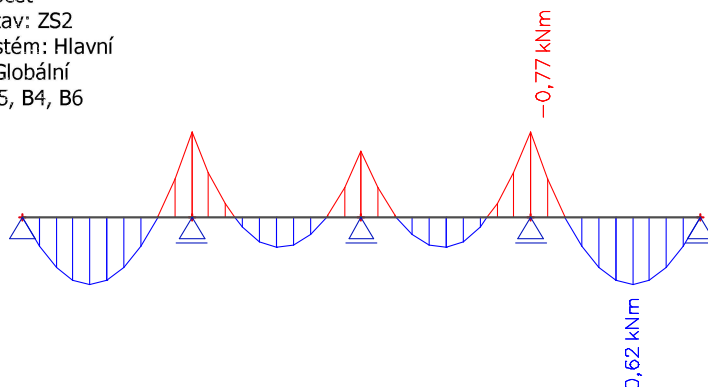
Lineární výpočet

Zatěžovací stav: ZS2

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: B8, B5, B4, B6



Posouzení:

$$M_1 = 0,77 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\delta_s = \frac{1}{EI} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot g_k \cdot L^4 - \frac{1}{16} \cdot M_1 \cdot L^2 \right) =$$

$$= \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 321000} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 1,93 \cdot 2000^4 - \frac{1}{16} \cdot 0,77 \cdot 10^6 \cdot 2000^2 \right) =$$

$$= 3,11 \text{ mm} \leq \delta_{s,max} = \frac{h_p + h_f}{10} = \frac{40 + 65}{10} = \frac{105}{10} = 10,5 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

POSOUZENÍ STROPNICE S NAVRŽENÝM PROFILEM IPE 240

Průřezové charakteristiky

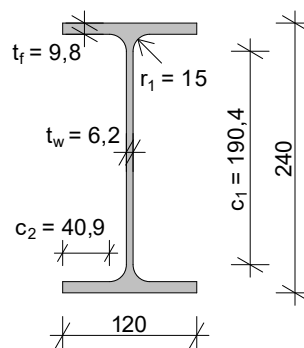
$$A = 3912 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 38,92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 2,836 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 3,67 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 0,74 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$



Materiál:

ocel S355 $f_y = 355 \text{ MPa}$

beton C30/37 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Pozn.:

Rozhodujícím posudkem je 2. MSP - průhyb

Klasifikace průřezu

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

$$\frac{c_1}{t_w} = \frac{190,4}{6,2} = 30,71 < 72 \cdot \varepsilon = 72 \cdot 0,814 = 56,6$$

$$\frac{c_2}{t_f} = \frac{40,9}{9,8} = 4,17 < 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 0,814 = 7,3$$

→ průřez je pro návrh klasifikován jako průřez třídy 1

Zatížení (na zatěžovací šířku 2,0 m):

Stálé

- čerstvý beton, $\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$
- vlastní tíha trapézového plechu
- vlastní tíha nosníku IPE 240

g_k	$g_d \text{ [kN/m]}$
4	5,41
0,2	0,27
0,31	0,42
$\Sigma g_{k1} = 4,51$	6,1

Proměnné

- vítr $q_k = 0,46 \text{ kNm}$, $q_d = 0,7 \text{ kN/m}$

Průhyb od montáže

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{k1} \cdot L^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(4,51 + 0,46) \cdot 6370^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 38,92 \cdot 10^6} = 13 \text{ mm}$$

$$\delta_1 = 13 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{6370}{250} = 25,48 \text{ mm}$$

Ohyb od montáže

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot g_{d1} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (6,1 + 0,7) \cdot 6,37^2 = 34,49 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,67 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,0} = 130,29 \text{ kNm} > M_{Ed} = 34,49 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

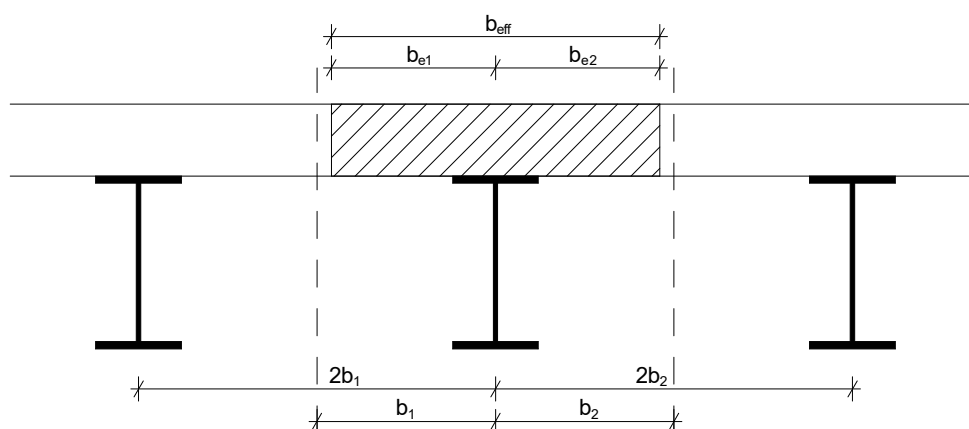
2. fáze – Provozní stádium

Zatížení (na zatěžovací šířku 2,0 m):

Stálé:	g_k	g_d [kN/m]
- betonová deska, $\gamma = 25$ kN/m ³	3,85	5,2
- vlastní tíha trapézového plechu	0,2	0,27
- vlastní tíha nosníku IPE 240	0,31	0,42
- ostatní stálé ($g_k=3,67$ kN/m ²)	$g_{k2} = 7,34$	9,9
	Σ 11,7	15,79
Proměnné:	q_k	q_d [kN/m]
- sníh (navátý 1,93 kN/m ²)	3,86	5,79
- vítr ($\psi_0=0,5$)	0,46	0,7
- užité zatížení na střeše ($\psi_0=0$)	0,8	1,2

kombinace: $5,79 + 0,5 \cdot 0,7 = 6,14$ kN/m

Určení spolupůsobící šířky desky:



účinná šířka desky: $b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$

$$b_{ei} = \min\left(\frac{1}{8} \cdot L_e; b_i\right)$$

L_e - ekvivalentní rozpětí; vzdálenost nulových ohybových momentů

- prostý nosník $L_e = L = 6,37$ m

$$b_{e1,2} = \min\left(\frac{6,37}{8}; 1\right) = \min(0,796; 1) = 0,796$$
 m

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$$

$$b_{eff} = 0,796 + 0,796 = 1,592$$
 m

Poloha neutrální osy

Předpoklad:

neutrální osa prochází betonovou deskou

$$F_a = F_c$$

$$A_a \cdot f_{yd} = b_{eff} \cdot x_{pl} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}$$

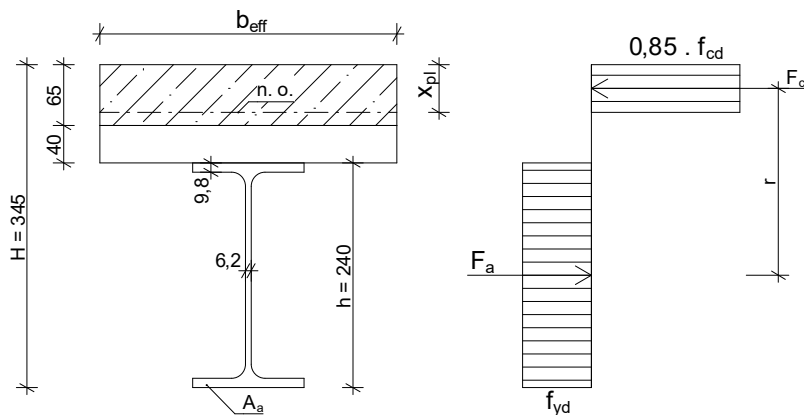
$$\rightarrow x_{pl} = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}}$$

$$x_{pl} = \frac{3912 \cdot 355}{1592 \cdot 0,85 \cdot 20} = 51,3 \text{ mm}$$

$$x_{pl} < h_f$$

$$51,3 \text{ mm} < 65 \text{ mm}$$

→ předpoklad je splněn, neutrální osa leží v betonu



Stanovení momentové únosnosti

$$M_{pl,Rd} = F_a \cdot r = A_a \cdot f_{yd} \cdot r$$

$$r = H - \frac{h}{2} - \frac{x_{pl}}{2}$$

$$r = 345 - \frac{240}{2} - \frac{51,3}{2} = 199,35 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} \cdot r$$

$$M_{pl,Rd} = 3912 \cdot 355 \cdot 199,35 = 276,85 \text{ kNm}$$

Posouzení na ohyb

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} (g_d + q_d) \cdot L^2$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} (15,79 + 6,14) \cdot 6,37^2 = 111,23 \text{ kNm}$$

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

$$150,3 \text{ kNm} < 276,85 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost průřezu:

$$t_f = 10,2 \text{ mm}$$

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

$$A_v = A_a - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

$$A_v = 3912 - 2 \cdot 120 \cdot 9,8 + (6,2 + 2 \cdot 15) \cdot 9,8$$

$$A_v = 1914,76 \text{ mm}^2$$

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

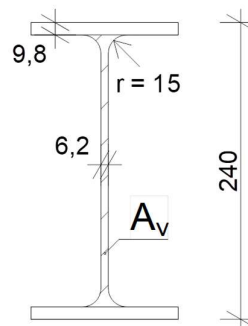
$$V_{pl,Rd} = \frac{1914,76 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 392,45 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} (g_d + q_d) \cdot L = \frac{1}{2} (15,79 + 6,14) \cdot 6,37 = 69,85 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} < V_{pl,Rd}$$

$$69,85 \text{ kN} < 392,45 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



VYHOVUJE

Ideální průřez ocelobetonového nosníku

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E_c}$$

$$E_c = \frac{E_{cm}}{2}$$

$$E_c = \frac{32}{2} = 16 \text{ GPa}$$

$$E_a = 210 \text{ GPa}$$

$$n = \frac{E_a}{E_c}$$

$$n = \frac{210}{16} = 13,125$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n}$$

$$A_i = 3912 + \frac{1592 \cdot 77}{13,125}$$

$$A_i = 13\,251,7 \text{ mm}^2$$

S_i – statický moment

$$S_i = A_a \cdot c_a + \frac{A_c}{n} \cdot c_c$$

$$S_i = 3912 \cdot (120 + 105) + \frac{1592 \cdot 77}{13,125} \cdot 38,5$$

$$S_i = 1,24 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$c_i = \frac{S_i}{A_i}$$

$$c_i = \frac{1,24 \cdot 10^6}{13\,251,7} = 93,57 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_a + A_a \cdot r_a^2 + \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_e^3 + b_{eff} \cdot t_c \cdot r_c^2 \right)$$

$$I_i = 38,92 \cdot 10^6 + 3912 \cdot (120 + 105 - 93,57)^2 + \frac{1}{13,125} \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1592 \cdot 77^3 + 1592 \cdot 77 \cdot (93,57 - 38,5)^2 \right)$$

$$I_i = 139,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Průhyb od ostatního stálého a proměnného zatížení

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{(g_{k2} + q_k) \cdot L^4}{E \cdot I_i}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{(7,34 + 3,86) \cdot 6370^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 139,4 \cdot 10^6}$$

$$\delta_2 = 8,2 \text{ mm}$$

Celková deformace

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{6370}{250} = 25,48 \text{ mm}$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 13 + 8,2 = 21,2 \text{ mm}$$

$$\delta < \delta_{lim}$$

$$21,2 \text{ mm} < 25,48 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Návrh spřažení

Spřahovací trny:

průměr trnu: $d = 16 \text{ mm}$

$l = 90 \text{ mm} \rightarrow$ Po přivaření se trn zkrátí o přibližně 5 mm

$h_{sc} = 85 \text{ mm}$ (20 mm krytí betonem)

$f_u = 450 \text{ MPa}$

Podélná smyková síla

$$V_l = \min(A_a \cdot f_{yd}; b_{eff} \cdot x_{pl} \cdot 0,85 \cdot f_{cd})$$

$$V_l = \min(3912 \cdot 355 \cdot 10^{-3}; 1592 \cdot 51,3 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 10^{-3})$$

$$V_l = \min(1388,76; 1388,38)$$

$$V_l = 1388 \text{ kN}$$

Únosnost trnu s hlavou ve smyku

$$\frac{h_{sc}}{d} \geq 4 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$\frac{85}{16} \geq 4$$

$$5,3 \geq 4$$

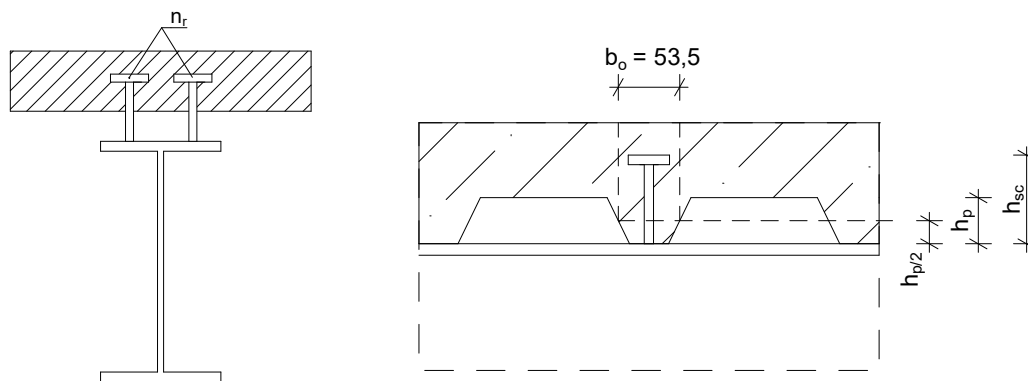
$$P_{Rk} = \min\left(0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \frac{1}{4}; 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}\right)$$

$$P_{Rk} = \min\left(0,8 \cdot 450 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,016^2 \cdot \frac{1}{4}; 0,29 \cdot 1 \cdot 0,016^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 10^6 \cdot 32000 \cdot 10^6}\right)$$

$$P_{Rk} = \min(72,38; 72,74)$$

$$P_{Rk} = 72,38 \text{ kN}$$

Redukční součinitel – žebra kolmo k ose nosníku



n_r – počet trnů v jednom žebře (max. 2)

b_0 – průměrná šířka vlny

h_p – výška vlny trapézového plechu

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{2}} \cdot \frac{53,5}{40} \cdot \left(\frac{85}{40} - 1 \right)$$

$$k_t = 0,745$$

Horní limitní hodnoty $k_{t,max}$ redukčního součinitele k_t :

Počet trnů v žebře $n_r = 2$

Tloušťka plechu $t_p = 1 \text{ mm}$

Trny s průměrem ne větším než 20 mm a přivařené skrz plech $\rightarrow k_{t,max} = 0,7$

$$\rightarrow k_t = 0,7$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk} \cdot k_t}{\gamma_v}$$

$$P_{Rd} = \frac{72,38 \cdot 0,7}{1,25} = 40,53 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů:

$$n_f = 2 \cdot \frac{V_l}{P_{Rd}} = 2 \cdot \frac{1388}{40,53} = 68,5 = 69 \text{ ks}$$

Počet trnů, které lze umístit na nosníku

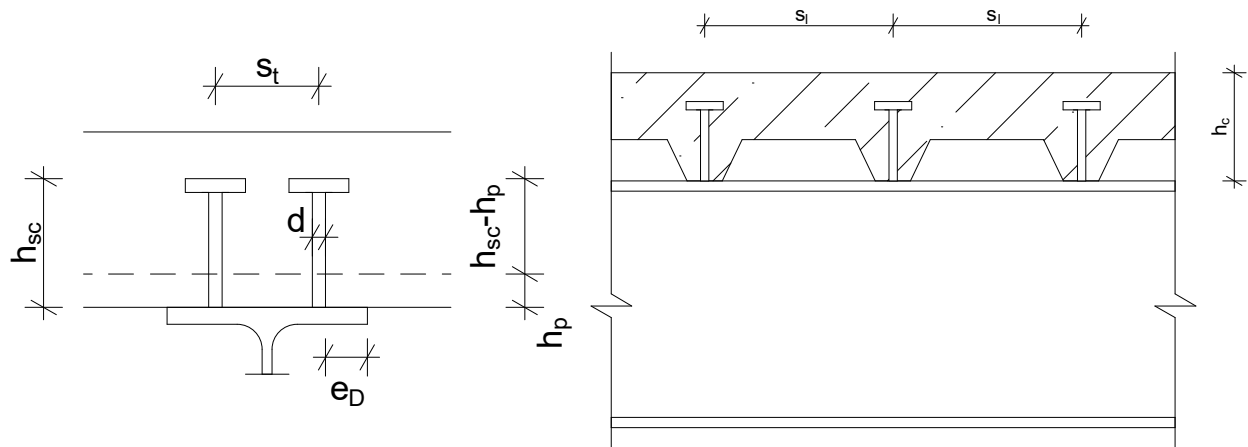
$$n_{f,max} = \frac{L}{183} \cdot 2 = \frac{6370}{183} \cdot 2 = 69,6 = 69 \text{ ks}$$

$$n_{f,max} \geq n_f$$

$$69 \geq 69$$

VYHOVUJE

Ověření konstrukčních zásad



$$h_{sc} - h_p \geq 2 \cdot d$$

$$85 - 40 \geq 2 \cdot 16$$

$$45 \text{ mm} \geq 32 \text{ mm}$$

$$S_l \leq \min(6 \cdot h_c; 800) = \min(630; 800) = 630 \text{ mm}$$

$$S_l = 183 \text{ mm}$$

$$183 \text{ mm} \leq 630 \text{ mm}$$

$$S_l > 5 \cdot d$$

$$183 > 5 \cdot 16$$

$$183 \text{ mm} > 80 \text{ mm}$$

$$S_t = 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm}$$

$$t_f \geq 0,4 \cdot d$$

$$t_f \geq 0,4 \cdot 16$$

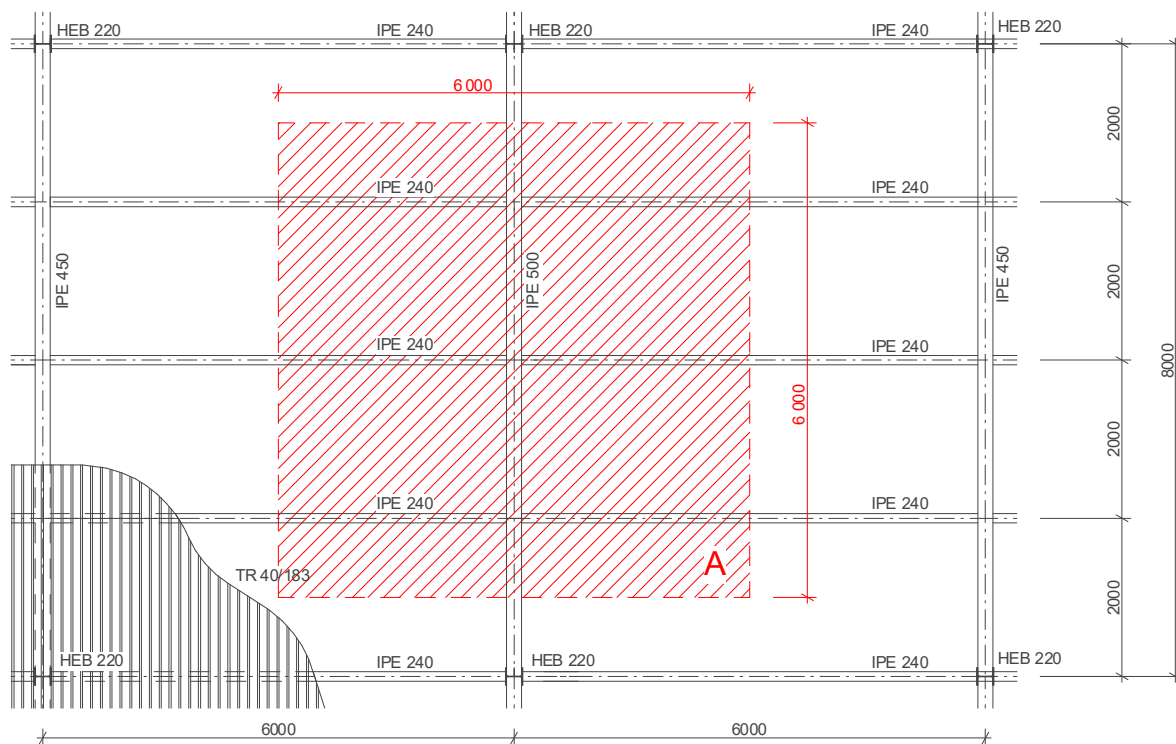
$$9,8 \text{ mm} \geq 6,4 \text{ mm}$$

$$e_D = 20 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Spražený průvlak – střecha

Pozn.: rozhodující je posouzení na ohyb



Návrh profilu IPE 450 – materiál ocel S355

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

Průřezové charakteristiky

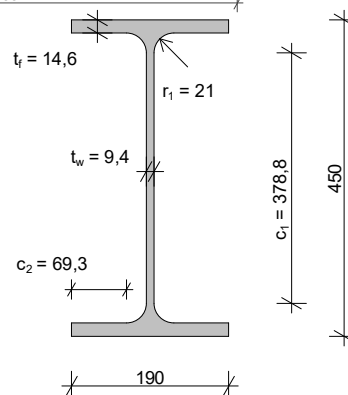
$$A = 9880 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 3,37 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1,68 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 2,76 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$



Klasifikace průřezů

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

$$\frac{c_1}{t_w} = \frac{378,8}{9,4} = 40,3$$

$$\frac{c_1}{t_w} < 72 \cdot \varepsilon$$

$$40,3 < 72 \cdot 0,814$$

$$40,3 < 56,6$$

$$\frac{c_2}{t_f} = \frac{69,3}{14,6} = 4,7$$

$$\frac{c_2}{t_f} < 9 \cdot \varepsilon$$

$$4,7 < 9 \cdot 0,814$$

$$4,7 < 7,3$$

→ průřez je pro návrh klasifikován jako průřez třídy 1

Průvlak je při betonáži podepřen lešením

Zatížení:		g_k	g_d [kN/m]
vlastní tíha průvlaku IPE 450		0,8	1,08
Zatížení od stropní konstrukce:		g_k	g_d [kN/m ²]
Stálé:	ostatní stálé, betonová deska trapézový plech	5,7	7,7
Proměnné:	užitné (kat. H nepřístupné střechy)	q_k 0,4	q_d [kN/m ²] 0,6
	sníh	s_k 1,93	s_d [kN/m] 2,9
	vítr	w_k 0,23	w_d [kN/m] 0,35

vlastní tíha stropnice IPE 240

$$g_{k1} = 0,31 \text{ kN/m}$$

$$g_{d1} = 0,42 \text{ kN/m}$$

Pozn.: Užitné zatížení střechy zvoleno 0,4 kN/m² navzdory národnímu dodatku, kde je zatížení 0,75 kN/m² na 10 m², jako zjednodušení na stranu bezpečnou.

Osamělé břemeno

$$F_{Ek} = \{[g_k + q_k + s_k + w_k] \cdot 2 + g_{k1}\} \cdot Z\check{S}$$

$$F_{Ek} = \{[5,7 + 0,4 \cdot 0,7 + 1,93 + 0,23 \cdot 0,6] \cdot 2 + 0,31\} \cdot 6$$

$$F_{Ek} = 98,44 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = \{[g_d + q_d + s_d + w_d] \cdot 2 + g_{d1}\} \cdot Z\check{S}$$

$$F_{Ed} = \{[7,7 + 0,6 \cdot 0,7 + 2,9 + 0,35 \cdot 0,6] \cdot 2 + 0,42\} \cdot 6$$

$$F_{Ed} = 137,28 \text{ kN}$$

Účinky zatížení

Reakce:

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 137,28 + \frac{137,28}{2} + 1,08 \cdot 4 = 210,24 \text{ kN}$$

Ohybový moment

$$M_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot 137,28 \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 1,08 \cdot 8^2 = 583,68 \text{ kNm}$$

účinná šířka desky – efektivní šířka:

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$$

$$b_{e1,2} = \min\left(\frac{1}{8} \cdot L_e; b_i\right)$$

$$b_{ei} = \min\left(\frac{1}{8} \cdot L_e; b_i\right)$$

$$b_{ei} = \min\left(\frac{1}{8} \cdot 8; 3\right)$$

$$b_{ei} = 1 \text{ m}$$

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$$

$$b_{eff} = 1 + 1 = 2 \text{ m}$$

Poloha neutrální osy

Předpoklad:

neutrální osa prochází betonovou deskou

$$F_a = F_c$$

$$A_a \cdot f_{yd} = b_{eff} \cdot x_{pl} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}$$

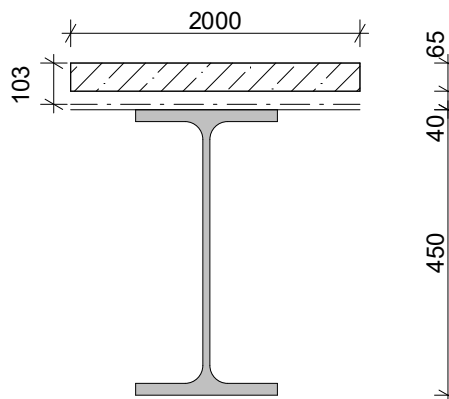
$$\rightarrow x_{pl} = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}}$$

$$x_{pl} = \frac{9880 \cdot 355}{2000 \cdot 0,85 \cdot 20} = 103,16 \text{ mm}$$

$$x_{pl} < h_f$$

$$103,16 \text{ mm} < 65 \text{ mm}$$

→ předpoklad není splněn, neutrální osa
neleží v betonu



Nový předpoklad:

poloha neutrální osy v pásnici průvlaku, $t_f=14,6 \text{ mm}$ (plocha betonu v žebrech je zanedbána, zjednodušení na stranu bezpečnou)

$$F_c + F_{a1} = F_{a2}$$

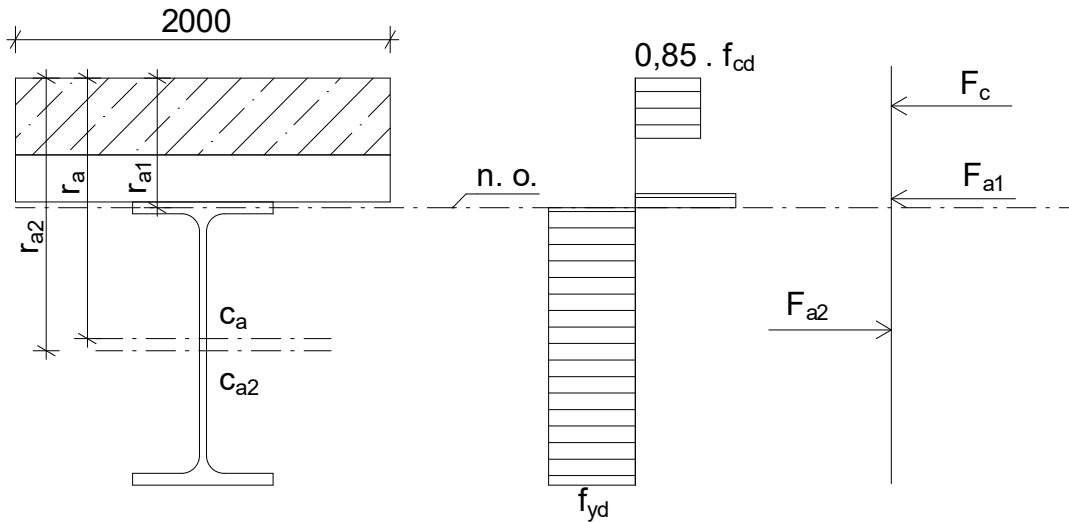
$$0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot t_b + b_f \cdot x_{pl} \cdot f_{yd} = (A_a - x_{pl} \cdot b_f) \cdot f_{yd}$$

$$\rightarrow x_{pl} = \frac{A_a \cdot f_{yd} - 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot t_b}{2 \cdot b_f \cdot f_{yd}}$$

$$x_{pl} = \frac{9980 \cdot 355 - 0,85 \cdot 20 \cdot 2000 \cdot 65}{2 \cdot 190 \cdot 355}$$

$$x_{pl} = 9,88 \text{ mm}$$

→ předpoklad je splněn, neutrální osa leží v pásnici průvlaku



Těžiště plochy A_{a2} (ke spodním vláknům)

$$c_{a2} = \frac{t_f \cdot b_f \cdot c_{f2} + t_w \cdot h_w \cdot c_w + (t_f - x_{pl}) \cdot b_f \cdot c_{f1}}{A_{a2}}$$

$$c_{a2} = \frac{14,6 \cdot 190 \cdot 7,3 + 9,4 \cdot 420,8 \cdot 225 + 4,72 \cdot 190 \cdot 437,8}{9980 - 190 \cdot 9,88}$$

$$c_{a2} = 162,8 \text{ mm}$$

$$c_{f1} = t_f + d + 2 \cdot r + \frac{t_f - x_{pl}}{2}$$

$$c_{f1} = 14,6 + 378,8 + 2 \cdot 21 + \frac{14,6 - 9,88}{2}$$

$$c_{f1} = 437,8 \text{ mm}$$

Stanovení momentové únosnosti

$$M_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} \cdot \left(h_a - \frac{t_b}{2} \right) - 2 \cdot A_{a1} \cdot f_{yd} \cdot \left(h_{a1} - \frac{t_b}{2} \right)$$

$$M_{pl,Rd} = 9980 \cdot 355 \cdot \left[(105 + 225) - \frac{65}{2} \right] - 2 \cdot 9,88 \cdot 190 \cdot 355 \cdot \left[\left(\frac{9,88}{2} + 105 \right) - \frac{65}{2} \right]$$

$$M_{pl,Rd} = 907,5 \text{ kNm}$$

Posouzení na ohyb

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

$$583,68 \text{ kNm} < 907,5 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Posouzení na smyk

$$A_v = 9,4 \cdot 420,8 = 3955 \text{ mm}^2$$

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

$$V_{pl,Rd} = \frac{3955 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 1,0}$$

$$V_{pl,Rd} = 810,2 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 210,24 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} < V_{pl,Rd}$$

$$210,24 \text{ kN} < 810,2 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Ideální průřez ocelobetonového nosníku

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E_c}$$

$$n = \frac{210}{16} = 13,125$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n}$$

$$A_i = 9980 + \frac{65 \cdot 2000}{13,125}$$

$$A_i = 19\,885 \text{ mm}^2$$

S_i – statický moment

$$S_i = A_a \cdot c_a + \frac{A_c}{n} \cdot c_c$$

$$S_i = 9980 \cdot \left(\frac{450}{2} + 105 \right) + \frac{65 \cdot 2000}{13,125} \cdot 32,5$$

$$S_i = 3,62 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$c_i = \frac{S_i}{A_i}$$

$$c_i = \frac{3,62 \cdot 10^6}{19885} = 182 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_a + A_a \cdot r_a^2 + \frac{1}{n} \left(\frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot h'^3 + b_{eff} \cdot h' \cdot r_c^2 \right)$$

$$I_i = 3,37 \cdot 10^8 + 9980 \cdot \left(\frac{450}{2} + 105 - 182 \right)^2 + \frac{1}{13,125} \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 2000 \cdot 65^3 + 2000 \cdot 65 \cdot (182 - 32,5)^2 \right)$$

$$I_i = 7,8 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Průhyb spřaženého nosníku

$$\delta = \frac{19}{384} \cdot \frac{F_k \cdot L^3}{E \cdot I_y}$$

$$\delta_2 = \frac{19}{384} \cdot \frac{98,44 \cdot 10^3 \cdot 8000^3}{210 \cdot 10^3 \cdot 7,8 \cdot 10^8}$$

$$\delta_2 = 15,22 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{8000}{250} = 32 \text{ mm}$$

$$\delta < \delta_{lim}$$

$$15,22 \text{ mm} < 32 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Návrh spřažení

Spřahovací prostředky:

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$h_{sc} = 85 \text{ mm}$$

$$f_u = 450 \text{ MPa}$$

Podélná smyková síla

$$V_l = N_a = A_a \cdot f_{yd}$$

$$V_l = 9980 \cdot 355 \cdot 10^{-3}$$

$$V_l = 3\,453 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk} \cdot k_l}{\gamma_v}$$

$$\alpha = 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) = 0,973$$

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

$$P_{Rk} = \min \left(0,8 \cdot 450 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,022^2 \cdot \frac{1}{4}; 0,29 \cdot 0,973 \cdot 0,022^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 10^6 \cdot 32000 \cdot 10^6} \right)$$

$$P_{Rk} = \min(136,85; 133,81)$$

$$P_{Rk} = 133,81 \text{ kN}$$

Redukční součinitel – žebra rovnoběžná s osou nosníku

$$k_l = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1,0$$

$$k_l = 0,6 \cdot \frac{53,5}{40} \cdot \left(\frac{85}{40} - 1 \right) \leq 1,0$$

$$k_l = 0,9$$

VYHOVUJE

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk} \cdot k_l}{\gamma_v}$$

$$P_{Rd} = \frac{133,81 \cdot 0,9}{1,25} = 96,34 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na nosníku

$$n_f = 2 \cdot \frac{V_l}{P_{Rd}} = 2 \cdot \frac{3543}{96,34} = 74 \text{ ks}$$

Rozmístění 74 ks trnů na nosníku

$$s_l = \frac{8000}{73} = 110 \text{ mm}$$

Ověření konstrukčních zásad

$$h_{sc} - h_p \geq 2 \cdot d$$

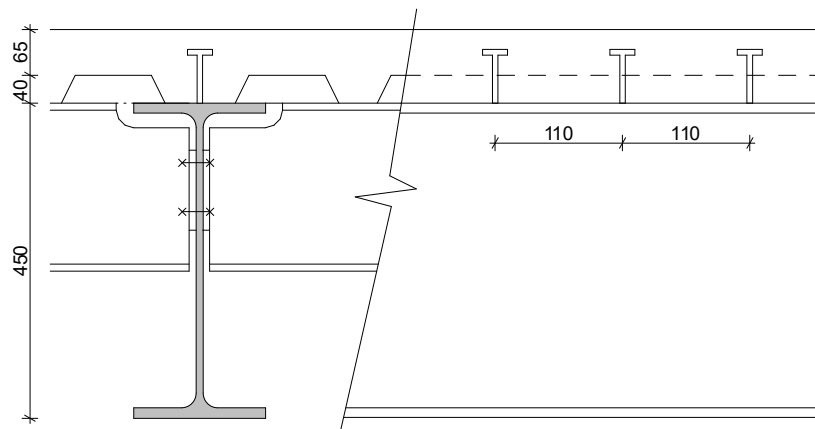
$$85 - 40 \geq 2 \cdot 16$$

$$45 \text{ mm} \geq 32 \text{ mm}$$

$$S_l \leq \min(6 \cdot h_c; 800) = \min(6 \cdot 105; 800) = 630 \text{ mm}$$

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

$110 \text{ mm} \leq 630 \text{ mm}$
 $S_l > 5 \cdot d$
 $110 > 5 \cdot 16$
 $110 \text{ mm} > 80 \text{ mm}$



4.4.1.1 Sprážená stropnice a průvlak u běžného podlaží

Trapézový plech 40/183 - posouzení viz střecha (větší zatížení než u běžného podlaží)

POSOUZENÍ STROPNICE S NAVRŽENÝM PROFILEM IPE 240

Průřezové charakteristiky

$$\begin{aligned}
 A &= 3912 \text{ mm}^2 \\
 I_y &= 38,92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\
 I_z &= 2,836 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\
 W_{pl,y} &= 3,67 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \\
 W_{pl,z} &= 0,74 \cdot 10^5 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

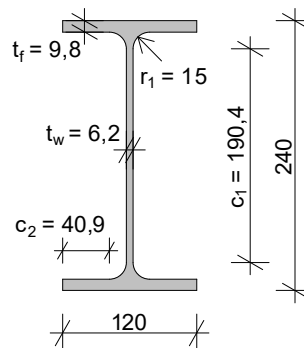
Materiál

ocel S355 $f_y = 355 \text{ MPa}$

beton C30/37 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Pozn.:

Rozhodujícím posudkem je 2. MSP průhyb



Klasifikace průřezu

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

$$\frac{c_1}{t_w} = \frac{190,4}{6,2} = 30,71 < 72 \cdot \varepsilon = 72 \cdot 0,814 = 56,6$$

$$\frac{c_2}{t_f} = \frac{40,9}{9,8} = 4,17 < 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 0,814 = 7,3$$

→ průřez je pro návrh klasifikován jako průřez třídy 1

Zatížení (na zatěžovací šířku 2,0 m):

Stálé	g_k	g_d [kN/m]
- čerstvý beton, $\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$	4	5,41
- vlastní tíha trapézového plechu	0,2	0,27
- vlastní tíha nosníku IPE 240	0,31	0,42
	$\Sigma g_{k1} = 4,51$	6,1

Průhyb od montáže

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{k1} \cdot L^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,51 \cdot 6370^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 38,92 \cdot 10^6} = 11,83 \text{ mm}$$

$$\delta_1 = 11,83 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{6370}{250} = 25,48 \text{ mm}$$

Ohyb od montáže

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot g_{d1} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 6,1 \cdot 6,37^2 = 30,94 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,67 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,0} = 130,29 \text{ kNm} > M_{Ed} = 30,94 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

2. fáze – Provozní stádium

Zatížení (na zatěžovací šířku 2,0 m):

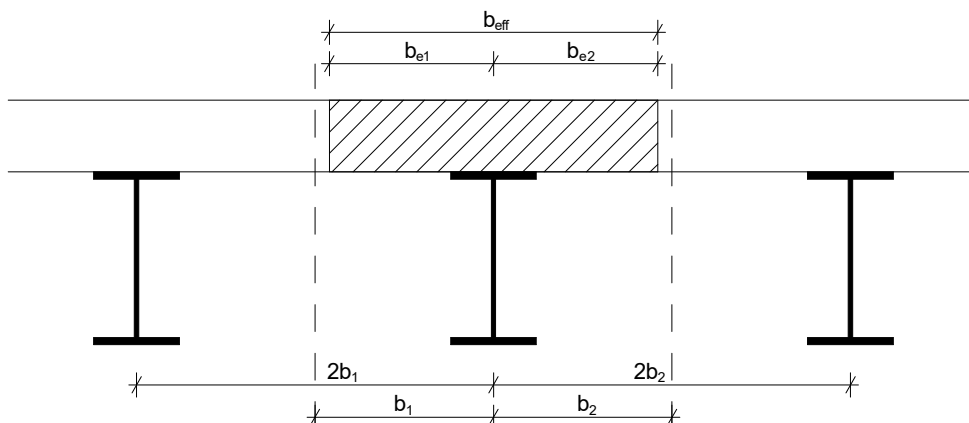
Stálé:	g_k	g_d [kN/m]
- betonová deska, $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$	3,85	5,2
- vlastní tíha trapézového plechu	0,2	0,27
- vlastní tíha nosníku IPE 240	0,31	0,42
- ostatní stálé ($g_k=2,35 \text{ kN/m}^2$)	$g_{k2} = 4,7$	6,35
	$\Sigma 9,06$	12,24
Proměnné:	q_k	q_d [kN/m]
- užité (kat. D2 obchodní plochy)	10	15
- náhradní zatížení od příček	1,6	2,4
	$\Sigma 11,6$	17,4

Určení spolupůsobící šířky desky:

$$\text{účinná šířka desky: } b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$$

$$b_{ei} = \min\left(\frac{1}{8} \cdot L_e; b_i\right)$$

L_e – ekvivalentní rozpětí; vzdálenost nulových ohybových momentů



prostý nosník $L_e = L = 6,37 \text{ m}$

$$b_{e1,2} = \min\left(\frac{6,37}{8}; 1\right) = \min(0,796; 1) = 0,796 \text{ m}$$

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$$

$$b_{eff} = 0,796 + 0,796 = 1,592 \text{ m}$$

Poloha neutrální osy

Předpoklad:

neutrální osa prochází betonovou deskou

$$F_a = F_c$$

$$A_a \cdot f_{yd} = b_{eff} \cdot x_{pl} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}$$

$$\rightarrow x_{pl} = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}}$$

$$x_{pl} = \frac{3912 \cdot 355}{1592 \cdot 0,85 \cdot 20} = 51,3 \text{ mm}$$

$$x_{pl} < h_f$$

$$51,3 \text{ mm} < 65 \text{ mm}$$

→ předpoklad je splněn, neutrální osa leží v betonu

Stanovení momentové únosnosti

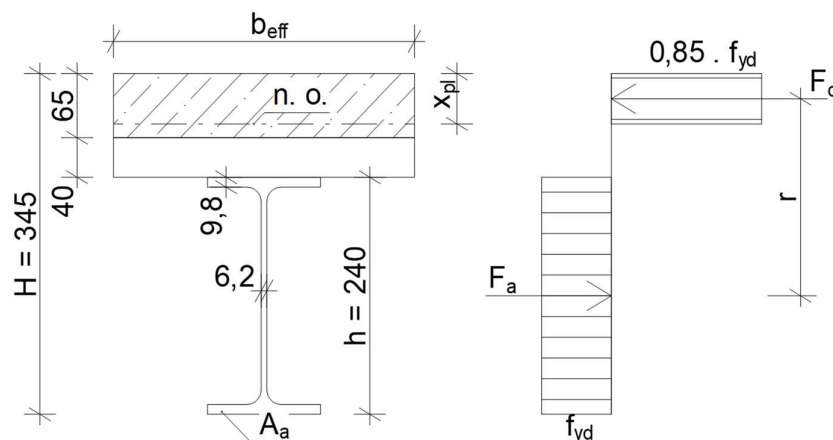
$$M_{pl,Rd} = F_a \cdot r = A_a \cdot f_{yd} \cdot r$$

$$r = H - \frac{h}{2} - \frac{x_{pl}}{2}$$

$$r = 345 - \frac{240}{2} - \frac{51,3}{2} = 199,35 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} \cdot r$$

$$M_{pl,Rd} = 3912 \cdot 355 \cdot 199,35 = 276,85 \text{ kNm}$$



Posouzení na ohyb

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} (g_d + q_d) \cdot L^2$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} (12,24 + 17,4) \cdot 6,37^2 = 150,3 \text{ kNm}$$

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

$$150,3 \text{ kNm} < 276,85 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost průřezu:

$$t_f = 10,2 \text{ mm}$$

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

$$A_v = A_a - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

$$A_v = 3912 - 2 \cdot 120 \cdot 9,8 + (6,2 + 2 \cdot 15) \cdot 9,8$$

$$A_v = 1914,76 \text{ mm}^2$$

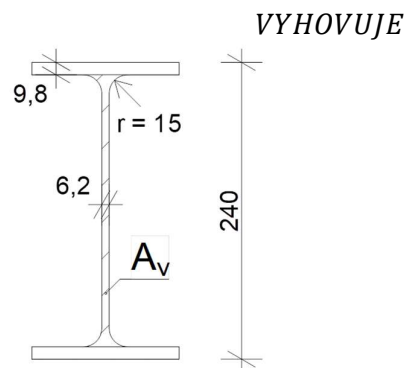
$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{1914,76 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 392,45 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} (g_d + q_d) \cdot L = \frac{1}{2} (12,24 + 17,4) \cdot 6,37 = 94,4 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} < V_{pl,Rd}$$

$$94,4 \text{ kN} < 392,45 \text{ kN}$$



VYHOVUJE

Ideální průřez ocelobetonového nosníku

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E_c}$$

$$E_c = \frac{E_{cm}}{2}$$

$$E_c = \frac{32}{2} = 16 \text{ GPa}$$

$$E_a = 210 \text{ GPa}$$

$$n = \frac{E_a}{E_c}$$

$$n = \frac{210}{16} = 13,125$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n}$$

$$A_i = 3912 + \frac{1592 \cdot 77}{13,125}$$

$$A_i = 13\,251,7 \text{ mm}^2$$

S_i – statický moment

$$S_i = A_a \cdot c_a + \frac{A_c}{n} \cdot c_c$$

$$S_i = 3912 \cdot (120 + 105) + \frac{1592 \cdot 77}{13,125} \cdot 38,5$$

$$S_i = 1,24 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$c_i = \frac{S_i}{A_i}$$

$$c_i = \frac{1,24 \cdot 10^6}{13251,7} = 93,57 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_a + A_a \cdot r_a^2 + \frac{1}{n} \left(\frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_c^3 + b_{eff} \cdot t_c \cdot r_c^2 \right)$$

$$I_i = 38,92 \cdot 10^6 + 3912 \cdot (120 + 105 - 93,57)^2 + \frac{1}{13,125} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1592 \cdot 77^3 + 1592 \cdot 77 \cdot (93,57 - 38,5)^2 \right)$$

$$I_i = 139,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Průhyb od ostatního stálého a proměnného zatížení

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{(g_{k2} + q_k) \cdot L^4}{E \cdot I_i}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{(4,7 + 11,6) \cdot 6370^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 139,4 \cdot 10^6}$$

$$\delta_2 = 11,9 \text{ mm}$$

Celková deformace

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{6370}{250} = 25,48 \text{ mm}$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 11,83 + 11,9 = 23,73 \text{ mm}$$

$$\delta < \delta_{lim}$$

$$23,73 \text{ mm} < 25,48 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Návrh spřažení

Spřahovací trny:

průměr trnu: $d = 16 \text{ mm}$

$l = 90 \text{ mm}$ → Po přivaření se trn zkrátí o přibližně 5 mm

$h_{sc} = 85 \text{ mm}$ (20 mm krytí betonem)

$f_u = 450 \text{ MPa}$

Podélná smyková síla

$$V_l = \min(A_a \cdot f_{yd}; b_{eff} \cdot x_{pl} \cdot 0,85 \cdot f_{cd})$$

$$V_l = \min(3912 \cdot 355 \cdot 10^{-3}; 1592 \cdot 51,3 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 10^{-3})$$

$$V_l = \min(1388,76; 1388,38)$$

$$V_l = 1388 \text{ kN}$$

Únosnost trnu s hlavou ve smyku

$$\frac{h_{sc}}{d} \geq 4 \rightarrow \alpha = 1$$

$$\frac{85}{16} \geq 4$$

$$5,3 \geq 4$$

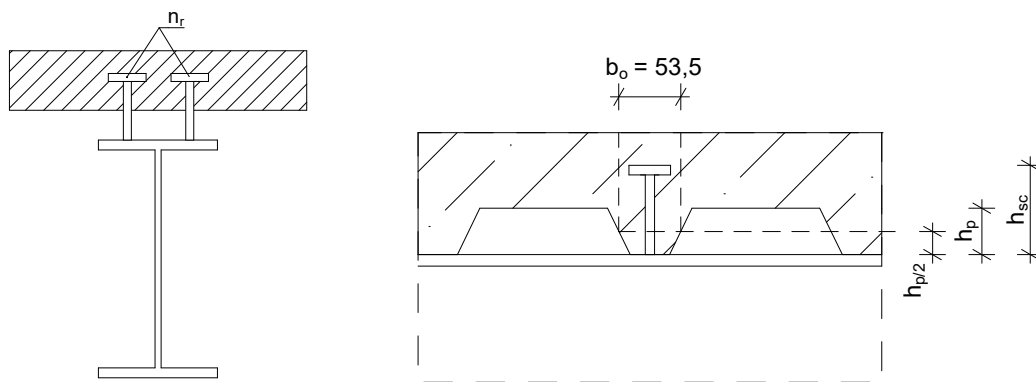
$$P_{Rk} = \min \left(0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \frac{1}{4}; 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \right)$$

$$P_{Rk} = \min \left(0,8 \cdot 450 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,016^2 \cdot \frac{1}{4}; 0,29 \cdot 1 \cdot 0,016^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 10^6 \cdot 32000 \cdot 10^6} \right)$$

$$P_{Rk} = \min(72,38; 72,74)$$

$$P_{Rk} = 72,38 \text{ kN}$$

Redukční součinitel – žebra kolmo k ose nosníku



n_r – počet trnů v jednom žebře (max. 2)

b_0 – průměrná šířka vlny

h_p – výška vlny trapézového plechu

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{2}} \cdot \frac{53,5}{40} \cdot \left(\frac{85}{40} - 1 \right)$$

$$k_t = 0,745$$

Horní limitní hodnoty $k_{t,max}$ redukčního činitele k_t :

Počet trnů v žebře $n_r = 2$

Tloušťka plechu $t_p = 1 \text{ mm}$

Trny s průměrem ne větším než 20 mm a přivařené skrz plech $\rightarrow k_{t,max} = 0,7$

$$\rightarrow k_t = 0,7$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk} \cdot k_t}{\gamma_v}$$

$$P_{Rd} = \frac{72,38 \cdot 0,7}{1,25} = 40,53 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů

$$n_f = 2 \cdot \frac{V_l}{P_{Rd}} = 2 \cdot \frac{1388}{40,53} = 69,5 = 69 \text{ ks}$$

Počet trnů, které lze umístit na nosníku

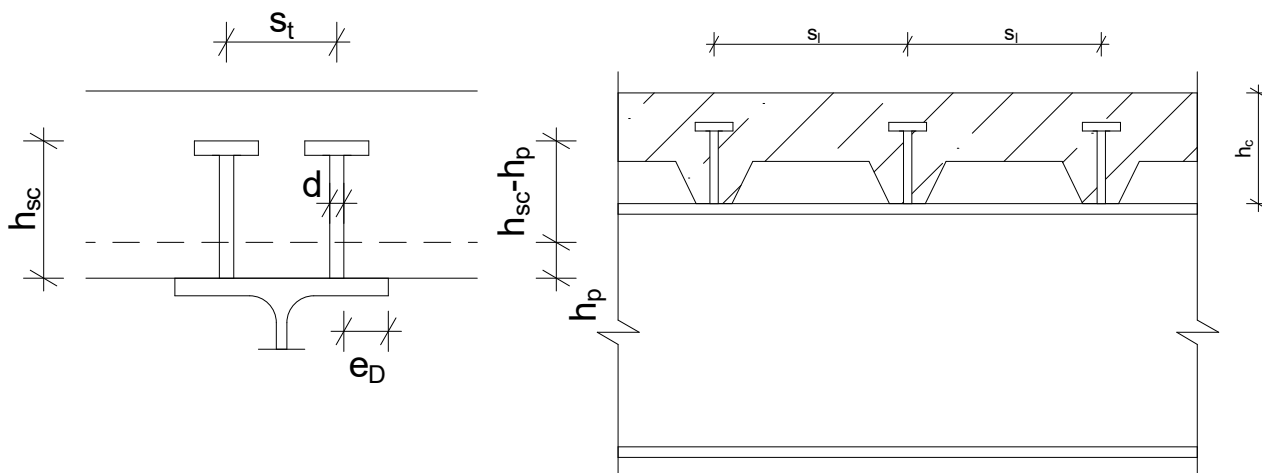
$$n_{f,max} = \frac{L}{183} \cdot 2 = \frac{6370}{183} \cdot 2 = 69,6 = 69 \text{ ks}$$

$$n_{f,max} \geq n_f$$

$$69 \geq 69$$

VYHOVUJE

Ověření konstrukčních zásad



$$h_{sc} - h_p \geq 2 \cdot d$$

$$85 - 40 \geq 2 \cdot 16$$

$$45 \text{ mm} \geq 32 \text{ mm}$$

$$S_l \leq \min(6 \cdot h_c; 800) = \min(630; 800) = 630 \text{ mm}$$

$$S_l = 183 \text{ mm}$$

$$183 \text{ mm} \leq 630 \text{ mm}$$

$$S_l > 5 \cdot d$$

$$183 > 5 \cdot 16$$

$$183 \text{ mm} > 80 \text{ mm}$$

$$S_t = 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm}$$

$$t_f \geq 0,4 \cdot d$$

$$t_f \geq 0,4 \cdot 16$$

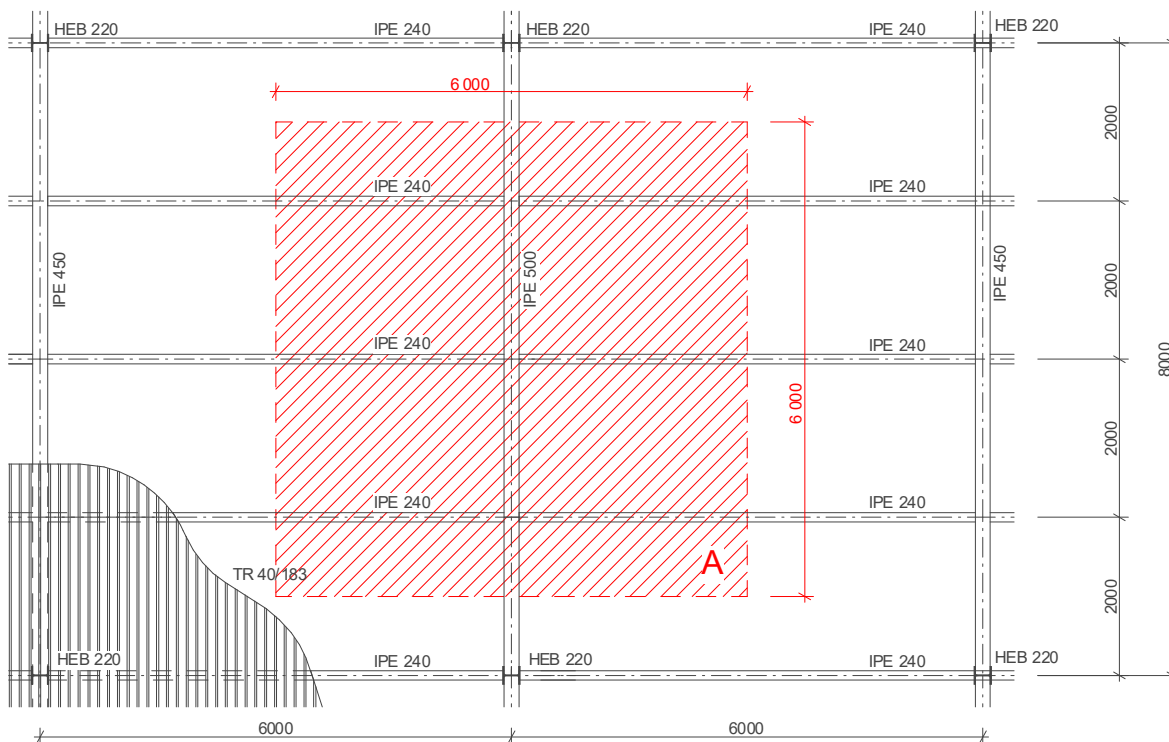
$$9,8 \text{ mm} \geq 6,4 \text{ mm}$$

$$e_D = 20 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Spražený průvlak – běžné podlaží

Pozn.: rozhodující je posouzení na ohyb



Návrh profilu IPE 450 – materiál ocel S355

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

Průřezové charakteristiky

$$A = 9880 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 3,37 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1,68 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 2,76 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

Klasifikace průřezů

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

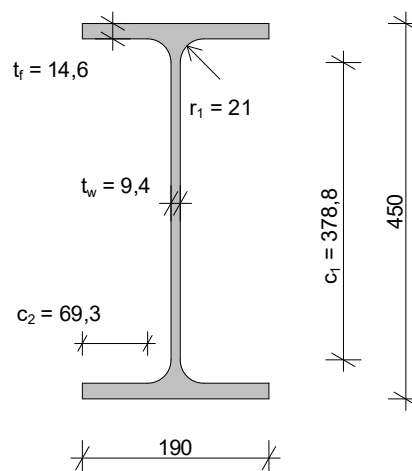
$$\frac{c_1}{t_w} = \frac{378,8}{9,4} = 40,3$$

$$\frac{c_1}{t_w} < 72 \cdot \varepsilon$$

$$40,3 < 72 \cdot 0,814$$

$$40,3 < 56,6$$

$$\frac{c_2}{t_f} = \frac{69,3}{14,6} = 4,7$$



$$\frac{c_2}{t_f} < 9 \cdot \varepsilon$$

$$4,7 < 9 \cdot 0,814$$

$$4,7 < 7,3$$

→ průřez je pro návrh klasifikován jako průřez třídy 1

Průvlak při betonáži podepřen lešením

Zatížení:		g_k	g_d [kN/m]
- vlastní tíha průvlaku IPE 450		0,8	1,08
Zatížení od stropní konstrukce:		g_k	g_d [kN/m ²]
Stálé: ostatní stálé, betonová deska trapézový plech		4,375	5,9
Proměnné: užitné (kat. D2 obchodní plochy) průčky: $q_{k1} = 0,8$ kN/m ² ; $q_{d1} = 1,2$ kN/m ²		q_k 5	q_d [kN/m ²] 7,5

Vlastní tíha stropnice IPE 240: $g_{k1} = 0,31$ kN/m; $g_{d1} = 0,42$ kN/m

Redukční součinitel pro užitné zatížení:

-zatěžovací plocha: $A = 6 \cdot 6 = 36$ m²

-referenční plocha: $A_0 = 10$ m²

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \cdot \psi_0 + \frac{A_0}{A}$$

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \cdot 0,7 + \frac{10}{36} = 0,78$$

Osamělé břemeno

$$F_{Ek} = \{[g_k + (q_k + q_{k1}) \cdot \alpha_A] \cdot 2 + g_{k1}\} \cdot Z\check{S}$$

$$F_{Ek} = \{[4,375 + (5 + 0,8) \cdot 0,78] \cdot 2 + 0,31\} \cdot 6$$

$$F_{Ek} = 108,65$$
 kN

$$F_{Ed} = \{[g_d + (q_d + q_{d1}) \cdot \alpha_A] \cdot 2 + g_{d1}\} \cdot Z\check{S}$$

$$F_{Ed} = \{[5,9 + (7,5 + 1,2) \cdot 0,78] \cdot 2 + 0,42\} \cdot 6$$

$$F_{Ed} = 154,75$$
 kN

Účinky zatížení

Reakce:

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 154,75 + \frac{154,75}{2} + 1,08 \cdot 4 = 236,45$$
 kN

Ohybový moment

$$M_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot 154,75 \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 1,08 \cdot 8^2 = 653,56$$
 kN.m

účinná šířka desky – efektivní šířka:

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$$

$$b_{e1,2} = \min\left(\frac{1}{8} \cdot L_e; b_i\right)$$

$$b_{ei} = \min\left(\frac{1}{8} \cdot L_e; b_i\right)$$

$$b_{ei} = \min\left(\frac{1}{8} \cdot 8; 3\right)$$

$$b_{ei} = 1 \text{ m}$$

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$$

$$b_{eff} = 1 + 1 = 2 \text{ m}$$

Poloha neutrální osy

Předpoklad:

neutrální osa prochází betonovou deskou

$$F_a = F_c$$

$$A_a \cdot f_{yd} = b_{eff} \cdot x_{pl} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}$$

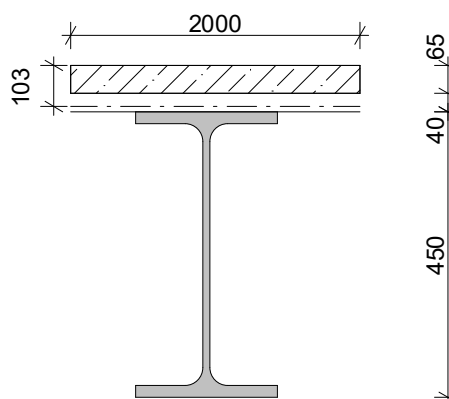
$$\rightarrow x_{pl} = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}}$$

$$x_{pl} = \frac{9880 \cdot 355}{2000 \cdot 0,85 \cdot 20} = 103,16 \text{ mm}$$

$$x_{pl} < h_f$$

$$103,16 \text{ mm} < 65 \text{ mm}$$

→ předpoklad není splněn, neutrální osa neleží v betonu



Nový předpoklad:

poloha neutrální osy v pásnici průvlaku, $t_f=14,6 \text{ mm}$ (plocha betonu v žebrech je zanedbána, zjednodušením na stranu bezpečnou)

$$F_c + F_{a1} = F_{a2}$$

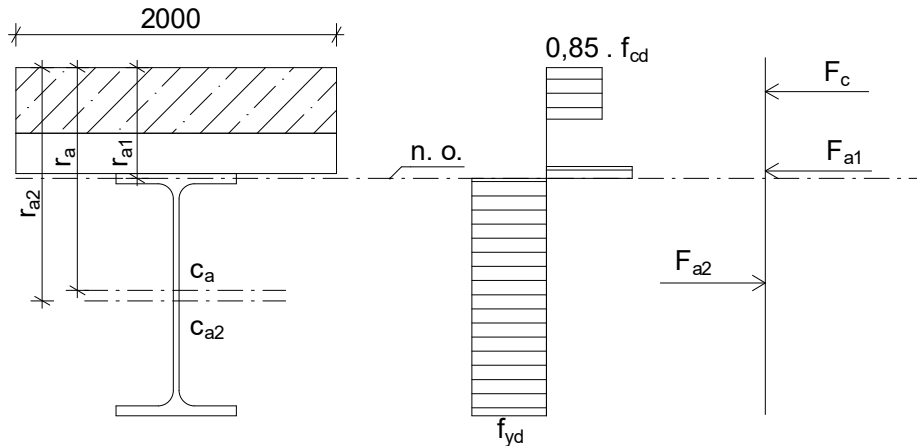
$$0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot t_b + b_f \cdot x_{pl} \cdot f_{yd} = (A_a - x_{pl} \cdot b_f) \cdot f_{yd}$$

$$\rightarrow x_{pl} = \frac{A_a \cdot f_{yd} - 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot t_b}{2 \cdot b_f \cdot f_{yd}}$$

$$x_{pl} = \frac{9880 \cdot 355 - 0,85 \cdot 20 \cdot 2000 \cdot 65}{2 \cdot 190 \cdot 355}$$

$$x_{pl} = 9,88 \text{ mm}$$

→ předpoklad je splněn, neutrální osa leží v pásnici průvlaku



Těžiště plochy A_{a2} (ke spodním vláknům)

$$c_{a2} = \frac{t_f \cdot b_f \cdot c_{f2} + t_w \cdot h_w \cdot c_w + (t_f - x_{pl}) \cdot b_f \cdot c_{f1}}{A_{a2}}$$

$$c_{a2} = \frac{14,6 \cdot 190 \cdot 7,3 + 9,4 \cdot 420,8 \cdot 225 + (4,72) \cdot 190 \cdot 437,8}{9980 - 190 \cdot 9,88}$$

$$c_{a2} = 162,8 \text{ mm}$$

$$c_{f1} = t_f + d + 2 \cdot r + \frac{t_f - x_{pl}}{2} = 437,8$$

$$c_{f1} = 14,6 + 378,8 + 2 \cdot 21 + \frac{14,6 - 9,88}{2}$$

$$c_{f1} = 437,8 \text{ mm}$$

Stanovení momentové únosnosti

$$M_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} \cdot \left(h_a - \frac{t_b}{2} \right) - 2 \cdot A_{a1} \cdot f_{yd} \cdot \left(h_{a1} - \frac{t_b}{2} \right)$$

$$M_{pl,Rd} = 9980 \cdot 355 \cdot \left[\left(105 + 225 \right) - \frac{65}{2} \right] - 2 \cdot 9,88 \cdot 190 \cdot 355 \cdot \left[\left(\frac{9,88}{2} + 105 \right) - \frac{65}{2} \right]$$

$$M_{pl,Rd} = 907,5 \text{ kNm}$$

Posouzení na ohyb

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

$$653,56 \text{ kNm} < 907,5 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Posouzení na smyk

$$A_v = 9,4 \cdot 420,8 = 3955 \text{ mm}^2$$

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

$$V_{pl,Rd} = \frac{3955 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 1,0}$$

$$V_{pl,Rd} = 810,2 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 236,45 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} < V_{pl,Rd}$$

$$236,45 \text{ kN} < 810,2 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Ideální průřez ocelobetonového nosníku

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E_c}$$
$$n = \frac{210}{16} = 13,125$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n}$$
$$A_i = 9980 + \frac{65 \cdot 2000}{13,125}$$
$$A_i = 19\,885 \text{ mm}^2$$

S_i – statický moment

$$S_i = A_a \cdot c_a + \frac{A_c}{n} \cdot c_c$$
$$S_i = 9980 \cdot \left(\frac{450}{2} + 105 \right) + \frac{65 \cdot 2000}{13,125} \cdot 32,5$$
$$S_i = 3,62 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$
$$c_i = \frac{S_i}{A_i}$$
$$c_i = \frac{3,62 \cdot 10^6}{19885} = 182 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_a + A_a \cdot r_a^2 + \frac{1}{n} \left(\frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot h'^3 + b_{eff} \cdot h' \cdot r_c^2 \right)$$
$$I_i = 3,37 \cdot 10^8 + 9980 \cdot \left(\frac{450}{2} + 105 - 182 \right)^2 + \frac{1}{13,125} \cdot$$
$$\cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 2000 \cdot 65^3 + 2000 \cdot 65 \cdot (182 - 32,5)^2 \right)$$
$$I_i = 7,8 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Průhyb spřaženého nosníku

$$\delta = \frac{19}{384} \cdot \frac{F_k \cdot L^3}{E \cdot I_y}$$
$$\delta_2 = \frac{19}{384} \cdot \frac{108,65 \cdot 10^3 \cdot 8000^3}{210 \cdot 10^3 \cdot 7,8 \cdot 10^9}$$
$$\delta_2 = 16,8 \text{ mm}$$
$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{8000}{250} = 32 \text{ mm}$$
$$\delta < \delta_{lim}$$
$$16,8 \text{ mm} < 32 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Návrh spřažení

Spřahovací prostředky:

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$h_{sc} = 85 \text{ mm}$$

$$f_u = 450 \text{ MPa}$$

Podélná smyková síla

$$V_l = N_a = A_a \cdot f_{yd}$$

$$V_l = 9980 \cdot 355 \cdot 10^{-3}$$

$$V_l = 3\,453 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk} \cdot k_l}{\gamma_v}$$

$$\alpha = 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) = 0,973$$

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

$$P_{Rk} = \min \left(0,8 \cdot 450 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,022^2 \cdot \frac{1}{4}; 0,29 \cdot 0,973 \cdot 0,022^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 10^6 \cdot 32000 \cdot 10^6} \right)$$

$$P_{Rk} = \min(136,85; 133,81)$$

$$P_{Rk} = 133,81 \text{ kN}$$

Redukční součinitel – žebra rovnoběžná s osou nosníku

$$k_l = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1,0$$

$$k_l = 0,6 \cdot \frac{53,5}{40} \cdot \left(\frac{85}{40} - 1 \right)$$

$$k_l = 0,9$$

VYHOVUJE

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk} \cdot k_l}{\gamma_v}$$

$$P_{Rd} = \frac{133,81 \cdot 0,9}{1,25} = 96,34 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na nosníku

$$n_f = 2 \cdot \frac{V_l}{P_{Rd}} = 2 \cdot \frac{3543}{96,34} = 74 \text{ ks}$$

Rozmístění 74 ks trnů na nosníku

$$s_l = \frac{8000}{73} = 110 \text{ mm}$$

Ověření konstrukčních zásad

$$h_{sc} - h_p \geq 2 \cdot d$$

$$85 - 40 \geq 2 \cdot 16$$

$$45 \text{ mm} \geq 32 \text{ mm}$$

$$S_l \leq \min(6 \cdot h_c; 800) = \min(6 \cdot 105; 800) = 630 \text{ mm}$$

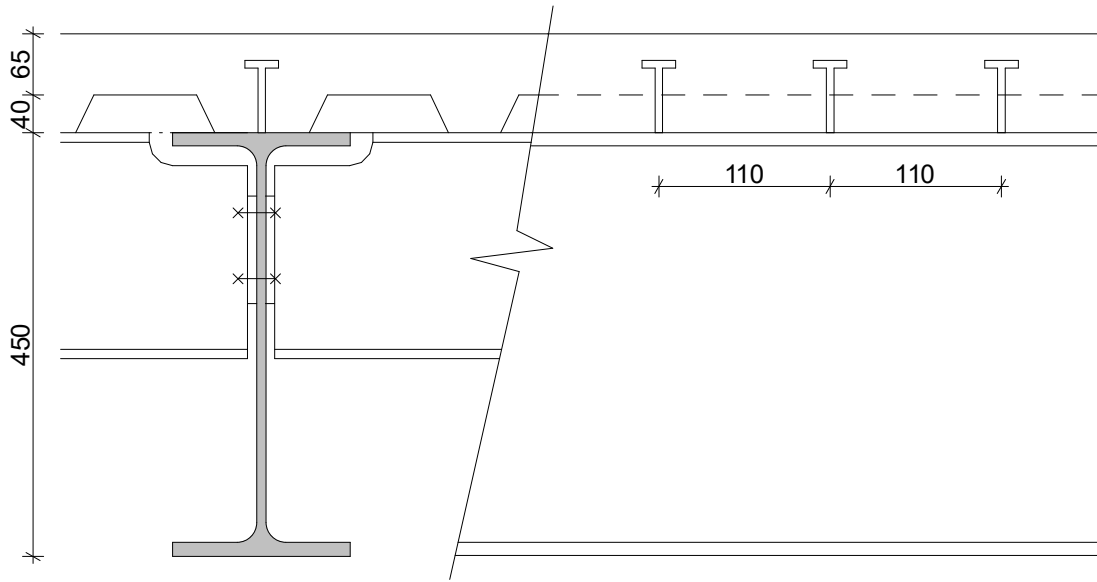
$$S_l = 110 \text{ mm}$$

$$110 \text{ mm} \leq 630 \text{ mm}$$

$$S_l > 5 \cdot d$$

$$110 > 5 \cdot 16$$

$$110 \text{ mm} > 80 \text{ mm}$$



4.4.2 Posouzení sloupu

HEB 300 - prut B2232

Klasifikace průřezu: tlačená část

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

$$\frac{c_1}{t_w} = \frac{208}{11} = 18,9$$

$$18,9 < 33 \cdot \varepsilon$$

$$8,9 < 26,9$$

$$\frac{c_2}{t_f} = \frac{117,5}{19} = 6,18$$

$$6,18 < 9 \cdot \varepsilon$$

$$6,18 < 7,33$$

→ Třída průřezu 1

Posouzení na tlak

$$N_{Ed} = 223,58 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{1,491 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$N_{c,Rd} = 5\,293,05 \text{ kN}$$

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

$$\frac{223,58}{5\,293,05} \leq 1$$

$$0,04 \leq 1$$

VYHOVUJE

Posouzení ohybového momentu pro $M_{y,Ed} = 16,74 \text{ kNm}$

$$W_{pl,y} = 1,869 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{1,869 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$M_{pl,y,Rd} = 663,5 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = 0,03$$

Posouzení ohybového momentu M_z ; $M_{z,Ed} = 213,47 \text{ kNm}$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{8,7 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$M_{pl,z,Rd} = 308,85 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} = 0,69$$

Ztráta stability nosníku vzpěrem

- skelety s tuhou stropní deskou a ztužidly v příčném a podélném směru → styčníky lze uvažovat jako neposuvné.
- součinitel vzpěru v rovině i z roviny vazby

$$\beta = 1$$

$$\frac{h}{b} = 1 \rightarrow t_f < 100 \text{ mm}$$

→ y-y vzpěrná křivka b

→ z-z vzpěrná křivka c

Vybočení v rovině vazby y-y

Vzpěrná křivka b → součinitel imperfekce $\alpha = 0,34$

$$L_{cr,y} = 3,6 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3600}{94} = 38,3$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 8,091 \cdot 10^{-5}}{3,6^2} = 12\,939,5 \text{ kN}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{9,104 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{12\,939,5}} = 0,5$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,2) + \lambda_{rel,y}^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,5 - 0,2) + 0,5^2] = 0,76$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,76 + \sqrt{0,76^2 - 0,5^2}} = 0,75$$

Vybočení z roviny vazby

z-z

$$t_f \leq 40 \text{ mm} \rightarrow \text{křivka vzpěrné pevnosti } c \rightarrow \alpha = 0,49$$

$$L_{cr,z} = 13,8 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{13800}{56} = 246,43 \text{ kritická štíhlost}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 2,843 \cdot 10^{-5}}{13,8^2} = 309,4 \text{ kN}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{9,104 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{309,4}} = 3,23$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,2) + \lambda_{rel,z}^2]$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (3,23 - 0,2) + 3,23^2] = 6,46$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{6,46 + \sqrt{6,46^2 - 3,23^2}} = 0,08$$

Prostorový vzpěr, křivka vzpěrné pevnosti c

$$L_{cr,\omega} = 13,8 \text{ m}$$

$$i_\omega^2 = i_z^2 + i_y^2 = 94^2 + 56^2 = 11972 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr,\omega} = \frac{1}{i_\omega^2} \cdot \left(G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_\omega}{L_{cr,\omega}^2} \right)$$

$$= \frac{1}{11\,972} \cdot \left(81\,000 \cdot 1,85 \cdot 10^{-6} + \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,69 \cdot 10^{12}}{13\,800^2} \right)$$

$$= 1536,32 \text{ kN}$$

$$\lambda_{rel,\omega} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,\omega}}} = \sqrt{\frac{9,104 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{1536,32}} = 1,45$$

$$\phi_\omega = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_{rel,\omega} - 0,2) + \lambda_{rel,\omega}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,45 - 0,2) + 1,45^2] = 1,86$$

$$\chi_\omega = \frac{1}{\phi_\omega + \sqrt{\phi_\omega^2 - \lambda_{rel,\omega}^2}} = \frac{1}{1,86 + \sqrt{1,86^2 - 1,45^2}} = 0,33$$

Posouzení na rovinný vzpěr

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,08 \cdot 9,104 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,0} = 258,55 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{223,58}{258,55} = 0,87$$

→ prostorový vzpěr není rozhodující pro daný sloup

4.4.3 Posouzení stěnového ztužidla

TR 88,9x4,0 - prut B1240 (1.NP budovy C)

Tlačený prut uvažován jako vybočený, tedy nespolupracuje při přenosu zatížení vnitřní síly nelineární kombinace NC11

$$N_{t,Ed} = 356,75 \text{ kN}$$

Materiál: S355 ($f_y=355 \text{ MPa}$, $f_u=490 \text{ MPa}$)

$$A = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_z = I_y = 9,63 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$W_{y,pl} = W_{z,pl} = 2,84 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Třída průřezu:

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

Pro duté kruhové profily platí:

$$\frac{d}{t} = \frac{88,9}{4} = 22,23$$

$$22,23 \leq 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,814^2$$

$$22,23 \leq 33,13$$

→ třída průřezu 1

Posouzení na tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,07 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,0} = 379,9 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{356,75}{379,9} = 0,94$$

VYHOVUJE

4.4.4 Posouzení dolního pásu vazníku

VHP 200x120x10 - prut B1648 (5. vazník)

$$N_{Ed} = 225,69 \text{ kN (tah)}$$

Posouzení na tah

$$N_{pl,Rd} = N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 5,66 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 2009,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{225,69}{2009,3} = 0,11 < 1$$

VYHOVUJE

Posouzení na tlak

$$L_{cr,y} = 2,4 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 13,2 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,26 \cdot 10^{-5}}{13,2^2} = 149,9 \text{ kN}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{N_{Rk}}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2009,3}{149,9}} = 3,66$$

Křivka b $\rightarrow \alpha = 0,34$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (3,66 - 0,2) + 3,66^2] = 7,79$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{7,79 + \sqrt{7,79^2 - 3,66^2}} = 0,07$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{126,8}{0,07 \cdot 2009,3} = 0,9$$

4.4.5 Posouzení diagonál vazníku

VHP 70/70x5 - prut B1354 (2. vazník)

$$N_{Ed,max+} = 182,22 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,max-} = -180,02 \text{ kN}$$

Posouzení MSÚ (Tah)

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,24 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 440,2 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = 0,41 < 1$$

Posouzení MSÚ (VZPĚR)

- Vzhledem ke čtvercovému profilu a rovnosti vzpěrných délek řešení pouze jednoho vybočení
- Pro uzavřený průřez nebude rozhodovat vzpěr zkroucením

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 189,3 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 8,46 \cdot 10^{-7}}{2,4^2} = 304,4 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,24 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{304,4}} = 1,2$$

Křivka c $\rightarrow \chi = 0,49$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{1,47 + \sqrt{1,47^2 - 1,2^2}} = 0,43$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,2 - 0,2) + 1,2^2] = 1,47$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,43 \cdot 1,24 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 189,3$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{180,02}{189,3} = 0,95$$

4.5 Směrné detaily

4.5.1 Přípoj stropnice na průvlak u střechy

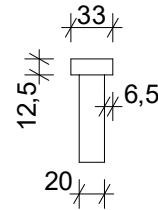
Spoj bude proveden pomocí přivařené čelní desky a dvojice nepředepnutých šroubů M20, průměr děr 22 mm (= d_0). Kategorie A – spoj namáhán ve stříhu a v otláčení.

Pevnostní třída šroubu 8.8.

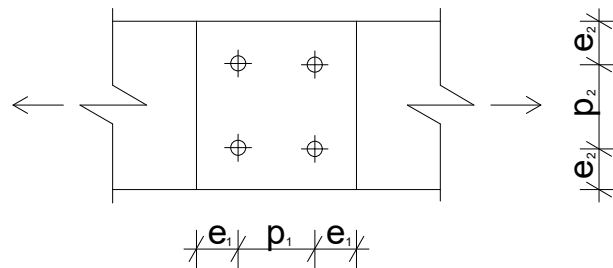
$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

$$A_S = 245 \text{ mm}^2$$



V modelu realizováno jako kloubový přípoj.



$$e_{1,min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm}$$

$$P_{1,min} = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \text{ mm}$$

$$e_{2,min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm}$$

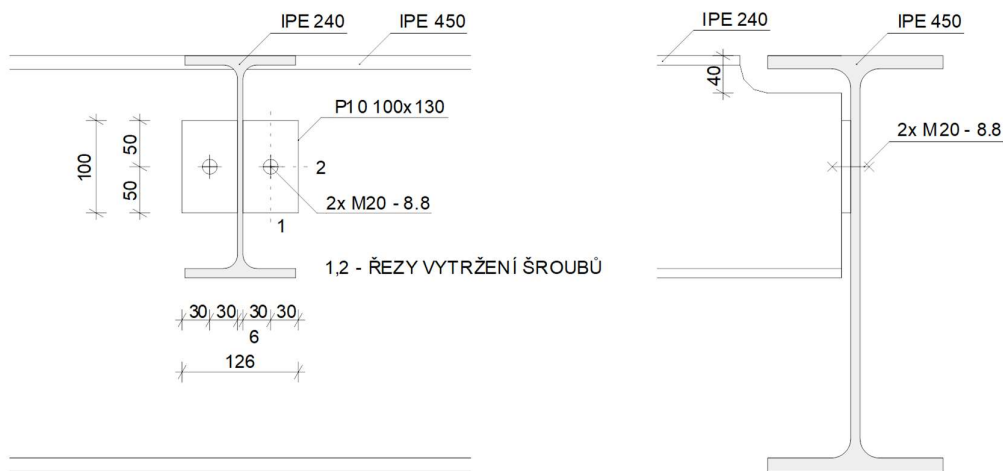
$$P_{2,min} = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 22 = 52,8 \text{ mm}$$

$$e_{1,dop} = 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 22 = 44 \text{ mm}$$

$$P_{1,dop} = 3,5 \cdot d_0 = 3,5 \cdot 22 = 77 \text{ mm}$$

$$e_{2,dop} = 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$$

$$P_{2,dop} = 3 \cdot d_0 = 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm}$$



$R_{Ed} = 210,24 \text{ kN}$ (= reakce od průvlaku a stropní konstrukce) zatížení na jeden šroub

$$V_{Ed} = \frac{R_{Ed}}{2} = \frac{210,24}{2} = 105 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů ve stříhu pro dvě stříhové roviny

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \cdot n$$

Jestliže rovina stříhu prochází částí šroubu se závitem je A plocha šroubu A_S kde:

Pro třídu 8.8, $\alpha_V = 0,6$

A_S Plocha jádra šroubu podle tabulky

A Plná průřezová plocha dříku šroubu

f_{ub} Mez pevnosti šroubu

f_u Mez pevnosti posuzovaného prvku (pro S355 je $f_u = 490 \text{ MPa}$)

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} \cdot 2 = 188,2 \text{ kN} > V_{Ed} = 105 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_b \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{50}{3 \cdot 22}; \frac{800}{490}; 1\right) = \min(0,76; 1,63; 1) = 0,76$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{30}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(2,1; 2,5) = 2,1$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_b \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,1 \cdot 0,76 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 9,4}{1,25} = 117,6 \text{ kN} > V_{Ed} = 105 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost stěny nosníku ve smyku (délka stěny nosníku stropnice ve smyku = 100 mm)

$$F_{vbw,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot A_{vC}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 355 \cdot 6,2 \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 114,4 \text{ kN} > V_{Ed} = 105 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost čelní desky ve smyku

$$\text{Řez (1)} \quad \frac{A_{v,net}}{A_v} = \frac{100 \cdot 10 - 2 \cdot 10}{100 \cdot 10} = 0,78 > \frac{f_y}{f_u} = \frac{355}{490} = 0,72$$

$$\text{Řez (2)} \quad \frac{A_{v,net}}{A_v} = \frac{50 \cdot 10 - 1 \cdot 10}{50 \cdot 10} = 0,78 > \frac{f_y}{f_u} = \frac{355}{490} = 0,72$$

→ oslabení otvory není nutné uvažovat

$$V_{pl,Rd} = \frac{2 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 409,9 \text{ kN} > V_{Ed} = 105 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení koutového svaru čelní desky ke stropnici

$$a = 3 \text{ mm}$$

$$l = 100 \text{ mm}$$

$$F_{\parallel} = 105 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{2 \cdot l \cdot a} = \frac{105 \cdot 10^3}{2 \cdot 100 \cdot 3} = 175 \text{ MPa}$$

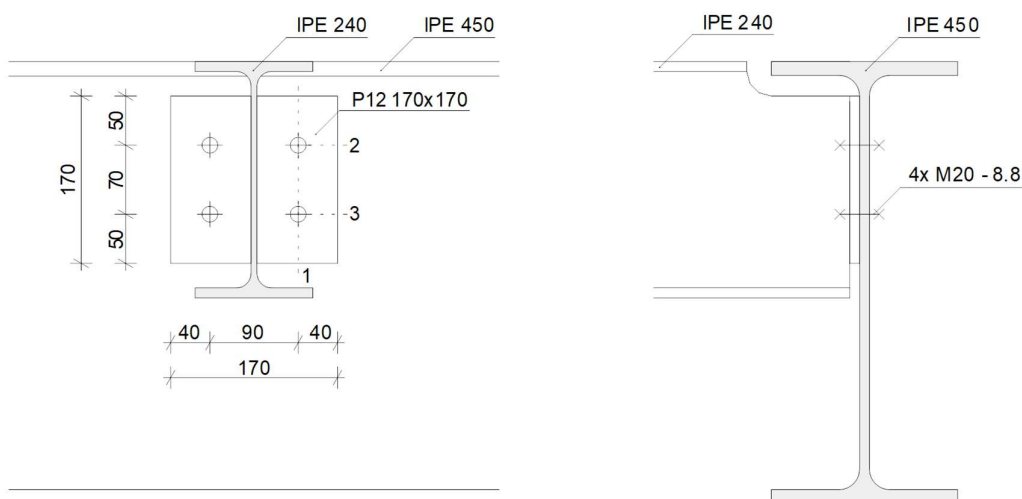
$$\sqrt{3 \cdot \tau_{\parallel}^2} < \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3 \cdot 175^2} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$303 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

4.5.2 Příklad připojení běžného podlaží na průvlak



Vnitřní síly

$$R_{Ed} = 236,45 \text{ kN}$$

Zatížení na jeden šroub

$$V_{Ed} = \frac{R_{Ed}}{4} = \frac{236,45}{4} = 59 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů ve stříhu pro dvě stříhové roviny

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot n$$

$$\alpha_V = 0,6 \text{ (třída 8.8)}$$

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} \cdot 2 = 188,2 \text{ kN} > V_{Ed} = 59 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_b \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{50}{3 \cdot 22}; \frac{800}{490}; 1\right) = \min(0,76; 1,63; 1) = 0,76$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{40}{22} - 1,7; 2,5\right) = \min(3,4; 2,5) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,76 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 9,4}{1,25} = 140 \text{ kN} > V_{Ed} = 59 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost stěny nosníku ve smyku (délka stěny nosníku stropnice ve smyku = 170 mm).

$$F_{vbw,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot A_{Vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 355 \cdot 6,2 \cdot 170}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 194,4 \text{ kN} > V_{Ed} = 59 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost čelní desky ve smyku

$$\checkmark \text{Řez (1)} \quad \frac{A_{V,net}}{A_V} = \frac{170 \cdot 12 - 22 \cdot 12 \cdot 2}{170 \cdot 12} = 0,74 > \frac{f_y}{f_u} = \frac{355}{490} = 0,72$$

$$\checkmark \text{Řez (2)} \quad \frac{A_{V,net}}{A_V} = \frac{50 \cdot 12 - 1 \cdot 12}{50 \cdot 12} = 0,78 > \frac{f_y}{f_u} = \frac{355}{490} = 0,72$$

$$\checkmark \text{Řez (3)} \quad \frac{A_{V,net}}{A_V} = \frac{120 \cdot 12 - 33 \cdot 12}{120 \cdot 12} = 0,73 > \frac{f_y}{f_u} = \frac{355}{490} = 0,72$$

- Oslabení otvory není nutné uvažovat.

$$V_{pl,Rd} = \frac{2 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2 \cdot 170 \cdot 12 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 836,2 \text{ kN} > V_{Ed} = 59 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

VYHOVUJE

Posouzení koutového svaru čelní desky ke stropnici

$a = 3 \text{ mm}$

$l = 170 \text{ mm}$

$F_{\parallel} = 59 \text{ kN}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{2 \cdot l \cdot a} = \frac{59 \cdot 10^3}{2 \cdot 170 \cdot 3} = 57,8 \text{ MPa}$$

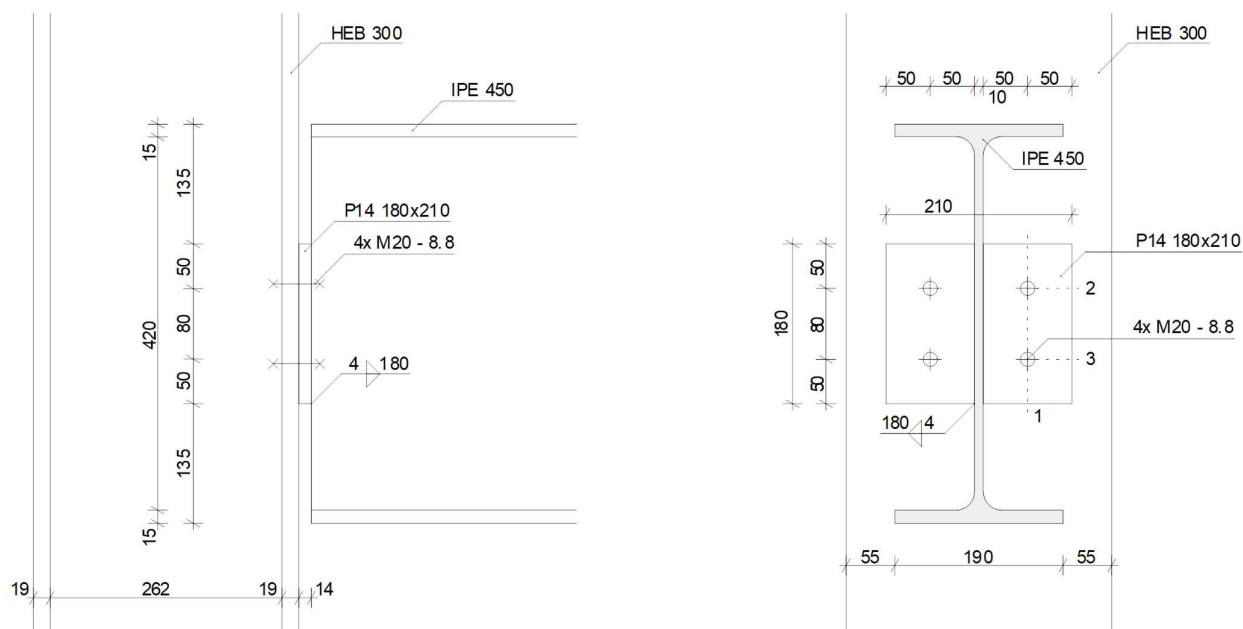
$$\sqrt{3 \cdot \tau_{\parallel}^2} < \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3 \cdot 57,8^2} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$100,1 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

4.5.3 Přípoj průvlaku na sloup



Vnitřní síly

$$R_{Ed} = 236,45 \text{ kN}$$

Návrh šroubů přípoje

Šrouby 8.8

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

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

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

Počet šroubů: 4 ks

Zatížení na jeden šroub

$$V_{Ed} = \frac{R_{Ed}}{4} = \frac{236,45}{4} = 59 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů ve stříhu (jedna stříhová rovina)

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} = 94,1 \text{ kN} > V_{Ed} = 59 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$\alpha_V = 0,6 \text{ (třída 8.8)}$$

Únosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{50}{3 \cdot 22}; \frac{800}{490}; 1\right) = \min(0,76; 1,63; 1) = 0,76$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{50}{22} - 1,7; 2,5\right) \min(4,7; 2,5) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,76 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 14}{1,25} = 208,5 \text{ kN} > V_{Ed} = 59 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost stěny nosníku ve smyku (délka stěny nosníku průvlaku ve smyku = 180 mm)

$$F_{vbw,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot A_{Vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 355 \cdot 9,4 \cdot 180}{\sqrt{3} \cdot 1} = 312,1 \text{ kN} > R_{Ed} = 236,45 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost čelní desky ve smyku

$$\text{Řez (1)} \quad \frac{A_{V,net}}{A_V} = \frac{180 \cdot 14 - 22 \cdot 14 \cdot 2}{180 \cdot 14} = 0,75 > \frac{f_y}{f_u} = \frac{355}{490} = 0,72$$

$$\text{Řez (2)} \quad \frac{A_{V,net}}{A_V} = \frac{50 \cdot 14 - 11 \cdot 14}{50 \cdot 14} = 0,78 > \frac{f_y}{f_u} = \frac{355}{490} = 0,72$$

$$\text{Řez (3)} \quad \frac{A_{V,net}}{A_V} = \frac{130 \cdot 14 - 33 \cdot 14}{130 \cdot 14} = 0,75 > \frac{f_y}{f_u} = \frac{355}{490} = 0,72$$

VYHOVUJE

- Oslabení otvory není nutné uvažovat.

$$V_{pl,Rd} = \frac{2 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 14 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 1033 \text{ kN} > R_{Ed} = 236,45 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení koutového svaru čelní desky ke stropnici

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

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

$$F_{\parallel} = R_{Ed} = 236,45 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{2 \cdot l \cdot a} = \frac{236,45 \cdot 10^3}{2 \cdot 180 \cdot 4} = 164,2 \text{ MPa}$$

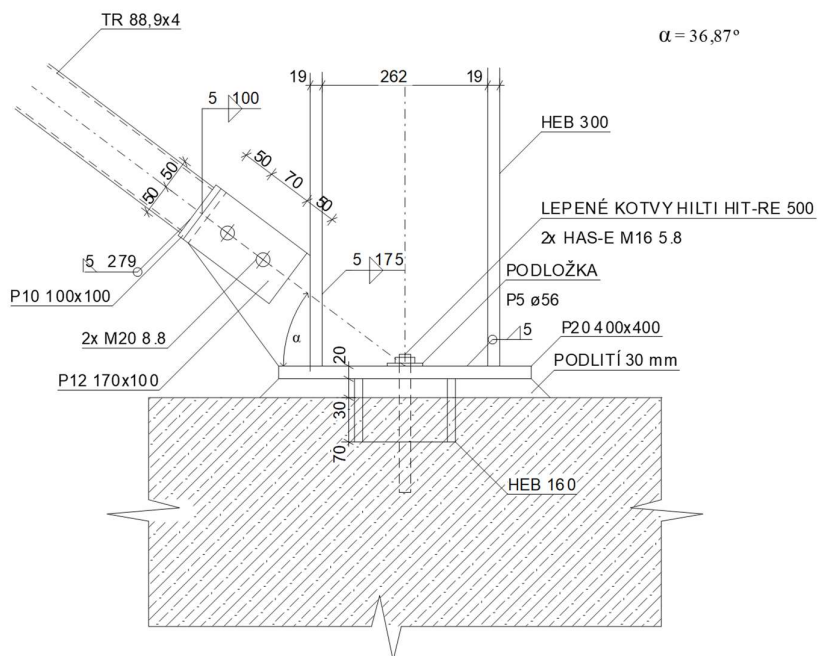
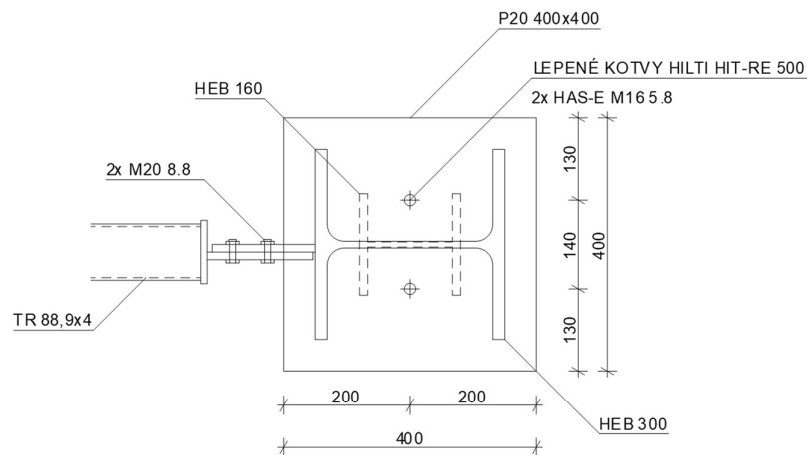
$$\sqrt{3 \cdot \tau_{\parallel}^2} < \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3 \cdot 164,2^2} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$284 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

4.5.4 Kloubové kotvení sloupu ve ztužidlovém poli



$$\alpha = 36,87^\circ$$

Geometrie a materiál

Betonová patka

$$d_c = 800 \text{ mm}$$

$$b_c = 800 \text{ mm}$$

$$h_c = 800 \text{ mm}$$

Patní plech

$$d_p = 400 \text{ mm}$$

$$b_p = 400 \text{ mm}$$

$$t_p = 800 \text{ mm}$$

C 20/25

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

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ MPa}$$

S 355

$$f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

Vnitřní síly uzel: N5

Maximální svislá reakce

$$N_{Ed} = 1303,14 \text{ kN}$$

zároveň i maximální vodorovná reakce

$$V_{Ed,x} = 143,73 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost betonu v uložení

$$\text{Zatížená plocha: } A_{c0} = d_p \cdot b_p = 0,4 \cdot 0,4 = 0,16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Návrhová roznášecí plocha: } A_{c1} = d_2 \cdot b_2 = 0,8 \cdot 0,8 = 0,64 \text{ mm}^2$$

$$d_2 = \min(3 \cdot d_p; d_p + h_c; d_c) = \min(3 \cdot 400; 400 + 800; 800) = 800 \text{ mm}$$

$$b_2 = \min(3 \cdot b_p; b_p + h_c; b_c) = \min(3 \cdot 400; 400 + 800; 800) = 800 \text{ mm}$$

$$f_{Rd,u} = f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = 13,3 \cdot \sqrt{\frac{0,64}{0,16}} = 26,6 \text{ MPa}$$

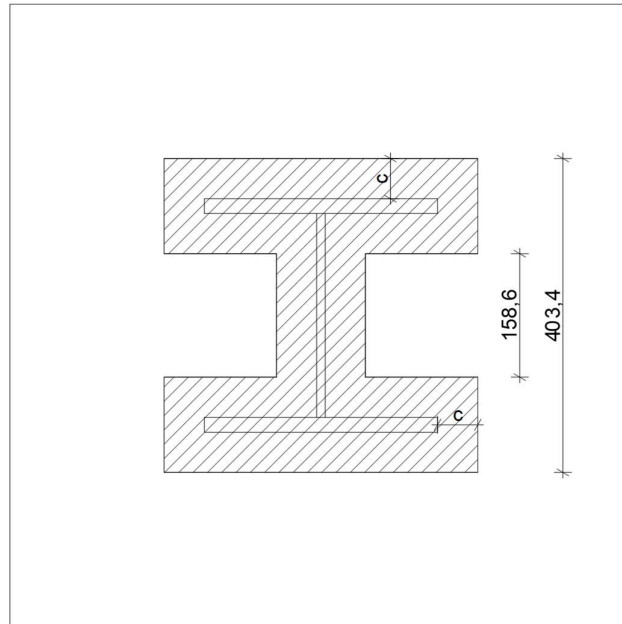
Návrhová pevnost betonu

$$f_{j,d} = \beta_j \cdot f_{Rd,u} = \frac{2}{3} \cdot 26,6 = 17,7 \text{ MPa}$$

Funkční přesah desky

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{j,d} \cdot \gamma_{M0}}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 17,7 \cdot 1,0}} = 51,7 \text{ mm}$$

A_{eff} :



$$A_{eff} = 2 \cdot (300 + 2 \cdot 51,7) \cdot (19 + 2 \cdot 51,7) + (11 + 51,7) \cdot 158,6 = 108\,697 \text{ mm}^2$$

Posouzení betonu v tlaku

$$\sigma_{j,d} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = \frac{1303,4 \cdot 10^3}{108\,697} = 12 \text{ MPa} < f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Návrhová únosnost v tlaku

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 108\,697 \cdot 17,7 = 1\,923,9 \text{ kN} > N_{Ed} = 1303 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení patní desky na ohyb

$$\sigma_{jd} = 12\,000\,000 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{j^1,d} = 12\,000\,000 \cdot 0,001 = 12\,000 \text{ N/m}$$

$$M_{Ed} = \sigma_{j^1,d} \cdot \frac{c^2}{2} = 12000 \cdot \frac{0,0517^2}{2} = 16 \text{ Nm}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot 0,001 \cdot t_p^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,001 \cdot 0,02^2 = 6,7 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{16}{6,7 \cdot 10^{-8}} = 238,8 \text{ MPa} < f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Návrh kotvicích šroubů

Šrouby navrženy konstrukčně 2 x HILTI HAS-E M16 5.8, dodatečně osazené lepené

Viz tabulka:

Technická data pro statické namáhání kotvy HIT-RE500 se šroubem HAS-E

Základní podmínky:
 Heftlivý beton C20/25 - tloušťka zóna. Osové vzdálenosti betonářské výztuže > 150 mm.
 Dovolená namáhání v tahu nebo v tlaku. Dovolená namáhání jsou platná pro jednu kotvu nebo pro dvojici kotvy - viz obr. 1 a obr. 2.
 Kotvy neze zatlačovat současně na určitý plošný dovozený nároční v tahu a ve smyku.

Dovolená namáhání pro kotvy HIT-RE500	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	
Dovolené namáhání v tahu pro jednu kotvu za předpokladu: $c \geq c_{cr}, s \geq s_{cr}^{(1)}$	N_{REC} (kN)	7,8	11,9	17,0	24,8	44,9	64,7	79,2	104,0
Dovolené namáhání v tahu pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{min}, s \geq s_{cr}^{(1)}$	N_{REC} (kN)	5,0	7,6	10,9	16,2	29,7	44,7	53,1	66,6
Dovolené namáhání v tahu pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{min}, s = s_{min}^{(1)}$	N_{REC} (kN)	3,1	4,7	6,8	10,2	18,8	28,8	33,7	41,8
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c \geq 2c_{cr}, s \geq 3c^{(1)}$	V_{REC} (kN)	4,9	7,4	10,9	20,6	32,0	45,7	59,4	76,6
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c \geq 2c_{cr}, s \geq 3c^{(1)}$	V_{REC} (kN)	4,9	7,4	10,9	20,6	32,0	45,7	59,4	76,6
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{cr}, s \geq 3c^{(1)}$	V_{REC} (kN)	4,9	7,4	10,9	20,6	32,0	45,7	59,4	76,6
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{cr}, s = 3c^{(1)}$	V_{REC} (kN)	1,9	2,4	3,6	4,8	8,9	13,2	16,9	21,6
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c = 2c_{cr}, s = s_{cr}^{(1)}$	V_{REC} (kN)	4,9	7,4	10,9	20,6	32,0	45,7	59,4	76,6
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{cr}, s = s_{cr}^{(1)}$	V_{REC} (kN)	4,9	7,4	10,9	17,6	31,4	45,7	64,1	79,3
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{min}, s = s_{min}^{(1)}$	V_{REC} (kN)	1,2	1,6	2,4	3,2	5,9	8,8	11,2	14,4

Ústřední data pro HIT-RE500 + šroub HAS	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	
Kritická vzdálenost kotvy od okraje základního materiálu	c_{cr} (mm)	135	180	245	250	350	470	530	580
Kritická vzdálenost mezi kotvami	s_{cr} (mm)	270	360	490	500	700	940	1060	1160
Minimální vzdálenost kotvy od okraje základního materiálu	c_{min} (mm)	40	45	55	65	90	120	130	135
Minimální osová vzdálenost mezi kotvami	s_{min} (mm)	40	45	55	65	90	120	130	135
Minimální tloušťka betonu	h_{min} (mm)	110	120	140	170	220	270	300	340
Minimální hloubka vrtání	h_1 (mm)	80	90	110	125	170	210	240	270
Elektrivní hloubka kotvení	h_{opt} (mm)	80	90	110	125	170	210	240	270
Předepsaný utahovací moment	T_{inst} (Nm)	10	20	40	80	150	200	270	300

HIT-RE500 + šroub HAS	M33	M36	M39	
Dovolené namáhání v tahu pro jednu kotvu za předpokladu: $c \geq c_{cr}, N, s \geq s_{cr}, N^{(1)}$	N_{REC} (kN)	122,1	145,2	166,4
Dovolené namáhání v tahu pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{min}, s \geq s_{cr}^{(1)}$	N_{REC} (kN)	78,2	92,9	106,5
Dovolené namáhání v tahu pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{min}, s = s_{min}^{(1)}$	N_{REC} (kN)	48,9	58,1	66,5
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c \geq 2c_{cr}, s \geq 3c^{(1)}$	V_{REC} (kN)	177,4	208,2	250,4
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c = 2c_{cr}, s \geq 3c^{(1)}$	V_{REC} (kN)	177,4	208,2	250,4
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{cr}, s \geq 3c^{(1)}$	V_{REC} (kN)	104,9	125,5	150,4
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{cr}, s = 3c^{(1)}$	V_{REC} (kN)	26,3	31,6	37,2
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c = 2c_{cr}, s = s_{cr}^{(1)}$	V_{REC} (kN)	124,6	149,1	178,6
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{cr}, s = s_{cr}^{(1)}$	V_{REC} (kN)	87,4	104,6	125,3
Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu za předpokladu: $c = c_{min}, s = s_{min}^{(1)}$	V_{REC} (kN)	17,5	21,1	24,8

Ústřední podmínky pro HIT-RE500 + šroub HAS	M33	M36	M39	
Kritická vzdálenost kotvy od okraje základního materiálu	c_{cr} (mm)	600	660	720
Kritická vzdálenost mezi kotvami	s_{cr} (mm)	1200	1320	1440
Minimální vzdálenost kotvy od okraje základního materiálu	c_{min} (mm)	150	165	180
Minimální osová vzdálenost mezi kotvami	s_{min} (mm)	150	165	180
Minimální tloušťka betonu	h_{min} (mm)	360	410	450
Minimální hloubka vrtání	h_1 (mm)	300	330	360
Minimální hloubka kotvení	h_{opt} (mm)	300	330	360
Maximální utahovací moment	T_{max} (Nm)	1200	1500	1800

*) Akce vždy proved s posilováními, které zaručí bezpečnost. Pro přesný návrh kotvy použijte náš software PROFIS nebo nás kontaktujte.

$$V_{REC} = 2 \cdot 20,6 = 41,2 \text{ kN} < V_{Ed} = 143,73 \text{ kN}$$

→ vodorovnou sílu musí přenést smyková zarážka

Návrh smykové zarážky z profilu HEB 160

Minimální výška profilu (podlité 30 mm)

$$h' = \frac{V_{Ed,x}}{l \cdot f_{cd}} = \frac{143,73 \cdot 10^3}{160 \cdot 13,3} = 67,5 \text{ mm}$$

Účinná výška profilu zarážky navržena na 70 mm (celková výška 120 mm).

Posouzení smyku

$$V_{Rd} = \frac{h \cdot t_w \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{160 \cdot 8 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 262,3 \text{ kN} > V_{Ed} = 143,73 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení na ohyb

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot (0,5 \cdot h' + h_p) = 143,73 \cdot (0,5 \cdot 0,07 + 0,03) = 9,3 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,54 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 125,7 \text{ kNm} > M_{Ed} = 9,3 \text{ kNm}$$

Posouzení betonu v tlaku

$$\sigma_{cd} = \frac{V_{Ed}}{h' \cdot l} = \frac{143,73 \cdot 10^3}{70 \cdot 160} = 12,8 \text{ MPa} < f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru smykové zarážky k patní desce zjednodušeným výpočtem

Svar na stojině

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{3}} = 314,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_w = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot (h - 2 \cdot t_f)} = \frac{143,73 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot (160 - 2 \cdot 13)} = 134,1 \text{ MPa} < f_{vw,d} = 314,3 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Svar na pásnici

$$\tau_f = \frac{M_{Ed}}{2 \cdot a \cdot (h - t_f) \cdot l} = \frac{9,3 \cdot 10^6}{2 \cdot 4 \cdot (160 - 13) \cdot 160} = 49,4 \text{ MPa} < f_{vw,d} = 314,3 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Plocha svaru

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

$$A_w = 5 \cdot (2 \cdot 300 + 4 \cdot 117,5 + 2 \cdot 208) = 7430 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_w = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{1303,14 \cdot 10^3}{7430} = 175,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{143,73 \cdot 10^3}{7430} = 19,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{175,4}{\sqrt{2}} = 124 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$
$$\sqrt{124^2 + 3 \cdot (124^2 + 19,3^2)} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$250,2 \text{ MPa} \leq 435,6 \text{ MPa}$$

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

$$124 \leq 0,9 \cdot \frac{490}{1,25}$$

$$124 \text{ MPa} \leq 352,8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Přípoj ztužidla na sloup

Vnitřní síly uzel: N5

$$N_{t,Ed} = 140,88 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů přípoje

Šrouby 8.8

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

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

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

Počet kusů šroubů 2 ks

Zatížení na jeden šroub

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{t,Ed}}{2} = \frac{140,88}{2} = 70,4 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů ve střihu (jedna střihová rovina)

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} = 94,1 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 70,4 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$\alpha_V = 0,6 \cdot (\text{třída 8.8})$$

Únosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right) = \min \left(\frac{50}{3 \cdot 22}; \frac{800}{490}; 1 \right) = 0,76$$

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left(2,8 \cdot \frac{50}{22} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,76 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 12}{1,25} = 178,8 \text{ kN} > 70,4 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení styčnickového plechu na straně ztužidla

$$A_{s,net} = (100 - 22) \cdot 12 = 936 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = \frac{A_{s,net} \cdot f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = \frac{936 \cdot 355}{1,0} = 332,3 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 140,88 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení svaru styčnickového plechu k čelní desce ztužidla

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

$$l = 100 \text{ mm}$$

$$F_{\perp} = 140,88 \text{ kN}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{140,88 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot 100 \cdot 5} = 99,6 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2} < \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{99,6^2 + 3 \cdot 99,6^2} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$199,2 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{\perp} < \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$99,6 < \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$99,6 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení svaru styčnickového plechu k čelní desce ztužidla

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

$$l = 279 \text{ mm}$$

$$F_{\perp} = 140,88 \text{ kN}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{140,88 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 279 \cdot 5} = 71,4 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2} < \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{71,4^2 + 3 \cdot 71,4^2} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$142,8 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{\perp} < \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$99,6 < \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$71,4 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení svaru styčnickového plechu ke sloupu

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

$$l = 175 \text{ mm}$$

$$F_{\parallel} = \sin(36,87^\circ) \cdot N_{t,Ed} = 0,6 \cdot 140,88 = 84,53 \text{ kN}$$

$$F_{\perp} = \cos(36,87^\circ) \cdot N_{t,Ed} = 0,8 \cdot 140,88 = 112,7 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{A_w} = \frac{84,53 \cdot 10^3}{2 \cdot 175 \cdot 5} = 48,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{112,7 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot 175 \cdot 5} = 45,5 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{45,5^2 + 3 \cdot (45,5^2 + 48,3^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$123,6 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

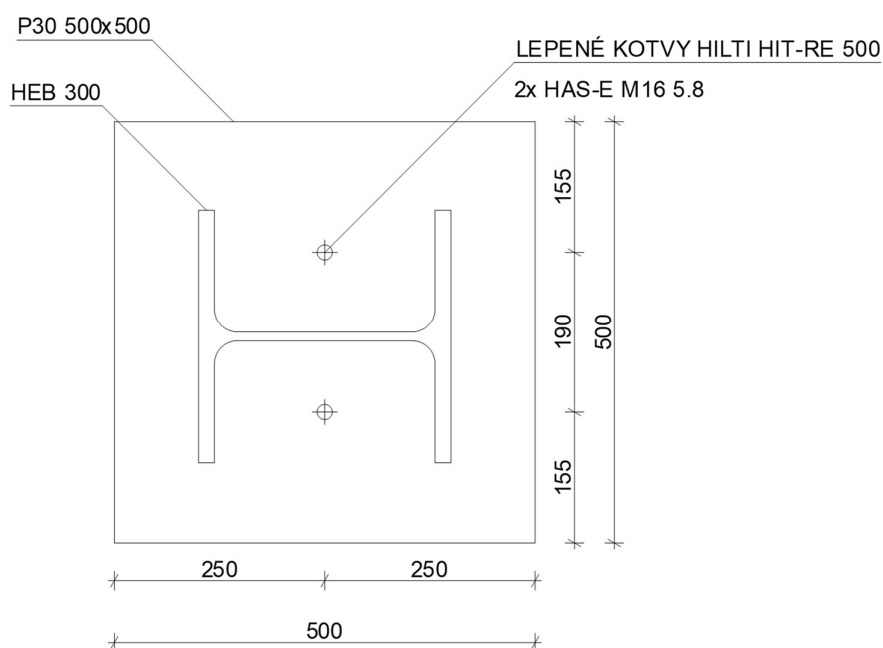
$$\sigma_{\perp} < \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$45,5 < \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$45,5 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

4.5.5 Kloubové kotvení vnitřního sloupu



Betonová patka
 $d_c = 1\,200\text{ mm}$
 $b_c = 1\,200\text{ mm}$
 $h_c = 800\text{ mm}$

Patní plech
 $d_p = 500\text{ mm}$
 $b_p = 500\text{ mm}$
 $t_p = 30\text{ mm}$

C 20/25

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

$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33\text{ MPa}$

S 355

$f_{yd} = 355\text{ MPa}$

Vnitřní síly uzel: N44

Maximální svislá reakce

$N_{Ed} = 1\,688,99\text{ kN}$

$V_{Ed} = 0,09\text{ kN}$

zároveň i maximální vodorovná reakce

$N_{Ed} = 1\,371,23\text{ kN}$

$V_{Ed} = 1,01\text{ kN}$

Návrhová pevnost betonu v uložení

Zatížená plocha: $A_{c0} = d_p \cdot b_p = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25\text{ mm}^2$

Návrhová roznášecí plocha: $A_{c1} = d_2 \cdot b_2 = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44\text{ mm}^2$

$d_2 = \min(3 \cdot d_p; d_p + h_c; d_c) = \min(3 \cdot 500; 500 + 800; 1200) = 1200\text{ mm}$

$b_2 = \min(3 \cdot b_p; b_p + h_c; b_c) = \min(3 \cdot 500; 500 + 800; 1200) = 1200\text{ mm}$

$$f_{Rd,u} = f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = 13,3 \cdot \sqrt{\frac{1,44}{0,25}} = 31,9 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{j,d} = \beta_j \cdot f_{Rd,u} = \frac{2}{3} \cdot 31,9 = 21,3 \text{ MPa}$$

Funkční přesah desky

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 21,3 \cdot 1}} = 70,7 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 2 \cdot (300 + 2 \cdot 70,7) \cdot (19 + 2 \cdot 70,7) + (11 + 70,7) \cdot (441,4 - 120,6) = 167\,810 \text{ mm}^2$$

Posouzení betonu v tlaku

$$\sigma_{j,d} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = \frac{1\,688,99 \cdot 10^3}{167\,810} = 10 \text{ MPa} < f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Návrhová únosnost v tlaku

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 167\,810 \cdot 21,3 = 3\,574,4 \text{ kN} > N_{Ed} = 1\,688,99 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení patní desky na ohyb

$$\sigma_{j,d} = 10\,000\,000 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\sigma_{j^1,d} = 10\,000\,000 \cdot 0,001 = 10\,000 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$M_{Ed} = \sigma_{j^1,d} \cdot \frac{c^2}{2} = 10\,000 \cdot \frac{0,0707^2}{2} = 25 \text{ Nm}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot 0,001 \cdot t_p^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,001 \cdot 0,02^2 = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{25}{1,5 \cdot 10^{-7}} = 167 \text{ MPa} < f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Návrh kotvicích šroubů

Šrouby navrženy konstrukčně 2 x HILTI HAS-E M16 8.8, dodatečně osazené lepené

Přenos vodorovné síly

Šrouby dle tabulky výrobce:

$$V_{REC} = 2 \cdot 20,6 = 41,2 \text{ kN} < V_{Ed} = 1,01 \text{ kN}$$

Přenos vodorovné síly třením

$$c_{f,d} \cdot N_{Ed} = 0,2 \cdot 1\,371,23 = 274,2 \text{ kN} > V_{Ed} = 1,01 \text{ kN}$$

→ Vodorovná síla bude přenesena třením a šrouby

VYHOVUJE

Posouzení svaru

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

$$A_w = 7\,430 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_w = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{1\,688,99 \cdot 10^3}{7\,430} = 227,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{0,09 \cdot 10^3}{7\,430} = 0,01 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{227,3}{\sqrt{2}} = 160,7 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{160,7^2 + 3 \cdot (160,7^2 + 0,01^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$321,4 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

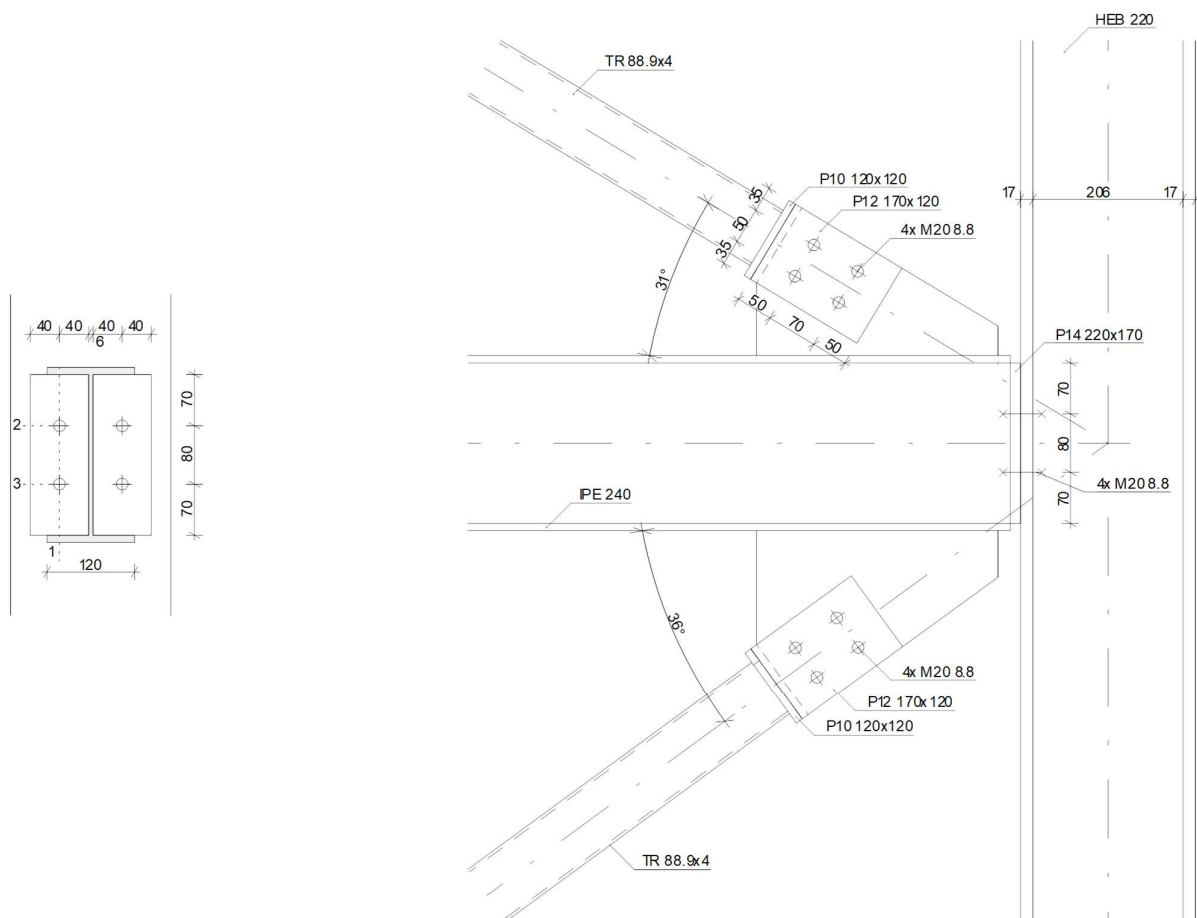
$$\sigma_{\perp} < \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$160,7 < \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$160,7 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

4.5.6 Příklad ztužidel a stropnice ke sloupu



Stropnice, která je součástí ztužidlové vazby je namáhána svislou silou z připojených diagonál.

Přípoj stropnice ke sloupu:
Zatížení (zatěžovací šířka 1,0 m)

Stálé

- Betonová deska, $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- vlastní tíha trapézového plechu
- ostatní stálé

g_k	$g_d \text{ [kN/m]}$
1,93	2,61
0,1	0,14
2,35	3,17
$\Sigma 5,9$	

Proměnné

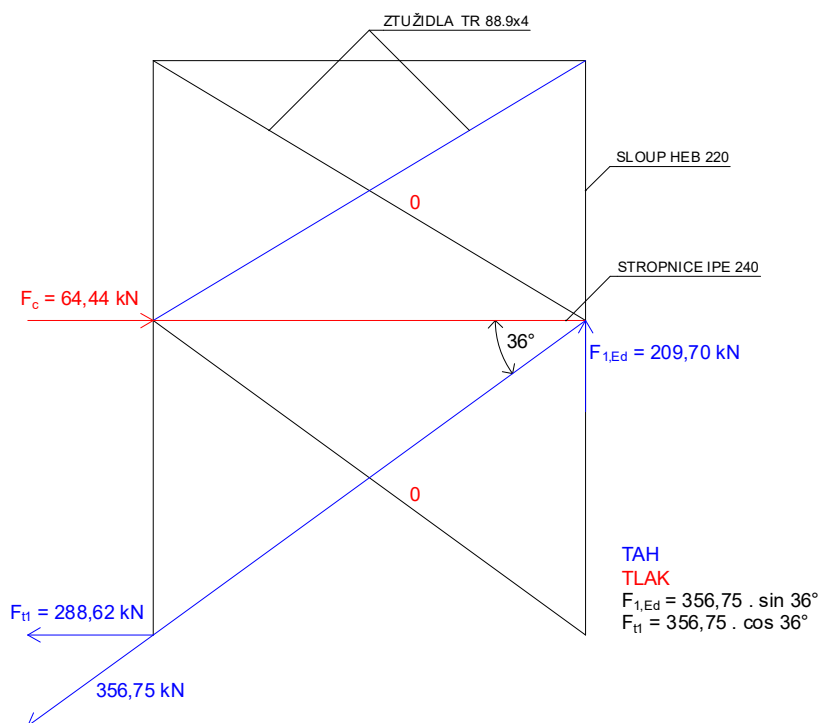
- užité (kat. D2 obchodní plochy)
- náhradní zatížení od příček

q_k	$q_d \text{ [kN/m]}$
5	6,75
0,8	1,08
$\Sigma 7,8$	

Reakce od zatížení

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot (g_d + q_d) \cdot L = \frac{1}{2} \cdot (5,9 + 7,8) \cdot 6 = 41,1 \text{ kN}$$

Síly v prutech



Posouzení na tah

$$F_{t,Ed} = F_{t1} - F_c = 288,62 - 64,44 = 224,18 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} = 141,12 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} \cdot n \geq F_{t,Ed}$$

$$141,12 \cdot 4 \geq 224,18$$

$$564,5 \text{ kN} \geq 224,18 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Smyková síla pouze od spodního ztužidla

$$F_{1,Ed} = 209,7 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = V_{Ed} + F_{1,Ed} = 41,1 + 209,7 = 250,8 \text{ kN}$$

Návrh šroubů přípoje

Šrouby 4 x M20 8.8

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

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

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

Počet kusů šroubů 4 ks

Zatížení na jeden šroub

$$\frac{F_{Ed}}{4} = \frac{250,8}{4} = 62,7 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů ve stříhu (jedna stříhová rovina)

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} = 94,1 \text{ kN} > 62,7 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$\alpha_V = 0,6 \text{ (třída 8.8)}$$

Únosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right) = \min \left(\frac{70}{3 \cdot 22}; \frac{800}{490}; 1 \right) = 1$$

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left(2,8 \cdot \frac{40}{22} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 14}{1,25} = 274,4 \text{ kN} > 62,7 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost stěny nosníku ve smyku (délka stěny nosníku průvlaku ve smyku = 220 mm)

$$F_{vbw,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot A_{VC}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 355 \cdot 6,2 \cdot 220}{\sqrt{3} \cdot 1} = 251,6 \text{ kN} > F_{Ed} = 250,8 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost čelní desky ve smyku

$$\checkmark \text{Řez (1)} \quad \frac{A_{V,net}}{A_V} = \frac{220 \cdot 14 - 2 \cdot 14 \cdot 2}{220 \cdot 14} = 0,8 > \frac{f_y}{f_u} = \frac{355}{490} = 0,72$$

$$\checkmark \text{Řez (2)} \quad \frac{A_{V,net}}{A_V} = \frac{70 \cdot 14 - 1 \cdot 14}{70 \cdot 14} = 0,84 > \frac{f_y}{f_u} = \frac{355}{490} = 0,72$$

$$\checkmark \text{Řez (3)} \quad \frac{A_{V,net}}{A_V} = \frac{150 \cdot 14 - 3 \cdot 14}{150 \cdot 14} = 0,78 > \frac{f_y}{f_u} = \frac{355}{490} = 0,72$$

→ oslabení otvory není nutné uvažovat.

$$V_{pl,Rd} = \frac{2 \cdot h \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2 \cdot 220 \cdot 14 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1} = 1\,263 \text{ kN} > F_{Ed} = 250,8 \text{ kN}$$

Posouzení koutového svaru čelní desky

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

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

$$F_{\parallel} = F_{Ed} = 250,8 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{2 \cdot l \cdot a} = \frac{250,8 \cdot 10^3}{2 \cdot 220 \cdot 4} = 142,5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{\parallel}^2} < \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3 \cdot 142,5^2} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$246,8 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

Přípoj ztužidel ke stropnici

$$\text{Diagonála: vnitřní síla } N_{t,Ed} = 356,75 \text{ kN}$$

Posouzení šroubového přípoje

Šrouby 8.8

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

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

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

Počet kusů šroubů 4 ks

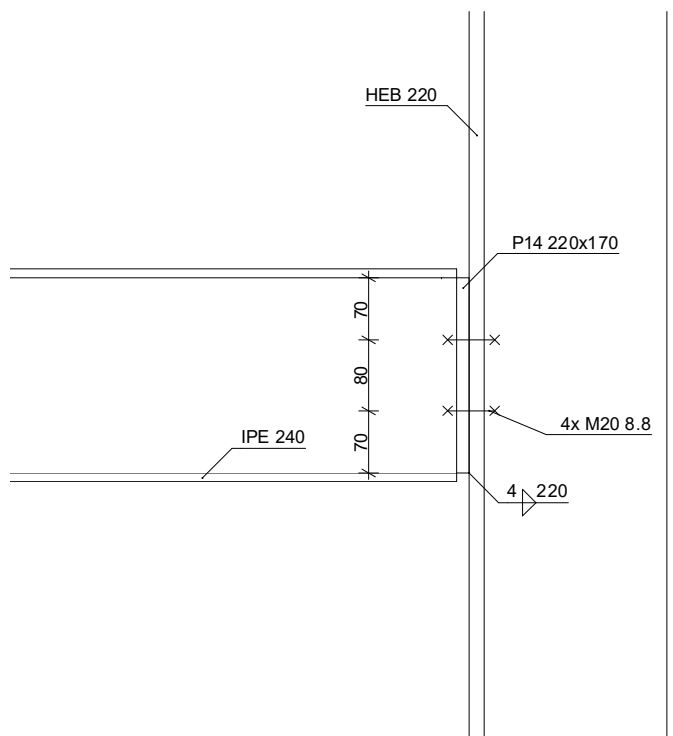
Zatížení na jeden šroub

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{t,Ed}}{4} = \frac{356,75}{4} = 89,2 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů ve stříhu (jedna stříhová rovina)

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} = 94,1 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 89,2 \text{ kN}$$

$$\alpha_V = 0,6 \text{ (třída 8.8)}$$



VYHOVUJE

Únosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right) = \min \left(\frac{50}{3 \cdot 22}; \frac{800}{490}; 1 \right) = 0,76$$

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left(2,8 \cdot \frac{35}{22} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,76 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 12}{1,25} = 178,8 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 89,2 \text{ kN}$$

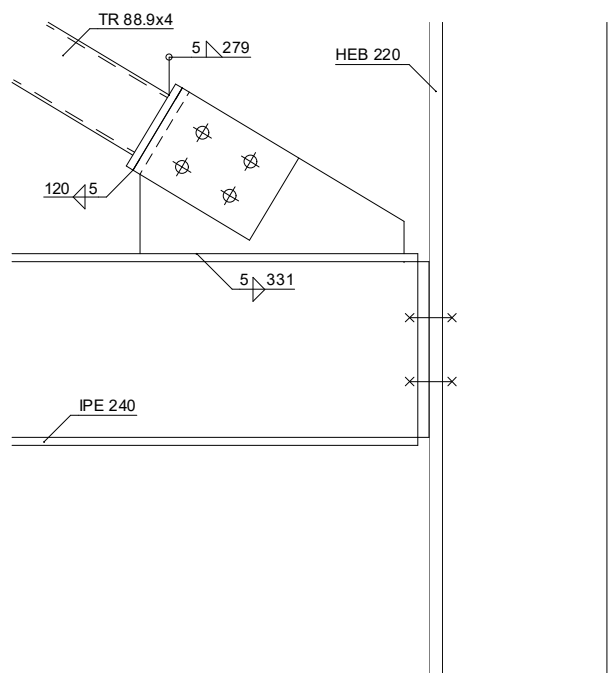
VYHOVUJE

Svar u čelní desky diagonál

Jednostranný koutový

$a = 5 \text{ mm}$

$l = \pi \cdot d = \pi \cdot 88,9 = 279 \text{ mm}$



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

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A_w} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{356,75 \cdot 10^3}{5 \cdot 279} = 180,8 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{180,8^2 + 3 \cdot (180,8^2 + 0^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$361,6 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

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

$$180,8 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} \text{ MPa}$$

$$180,8 \text{ MPa} \leq 352,8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Svar styčnickového plechu k čelní desce ztužidla

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

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

$$F_{\perp} = 356,75 \text{ kN}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A_w} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{356,75 \cdot 10^3}{2 \cdot 5 \cdot 120} = 210,2 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{210,2^2 + 3 \cdot (210,2^2 + 0^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$420,4 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

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

$$210,2 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} \text{ MPa}$$

$$210,2 \text{ MPa} \leq 352,8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Svar styčnickového plechu a pásnice

Návrh 2 x koutový svar

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

$$l_{we} = 331 \text{ mm}$$

W_{we} – modul svaru

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{F_{1,Ed}}{2 \cdot a \cdot l_{we}} + \frac{F_{1,Ed} \cdot e}{W_{we}} \right)$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{209,7 \cdot 10^3}{2 \cdot 5 \cdot 331} + \frac{209,7 \cdot 10^3 \cdot 133}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 331^2} \right) = 197,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{t1}}{2 \cdot a \cdot l_{we}} = \frac{288,62 \cdot 10^3}{2 \cdot 5 \cdot 331} = 87,2 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{197,5^2 + 3 \cdot (197,5^2 + 37,2^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$422,9 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

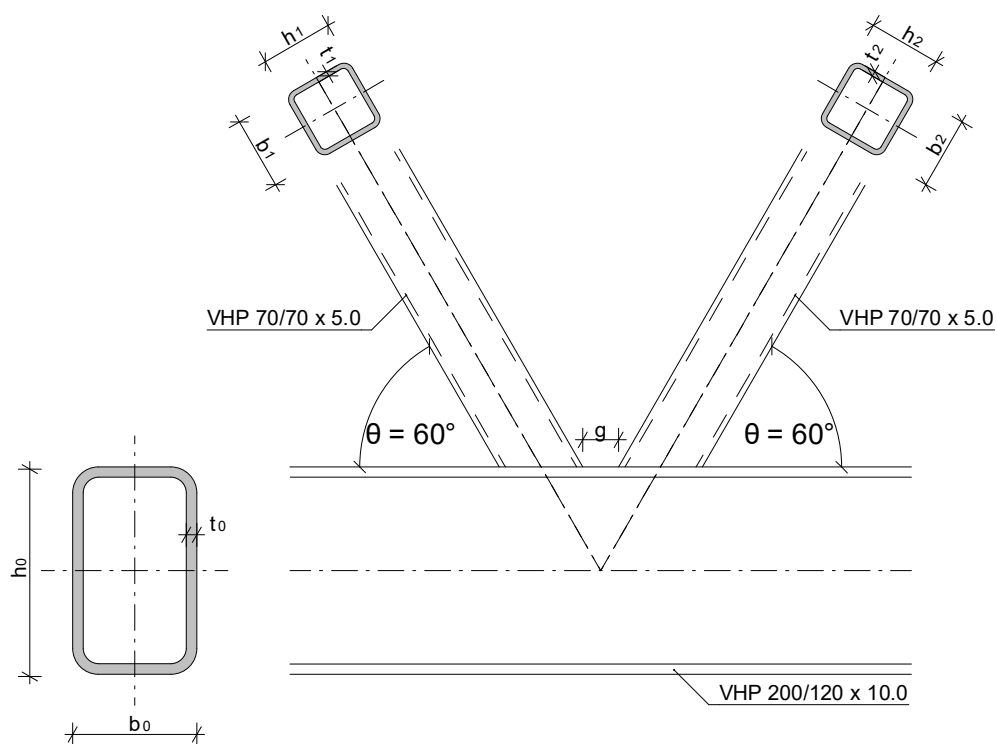
$$\tau_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$197,5 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} \text{ MPa}$$

$$197,5 \text{ MPa} \leq 352,8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

4.5.7 Svařovaný spoj diagonál na dolní pás vazníku



Styčnick K s mezerou

Podmínky pro splnění geometrie styčnicku:

$$g = 35 \text{ mm}$$

$$b_1 = b_2 = 70 \text{ mm}$$

$$t_1 = t_2 = 5 \text{ mm}$$

$$b_0 = 70 \text{ mm}$$

$$h_0 = 200 \text{ mm}$$

$$t_0 = 10 \text{ mm}$$

$$\frac{b_1}{b_0} \geq 0,35$$

$$\frac{70}{120} \geq 0,35$$

$$0,58 \geq 0,35 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$0,58 \geq 0,35 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{b_1}{b_0} \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{b_0}{t_0}$$

$$\frac{70}{120} \geq 0,1 + 0,01 \cdot \frac{120}{10}$$

$$0,58 \geq 0,22 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$0,58 \geq 0,22 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Pro tah i tlak } \frac{b_i}{t_i} \leq 35$$

$$\frac{b_1}{t_1} \geq 35$$

$$\frac{70}{5} \geq 35$$

$$14 \geq 35 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Pro tlak - třída 2

$$\frac{h_0}{b_0}; \frac{h_i}{b_i} \geq 0,5 \wedge \frac{h_0}{b_0}; \frac{h_i}{b_i} \leq 2$$

$$\frac{200}{120}; \frac{70}{70} \geq 0,5 \wedge \frac{200}{120}; \frac{70}{70} \leq 2$$

$$1,7; 1 \geq 0,5 \wedge 1,7; 1 \leq 2 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{b_0}{t_0}; \frac{h_0}{t_0} \leq 35 \text{ a třída 2}$$

$$\frac{120}{10}; \frac{200}{10} \leq 35$$

$$12; 20 \leq 35 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{g}{b_0} \geq 0,5 \cdot (1 - \beta) \wedge \frac{g}{b_0} \leq 1,5 \cdot (1 - \beta)$$

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0}$$

$$\beta = \frac{70 + 70 + 70 + 70}{4 \cdot 120} = 0,58$$

$$\frac{35}{120} \geq 0,5 \cdot (1 - 0,58) \wedge \frac{35}{120} \leq 1,5 \cdot (1 - 0,58)$$

$$0,3 \geq 0,21 \wedge 0,3 \leq 0,63 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$g \geq t_1 + t_2$$

$$35 \geq 5 + 5$$

$$35 \geq 10 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení:

$$N_{Ed} = 180,68 \text{ kN} \leq \text{nejmenší z níže uvedených navrhovaných únosností}$$

1) Porušení povrchu pásu:

$$N_{i,Rd} = \frac{8,9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}}{\sin(\theta_i) \cdot \gamma_{M5}} \cdot \beta$$

$$\gamma_{M5} = 1$$

$$\text{tah} \rightarrow k_n = 1$$

γ - poměr šířky pásu nebo jeho průměru k dvojnásobku tloušťky jeho stojiny

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0}$$

$$\gamma = \frac{120}{2 \cdot 10} = 6$$

$$N_{i,Rd} = \frac{8,9 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 10^2 \cdot \sqrt{6}}{\sin(60^\circ) \cdot 1} \cdot 0,583$$

$$N_{i,Rd} = 521 \text{ kN}$$

2) Porušení pásu smykem

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot A_v}{\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_i) \cdot \gamma_{M5}}$$

$$A_v = (2 \cdot h_0 + \alpha \cdot b_0) \cdot t_0$$

$$A_v = (2 \cdot 200 + 0,24 \cdot 120) \cdot 10 = 4288 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4 \cdot g^2}{3 \cdot t_0^2}}}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4 \cdot 35^2}{3 \cdot 10^2}}} = 0,24$$

$$N_{i,Rd} = \frac{355 \cdot 4288}{\sqrt{3} \cdot \sin(60^\circ) \cdot 1}$$

$$N_{i,Rd} = 1\ 015 \text{ kN}$$

$$N_{0,Rd} = \frac{(A_0 - A_v) \cdot f_{y0} + A_v \cdot f_{y0} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}}\right)^2}}{\gamma_{M5}}$$

$$A_0 = 5\ 660 \text{ mm}^2$$

$$V_{Ed} = 11,3 \text{ kN}$$

Smyková únosnost

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

$$V_{pl,Rd} = \frac{4288 \cdot 355}{\sqrt{3}} = 879 \text{ kN}$$

$$N_{0,Rd} = \frac{(5660 - 4288) \cdot 355 + 4288 \cdot 355 \sqrt{1 - \left(\frac{11300}{87900}\right)^2}}{1,0} = 2\ 009 \text{ kN}$$

3) Porušení mezipásového prutu

$$N_{i,Rd} = f_{yi} \cdot t_i \cdot (2 \cdot h_i - 4 \cdot t_i + b_i + b_{eff}) \cdot \gamma_{M5}^{-1}$$

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{yi} \cdot t_i} \cdot b_i$$

$$b_{eff} = \frac{10}{120} \cdot \frac{355 \cdot 10}{355 \cdot 5} \cdot 70 = 116,67 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq b_i \rightarrow b_{eff} = 70 \text{ mm}$$

$$N_{i,Rd} = 355 \cdot 5 \cdot (2 \cdot 70 - 4 \cdot 5 + 70 + 70) \cdot 1^{-1}$$

$$N_{i,Rd} = 461,5 \text{ kN}$$

4) Prolomení smykem

$$\beta \leq \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

$$0,583 \leq \left(1 - \frac{1}{6}\right)$$

$$0,583 \leq 0,83$$

VYHOVUJE

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot t_0}{\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_i)} \cdot \left(\frac{2 \cdot h_i}{\sin(\theta_i)} + b_i + b_{e,P}\right) \cdot \gamma_{M5}^{-1}$$

$$b_{e,P} = \frac{10}{b_0} \cdot b_i$$

$$b_{e,P} = \frac{10}{120} \cdot 70 = 58,3 \text{ mm}$$

$$b_{e,P} \leq b_i$$

$$58,3 \text{ mm} \leq 70 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$N_{i,Rd} = \frac{355 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot \sin(60^\circ)} \cdot \left(\frac{2 \cdot 70}{\sin(60^\circ)} + 70 + 58,3\right) \cdot 1^{-1}$$

$$N_{i,Rd} = 686 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 182,22 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{i,Rd}$$

$$182,22 \text{ kN} \leq 461,5 \text{ kN}$$

Posouzení koutového svaru

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

korelační součinitel $\beta_w = 0,9$ pro ocel S355

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Působící síla $N_{Ed} = 182,2 \text{ kN}$ (tah)

Profil VHP 70/70 x 5

Návrh svaru:

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

l – účinná délka svaru, celková délka svaru zmenšená o dvě účinné tloušťky svaru a

$$l = l_{\text{obvod průřezu}} - 2 \cdot a = [2 \cdot \pi \cdot r + (70 - 2 \cdot r) \cdot 4] - 2 \cdot a$$

$$l = [2 \cdot \pi \cdot 10 + (70 - 2 \cdot 10) \cdot 4] - 2 \cdot 4$$

$$l = 255 \text{ mm}$$

Zjednodušená metoda pro návrhovou únosnost koutového svaru

$$F_{w,Ed} = 182,2 \text{ kN}$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a \cdot l = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot a \cdot l$$

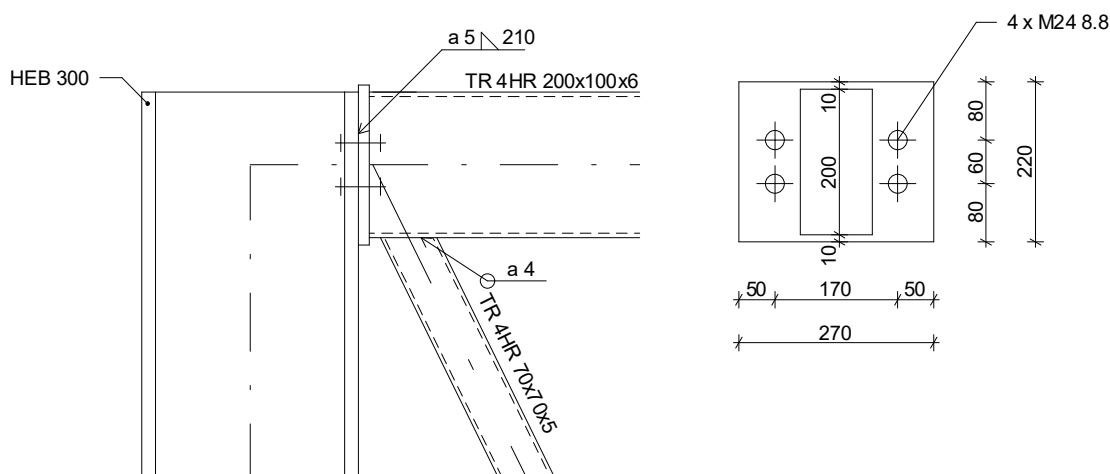
$$F_{w,Rd} = \frac{490}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} \cdot 4 \cdot 255 = 256,5 \text{ kN}$$

$$F_{w,Rd} \geq F_{w,Ed}$$

$$256,5 \text{ kN} \geq 182,2$$

VYHOVUJE

4.5.8 Uložení vazníku na sloup



Výslednice sil:

Svislá síla: 390,77 kN

Vodorovná síla: 96,25 kN

Návrh šroubů:

4 ks M24 (třída 8.8)

$$e_{1,min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26 = 31,2 \text{ mm}$$

$$e_{1,dop} = 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 26 = 52 \text{ mm}$$

$$P_{1,min} = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 26 = 57,2 \text{ mm}$$

$$P_{1,dop} = 3,5 \cdot d_0 = 3,5 \cdot 26 = 91 \text{ mm}$$

$$e_{2,min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 26 = 31,2 \text{ mm}$$

$$e_{2,dop} = 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 26 = 39 \text{ mm}$$

$$P_{2,min} = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 26 = 62,4 \text{ mm}$$

$$P_{2,dop} = 3 \cdot d_0 = 3 \cdot 26 = 78 \text{ mm}$$

Posouzení šroubového přípoje ve smyku

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 353}{1,25} = 135,6 \text{ kN}$$

$$F_{V,Ed} = 390,77 \text{ kN}$$

$$n \cdot F_{V,Rd} \geq F_{V,Ed}$$

$$4 \cdot 135,6 \geq 390,77$$

$$542,4 \text{ kN} \geq 390,77 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení šroubového přípoje v otláčení

- na otláčení se posuzují spojované prvky, čelní deska (tl. 15 mm) nebo pásnice (tl. 19 mm) sloupu, rozhoduje část s menší tloušťkou.

$$\text{Jeden šroub přenáší: } \frac{F_{v,Ed}}{4} = \frac{390,77}{4} = 97,7 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(0,519; \frac{800}{490}; 1\right) = 0,519$$

$$\alpha_d = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{P_1}{3d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(\frac{80}{3 \cdot 26}; \frac{60}{3 \cdot 26} - \frac{1}{4}\right) = 0,519$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{P_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{50}{26} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{170}{26} - 1,7; 2,5\right)$$

$$k_1 = \min(5,4; 7,5; 2,5) = 2,5 \text{ (pro krajní a vnitřní šrouby)}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,519 \cdot 490 \cdot 24 \cdot 15}{1,25} = 183,1 \text{ kN}$$

$$n \cdot F_{b,Rd} > F_{V,Ed}$$

$$4 \cdot 183,1 > 390,77$$

$$732,4 \text{ kN} > 390,77 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení šroubového přípoje v tahu

$$F_{t,Ed} = 96,25 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_S}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 353}{1,25} = 203,3 \text{ kN}$$

$$k_2 = 0,9 \text{ (} k_2 = 0,63 \text{ pro zapuštěné šrouby; } k_2 = 0,9 \text{ jinak)}$$

$$n \cdot F_{t,Rd} > F_{t,Ed}$$

$$4 \cdot 203,3 > 96,25$$

$$813,2 \text{ kN} > 96,25 \text{ kN}$$

Posouzení šroubového přípoje v protlačení

- Posouzení protlačení hlavy šroubu spojovaným prvkem, tedy čelní deskou nebo pásnicí sloupu, rozhoduje část s menší tloušťkou.
- d_m střední průměr kružnice opsané a vepsané do šestihranu hlavy šrouby
- t_p tloušťka pásnice sloupu

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

d_m ... střední průměr kružnice opsané a vepsané do šestihranu hlavy šrouby

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot 38,8 \cdot 15 \cdot \frac{490}{1,25} = 430,04 \text{ kN}$$

$$n \cdot B_{p,Rd} > F_{t,Ed}$$

$$4 \cdot 430,04 > 96,25$$

$$1720,16 \text{ kN} > 96,25 \text{ kN}$$

Posouzení šroubového přípoje na kombinaci smyku a tahu

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

$$\frac{390,77}{542,4} + \frac{96,25}{1,4 \cdot 813,2} = 0,8$$

Vliv páčení, stanovení únosnosti náhradního T-profilu

1) úplná plastifikace pásnice

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$$

2) porušení šroubu s plastifikací pásnice

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$$

3) porušení šroubu

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$$

Návrhová únosnost T-profilu $F_{t,Rd}$ je uvažována jako nejmenší ze tří uvedených hodnot:

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$$

$$F_{t,Ed} \leq F_{T,Rd}$$

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

$$e_{min} = e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$m = 144,5 - (e_{min} + 0,8 \cdot r)$$

$$m = 144,5 - (50 + 0,8 \cdot 27) = 72,9 \text{ mm}$$

$$1) M_{pl,1,Rd} = 0,25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$\Sigma l_{eff,1}$: určení účinné délky pro čelní desku

Pro samostatnou řadu šroubů se uvažuje:

- $\Sigma l_{eff,1}$ = účinná délka l_{eff} příslušející dané řadě šroubů

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = 2\pi m = 2\pi \cdot 72,9 = 458 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = 4m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 72,9 + 1,25 \cdot 50 = 354,1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc}) = \min(458; 354,1) = 354,1 \text{ mm}$$

$$\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = 354,1 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \cdot 354,1 \cdot 15^2 \cdot \frac{355}{1,0} = 7,07 \cdot 10^6 \text{ Nm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot 7,07 \cdot 10^6}{72,9} = 387,93 \text{ kN}$$

$$2) l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 354,1 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \cdot \Sigma l_{eff,2} \cdot t_j^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \cdot 354,1 \cdot 15^2 \cdot \frac{355}{1,0} = 7,07 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$n = \min(e_{min}; 1,25m) = \min(50; 1,25 \cdot 72,9) = 50 \text{ mm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot 7,07 \cdot 10^6 + 50 \cdot 4 \cdot 203,3 \cdot 10^3}{72,9 + 50} = 445,89 \text{ kN}$$

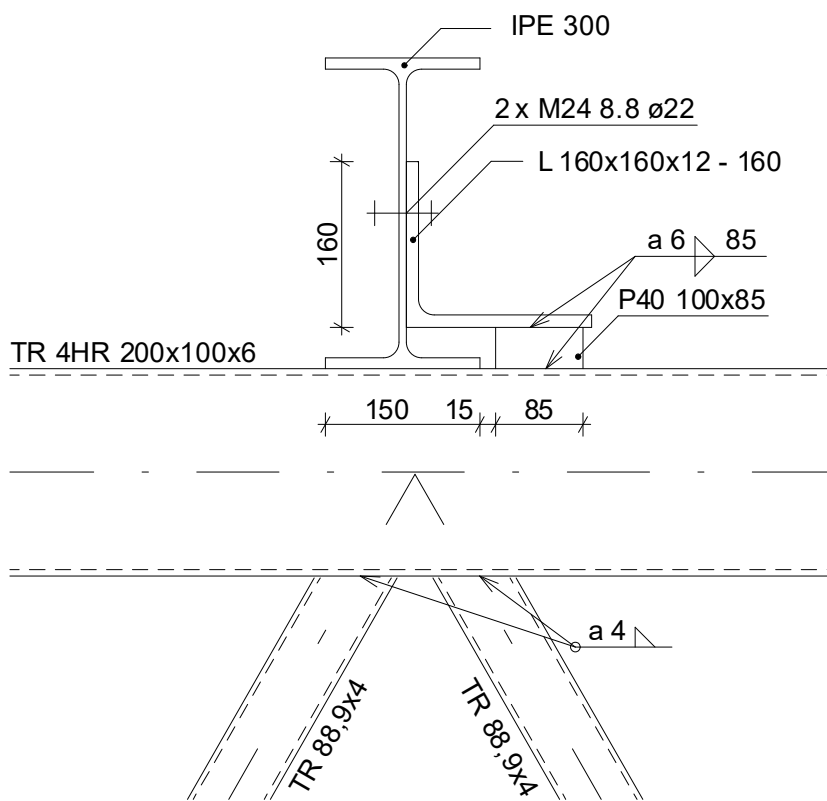
$$3) F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 4 \cdot 203,3 \cdot 10^3 = 813,2 \text{ kN}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$... únosnost v tahu posuzované řady šroubů

$$F_{T,Rd} = \min(387,93; 445,89; 813,2) = 387,93 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = 96,25 \text{ kN} \leq F_{T,Rd} = 387,93 \text{ kN}$$

4.5.9 Příklad připojení vaznice na vazník



Vnitřní síly: $N_{ed} = 77,77 \text{ kN}$ (tah)

Posouzení svaru podložky

$a = 6 \text{ mm}$

$l = 2 \cdot b = 2 \cdot 85 = 170 \text{ mm}$

$$\sigma = \frac{N_{ed}}{a \cdot l} = \frac{77,77 \cdot 10^3}{6 \cdot 170} = 76,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l} = \frac{76,2}{\sqrt{2} \cdot 6 \cdot 170} = 52,8 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{52,8^2 + 3 \cdot 52,8^2 + 0} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$74,7 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$52,8 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Návrh a posouzení šroubu

- úhelník \perp 160 x 160 x12 - 160

- šrouby 2 x M24 8.8

$$\begin{aligned}d &= 24 \text{ mm} & d_m &= 38,8 \text{ mm} & f_{ub} &= 800 \text{ MPa} \\d_o &= 26 \text{ mm} & A_S &= 353 \text{ mm}^2 & f_u &= 490 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Posouzení na potlačení hlavy šrouby

$$\begin{aligned}B_{p,Rd} &= \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 38,8 \cdot 12 \cdot 490}{1,25} = 344 \text{ kN} \\F_{t,Ed,1} &= \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{77,77}{2} = 38,9 \text{ kN}\end{aligned}$$

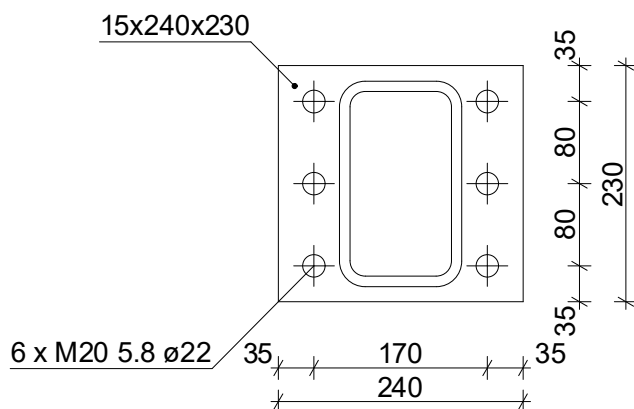
Posouzení únosnosti v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot A_S \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 353 \cdot 800}{1,25} = 203,3 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed,1} = 38,9 \text{ kN} \leq F_{t,Rd} = 203,3 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

4.5.10 Montážní spoje horního a dolního pásu vazníku

M1 – horní pás



Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 151,9 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = - 493,66 \text{ kN (tlak)}$$

$$V_{z,Ed} = 25,08 \text{ kN}$$

Návrh šroubu: M20 5.8

Návrh čelní desky: $t = 15 \text{ mm}$

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

$$d_o = 22 \text{ mm}$$

$$A = 314 \text{ mm}^2$$

$$A_S = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

Minimální a doporučené rozteče šroubů:

$$e_{1,\min} = 1,2 \cdot d_o = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \quad e_1 = 35 \text{ mm}$$

$$e_{1,\text{dop}} = 2d_o = 2 \cdot 22 = 44 \text{ mm}$$

$$e_{2,\min} = 1,2d_o = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \quad e_2 = 35 \text{ mm}$$

$$e_{2,\text{dop}} = 1,5d_o = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$$

$$p_{1,\min} = 2,2d_o = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \text{ mm} \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

$$p_{1,\text{dop}} = 3,5d_o = 3,5 \cdot 22 = 77 \text{ mm}$$

$$p_{2,\min} = 2,4d_o = 2,4 \cdot 22 = 52,8 \text{ mm} \quad p_2 = 170 \text{ mm}$$

$$p_{2,\text{dop}} = 3d_o = 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost 1 šroubu ve stříhu:

$$F_{V,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$$

- rovina stříhu prochází částí šroubu bez závitu (A je celkový průřez šroubu): $\alpha_v = 0,6$

$$F_{V,Rd} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 314}{1,25} = 75,36 \text{ kN}$$

$$F_{V,Ed,1} = \frac{V_{z,Ed}}{6} = \frac{25,08}{6} = 4,18 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed,1} = 4,18 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 75,36 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrhová únosnost 1 šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_o} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_o} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left(2,8 \cdot \frac{35}{22} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{170}{22} - 1,7; 2,5 \right) = \min(2,75; 9,1; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u} \right) = \min \left(\frac{35}{3 \cdot 22}; \frac{80}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{490} \right) =$$

$$= \min(0,5; 0,96; 1,63) = 0,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,5 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 15}{1,25} = 147 \text{ kN}$$

$$F_{b,Ed} = 4,18 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 147 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost 1 šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 245 \cdot 500}{1,25} = 176,4 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed,1} = \frac{151,9}{6} = 25,3 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = 25,3 \text{ kN} \leq F_{t,Rd} = 176,4 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Vliv páčení

$$t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{35 \cdot 20^2}{35}} = 31,68 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm} \leq t_e = 31,68 \text{ mm} \rightarrow \text{nutné započítat vliv páčení}$$

- tahová síla ve šroubu se zvýší součinitelem páčnicí γ_P

$$\gamma_P = 1,0 + 0,005 \cdot \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1,0 + 0,005 \cdot \frac{31,68^3 - 15^3}{20^2} = 1,36$$

$$\gamma_P \cdot F_{t,Ed} = 1,36 \cdot 25,3 = 34,4 \text{ kN} \leq F_{t,Rd} = 176,4 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Kombinace stříhu a tahu:

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

$$\frac{4,18}{75,36} + \frac{34,4}{1,4 \cdot 176,4} = 0,2 < 1,0$$

VYHOVUJE

Posouzení svaru mezi horním pásem a čelní deskou

Návrh svaru:

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

$$l = 600 \text{ mm}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_{t,Ed}}{a \cdot l} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{151,9 \cdot 10^3}{4 \cdot 600} = 44,75 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{25,08 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 600} = 5,23 \text{ MPa}$$

Posouzení:

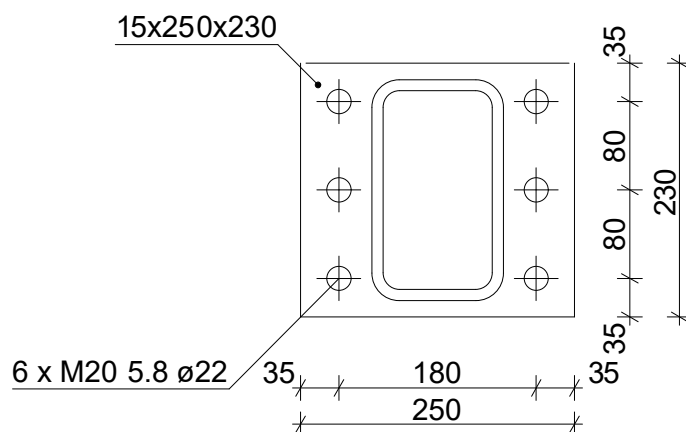
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{44,75^2 + 3 \cdot (44,75^2 + 5,23^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$89,96 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

M2 – Dolní pás



Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 507,7 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -94,85 \text{ kN (tlak)}$$

$$V_{z,Ed} = 2,02 \text{ kN}$$

Návrh šroubu: M20 5.8
 Návrh čelní desky: $t = 15 \text{ mm}$
 $d = 20 \text{ mm}$
 $d_o = 22 \text{ mm}$
 $A = 314 \text{ mm}^2$
 $A_s = 245 \text{ mm}^2$
 $f_{ub} = 500 \text{ MPa}$

Minimální a doporučené rozteče šroubů:

$$e_{1,\min} = 1,2 \cdot d_o = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \quad e_1 = 35 \text{ mm}$$

$$e_{1,\text{dop}} = 2d_o = 2 \cdot 22 = 44 \text{ mm}$$

$$e_{2,\min} = 1,2d_o = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \quad e_2 = 35 \text{ mm}$$

$$e_{2,\text{dop}} = 1,5d_o = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$$

$$p_{1,\min} = 2,2d_o = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \text{ mm} \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

$$p_{1,\text{dop}} = 3,5d_o = 3,5 \cdot 22 = 77 \text{ mm}$$

$$p_{2,\min} = 2,4d_o = 2,4 \cdot 22 = 52,8 \text{ mm} \quad p_2 = 180 \text{ mm}$$

$$p_{2,\text{dop}} = 3d_o = 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost 1 šroubu ve stříhu:

$$F_{V,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$$

- rovina stříhu prochází částí šroubu bez závitu (A je celkový průřez šroubu): $\alpha_v = 0,6$

$$F_{V,Rd} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 314}{1,25} = 75,36 \text{ kN}$$

$$F_{V,Ed,1} = \frac{V_{z,Ed}}{6} = \frac{2,02}{6} = 0,34 \text{ kN}$$

$$F_{V,Ed,1} = 0,34 \text{ kN} \leq F_{V,Rd} = 75,36 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrhová únosnost 1 šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_o} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_o} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left(2,8 \cdot \frac{35}{22} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{180}{22} - 1,7; 2,5 \right) = \min(2,75; 9,8; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u} \right) = \min \left(\frac{35}{3 \cdot 22}; \frac{80}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4}; \frac{800}{490} \right) = \min(0,5; 0,96; 1,63) = 0,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,5 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 15}{1,25} = 147 \text{ kN}$$

$$F_{b,Ed} = 0,34 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 147 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost 1 šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 245 \cdot 500}{1,25} = 176,4 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed,1} = \frac{507,77}{6} = 25,3 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = 84,6 \text{ kN} \leq F_{t,Rd} = 176,4 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Vliv páčení

$$t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{30 \cdot 20^2}{35}} = 30,1 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm} \leq t_e = 30,1 \text{ mm} \rightarrow \text{nutné započítat vliv páčení}$$

- tahová síla ve šroubu se zvýší součinitelem páčení γ_P

$$\gamma_P = 1,0 + 0,005 \cdot \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1,0 + 0,005 \cdot \frac{30,1^3 - 15^3}{20^2} = 1,3$$

$$\gamma_P \cdot F_{t,Ed} = 1,3 \cdot 84,6 = 109,98 \text{ kN} \leq F_{t,Rd} = 176,4 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Kombinace stříhu a tahu:

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

$$\frac{0,34}{75,36} + \frac{109,98}{1,4 \cdot 176,4} = 0,45 < 1,0$$

VYHOVUJE

Posouzení svaru mezi horním pásem a čelní deskou

Návrh svaru:

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

$$l = 640 \text{ mm}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_{t,Ed}}{a \cdot l} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{507,77 \cdot 10^3}{4 \cdot 640} = 140,25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{2,02 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 640} = 0,39 \text{ MPa}$$

Posouzení:

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

$$\sqrt{140,25^2 + 3 \cdot (0,39^2 + 140,25^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$280,5 \text{ MPa} < 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

4.5.11 Montážní spoj diagonály

M3 – diagonála TR 4HR 70x70x5

Šroubový spoj

Návrh: 2 x M14 5.8

$F_{Ed} = 59,45 \text{ kN}$

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

$e_1 = e_2 = 25 \text{ mm}$

$\min e_1 = \min e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 15 = 18 \text{ mm}$

$\max e_1 = \max e_2 = 4 \cdot t + 40 = 4 \cdot 5 + 40 = 60 \text{ mm}$

→ navržené rozteče šroubů vyhovují

Střih:

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 10^6 \cdot 1,54 \cdot 10^{-4}}{1,25} = 36,96 \text{ kN}$$

$$n \cdot F_{V,Rd} \geq F_{Ed}$$

$$2 \cdot 36,96 \geq 59,45$$

$$73,92 \text{ kN} \geq 59,45 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = 0,56$$

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(0,56; \frac{500}{490}; 1\right) = 0,56$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{45}{15} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,56 \cdot 490 \cdot 10^6 \cdot 0,014 \cdot 0,005}{1,25} = 38,42 \text{ kN}$$

$$n \cdot F_{b,Rd} \geq F_{Ed}$$

$$2 \cdot 38,42 \geq 59,45$$

$$76,84 \text{ kN} \geq 59,4 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Svar:

$$A = 2 \cdot a \cdot l = 2 \cdot 4 \cdot 90 = 790 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{59,45 \cdot 10^3}{790} = 75,25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{75,25}{\sqrt{2}} = 53,21 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{53,21^2 + 3 \cdot (53,21^2 + 0)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$106,42 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{\perp} < \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

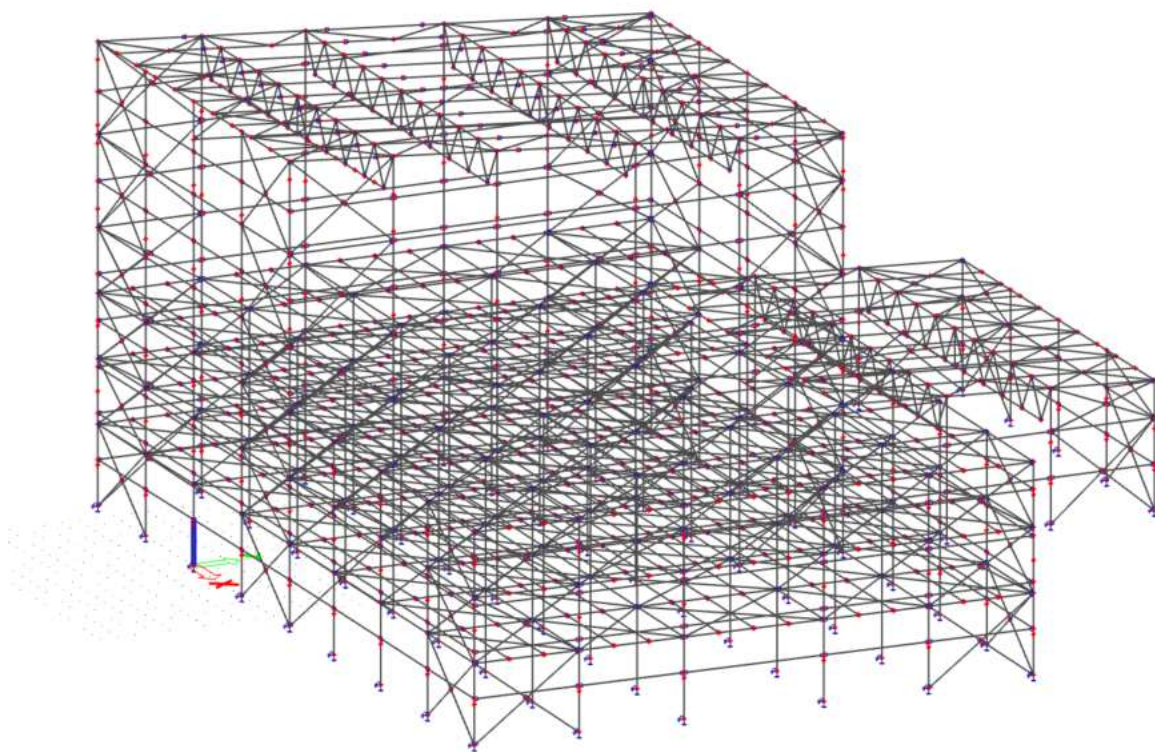
$$53,21 < \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$53,21 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

5 Výstup z výpočtového sw SCIA Engineer

1. Výpočtový model



2. Uzlové podpory

Jméno	Uzel	Systém	Typ	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
Sn1	N1	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn2	N3	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn3	N5	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn4	N7	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn5	N8	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn6	N11	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn7	N13	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn8	N15	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn9	N17	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn10	N19	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn11	N26	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn12	N28	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn13	N30	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn14	N32	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn15	N34	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn16	N36	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn17	N38	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý
Sn18	N40	GSS	Standard	Tuhý	Tuhý	Tuhý	Volný	Volný	Tuhý

3. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení	Spec	Směr	Působení	Rídící zat. stav
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	LG1	Vlastní tíha		-Z		
ZS2 - Ostatní stálé zatížení	podlaha, střecha, obvodový plášť	Stálé	LG1	Standard				
ZS3 - Sníh rovnoměrný		Proměnné	LG2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
ZS5a - Vítr podélný (0°)		Proměnné	LG3	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
ZS4 - Sníh navátý		Proměnné	LG2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
ZS6a - Užité - podlaží		Proměnné	LG4	Statické	Standard		Střednědobé	Žádný
ZS6b - Užité - střecha		Proměnné	LG5	Statické	Standard		Střednědobé	Žádný
ZS5b - Vítr podélný (180°)		Proměnné	LG3	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
ZS5c - Vítr levý (90°)		Proměnné	LG3	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
ZS5d - Vítr pravý (90°)		Proměnné	LG3	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný

4. Kombinace

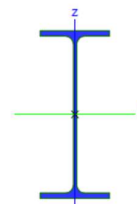
Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO1	EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Ostatní stálé zatížení - podlaha, střecha, obvodový plášť	1,00
		ZS3 - Sníh rovnoměrný	1,00
		ZS5a - Vítr podélný (0°)	1,00
		ZS4 - Sníh navátý	1,00
		ZS6a - Užité - podlaží	1,00
		ZS6b - Užité - střecha	1,00
		ZS5b - Vítr podélný (180°)	1,00
		ZS5c - Vítr levý (90°)	1,00
		ZS5d - Vítr pravý (90°)	1,00
CO2	EN-MSP charakteristická	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Ostatní stálé zatížení - podlaha, střecha, obvodový plášť	1,00
		ZS3 - Sníh rovnoměrný	1,00
		ZS5a - Vítr podélný (0°)	1,00
		ZS4 - Sníh navátý	1,00
		ZS6a - Užité - podlaží	1,00
		ZS6b - Užité - střecha	1,00
		ZS5b - Vítr podélný (180°)	1,00
		ZS5c - Vítr levý (90°)	1,00
		ZS5d - Vítr pravý (90°)	1,00

5. Klíč kombinací

Jméno	Klíč kombinace
CO1/1	1.15*ZS1 + 1.15*ZS2 - Ostatní stálé zatížení + 1.50*ZS3 - Sníh rovnoměrný
CO1/2	ZS1 + ZS2 - Ostatní stálé zatížení + 1.50*ZS5b - Vítr podélný (180°)
CO1/3	ZS1 + ZS2 - Ostatní stálé zatížení + 1.05*ZS6a - Užitné - podlaží + 1.50*ZS5d - Vítr pravý (90°)
CO1/4	1.15*ZS1 + 1.15*ZS2 - Ostatní stálé zatížení + 0.75*ZS4 - Sníh navátý + 1.50*ZS5d - Vítr pravý (90°)
CO1/5	ZS1 + ZS2 - Ostatní stálé zatížení + 1.50*ZS5a - Vítr podélný (0°)
CO1/6	ZS1 + ZS2 - Ostatní stálé zatížení + 1.05*ZS6a - Užitné - podlaží + 1.50*ZS5b - Vítr podélný (180°)
CO1/7	1.15*ZS1 + 1.15*ZS2 - Ostatní stálé zatížení + 0.75*ZS4 - Sníh navátý + 1.05*ZS6a - Užitné - podlaží + 1.50*ZS5c - Vítr levý (90°)

6. Průřezy

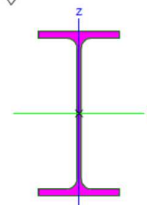
Jméno	Průvlaky - podlaží
Typ	IPE450
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	b
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	9,8800e-03	
A y, z [m ²]	5,5856e-03	4,3051e-03
I y, z [m ⁴]	3,3740e-04	1,6760e-05
I w [m ⁶], t [m ⁴]	7,9100e-07	6,6900e-07
Wel y, z [m ³]	1,5000e-03	1,7600e-04
Wpl y, z [m ³]	1,7020e-03	2,7600e-04
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	95	225
α [deg]	0,00	
A L, D [m ² /m]	1,6050e+00	1,6050e+00
Mply +, - [Nm]	6,05e+05	6,05e+05
Mplz +, - [Nm]	9,81e+04	9,81e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze

Jméno	Stropnice - podlaží
Typ	IPE240
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	b
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	3,9100e-03	
A y, z [m ²]	2,4315e-03	1,5295e-03
I y, z [m ⁴]	3,8920e-05	2,8400e-06
I w [m ⁶], t [m ⁴]	3,7400e-08	1,2900e-07
Wel y, z [m ³]	3,2400e-04	4,7300e-05
Wpl y, z [m ³]	3,6700e-04	7,3900e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	60	120
α [deg]	0,00	
A L, D [m ² /m]	9,2173e-01	9,2173e-01
Mply +, - [Nm]	1,30e+05	1,30e+05
Mplz +, - [Nm]	2,63e+04	2,63e+04

Jméno	Ztužidla stěnová
Typ	CHS88.9/4.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze

Posudek rovinného vzpěru y-y		a
Posudek rovinného vzpěru z-z		a
Klopení		Výchozí
Použit 2D MKP výpočet		x

A [m²]	1,0700e-03	
A _{y, z} [m²]	6,7920e-04	6,7920e-04
I _{y, z} [m⁴]	9,6300e-07	9,6300e-07
I _w [m⁵], t [m⁴]	1,5887e-42	1,9300e-06
W _{el y, z} [m³]	2,1700e-05	2,1700e-05
W _{pl y, z} [m³]	2,8398e-05	2,8398e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	44	44
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m²/m]	2,7900e-01	5,3342e-01
M _{ply +, -} [Nm]	1,02e+04	1,02e+04
M _{plz +, -} [Nm]	1,02e+04	1,02e+04

Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze

Jméno	Vaznice A
Typ	IPE300
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	b
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x

A [m²]	5,3800e-03	
A _{y, z} [m²]	3,1835e-03	2,1775e-03
I _{y, z} [m⁴]	8,3560e-05	6,0400e-06
I _w [m⁵], t [m⁴]	1,2600e-07	2,0100e-07
W _{el y, z} [m³]	5,6700e-04	8,0500e-05
W _{pl y, z} [m³]	6,2800e-04	1,2500e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	75	150
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m²/m]	1,1599e+00	1,1599e+00
M _{ply +, -} [Nm]	2,23e+05	2,23e+05
M _{plz +, -} [Nm]	4,45e+04	4,45e+04

Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze

Jméno	Paždíky
Typ	RRO180X120X5K
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	tvářený za studena
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	2,8142e-03	
A _{y, z} [m ²]	1,1250e-03	1,6875e-03
I _{y, z} [m ⁴]	1,2599e-05	6,7619e-06
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,9160e-08	1,4270e-05
W _{el y, z} [m ³]	1,3999e-04	1,1270e-04
W _{pl y, z} [m ³]	1,6958e-04	1,2865e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	60	90
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	5,7854e-01	1,1255e+00
M _{ply +, -} [Nm]	6,02e+04	6,02e+04
M _{piz +, -} [Nm]	4,56e+04	4,56e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

Jméno	Vazník - diagonály
Typ	VHP70/70x5,0
Zdroj hodnot	VHP - Technische Daten / Voest-Alpine Krems / 04/99
Materiál	S 355
Výroba	tvářený za studena
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	1,2400e-03	
A _{y, z} [m ²]	6,1721e-04	6,1721e-04
I _{y, z} [m ⁴]	8,4600e-07	8,4600e-07
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	7,0029e-10	1,4100e-06
W _{el y, z} [m ³]	2,4200e-05	2,4200e-05
W _{pl y, z} [m ³]	2,9417e-05	2,9417e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	35	35
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	2,6300e-01	4,9413e-01
M _{ply +, -} [Nm]	1,05e+04	1,05e+04
M _{piz +, -} [Nm]	1,05e+04	1,05e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

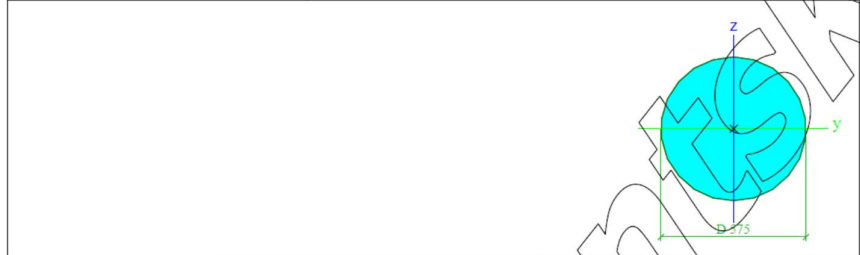
Jméno	Podélné ztužidlo - diagonály
Typ	VHP90/90x5,0
Zdroj hodnot	VHP - Technische Daten / Voest-Alpine Krems / 04/99
Materiál	S 355
Výroba	tvářený za studena
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	1,6400e-03	
A _{y, z} [m ²]	8,1721e-04	8,1721e-04
I _{y, z} [m ⁴]	1,9300e-06	1,9300e-06
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,4604e-09	3,1500e-06
W _{el y, z} [m ³]	4,2900e-05	4,2900e-05
W _{pl y, z} [m ³]	5,1250e-05	5,1250e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	45	45
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	3,4300e-01	6,5413e-01
M _{ply +, -} [Nm]	1,82e+04	1,82e+04
M _{plz +, -} [Nm]	1,82e+04	1,82e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

Jméno	CS13
Typ	Phý kruh
Detailní	575
Materiál	S 355 JR (EN 10025-2)
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	✓



A [m ²]	2,5967e-01	
A _{y, z} [m ²]	2,3303e-01	2,3303e-01
I _{y, z} [m ⁴]	5,3659e-03	5,3659e-03
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,2047e-14	1,0753e-02
W _{el y, z} [m ³]	1,8664e-02	1,8664e-02
W _{pl y, z} [m ³]	3,1685e-02	3,1685e-02
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	288	288
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,8063e+00	1,8063e+00
M _{ply +, -} [Nm]	1,12e+07	1,12e+07
M _{plz +, -} [Nm]	1,12e+07	1,12e+07

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

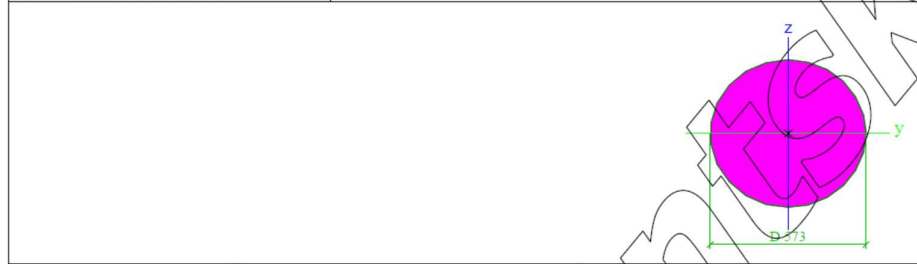
Jméno	CS14
Typ	Phý kruh
Detailní	638
Materiál	S 355 JR (EN 10025-2)
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	✓



A [m ²]	3,1969e-01	
A _{y, z} [m ²]	2,8796e-01	2,8796e-01
I _{y, z} [m ⁴]	8,1330e-03	8,1330e-03
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	3,4570e-14	1,6303e-02
W _{el y, z} [m ³]	2,5495e-02	2,5495e-02
W _{pl y, z} [m ³]	4,3282e-02	4,3282e-02
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	319	319
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	2,0042e+00	2,0042e+00
M _{ply +, -} [Nm]	1,54e+07	1,54e+07
M _{piz +, -} [Nm]	1,54e+07	1,54e+07

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

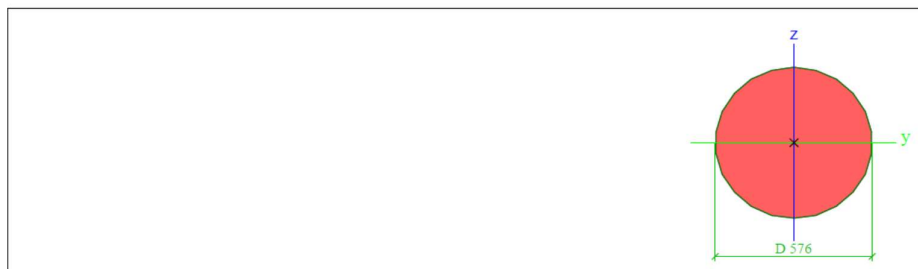
Jméno	CS15
Typ	Plný kruh
Detailní	573
Materiál	S 355 JR (EN 10025-2)
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	✓



A [m ²]	2,5787e-01	
A _{y, z} [m ²]	2,3157e-01	2,3157e-01
I _{y, z} [m ⁴]	5,2916e-03	5,2916e-03
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,1591e-14	1,0604e-02
W _{el y, z} [m ³]	1,8470e-02	1,8470e-02
W _{pl y, z} [m ³]	3,1355e-02	3,1355e-02
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	286	287
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,8000e+00	1,8000e+00
M _{ply +, -} [Nm]	1,11e+07	1,11e+07
M _{piz +, -} [Nm]	1,11e+07	1,11e+07

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

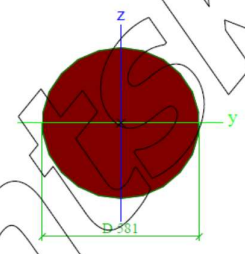
Jméno	CS16
Typ	Plný kruh
Detailní	576
Materiál	S 355 JR (EN 10025-2)
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	✓



A [m ²]	2,6058e-01	
A _{y, z} [m ²]	2,3429e-01	2,3429e-01
I _{y, z} [m ⁴]	5,4033e-03	5,4033e-03
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,3825e-14	1,0829e-02
W _{el y, z} [m ³]	1,8761e-02	1,8761e-02
W _{pl y, z} [m ³]	3,1850e-02	3,1850e-02
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	288	288
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,8095e+00	1,8095e+00
M _{ply +, -} [Nm]	1,13e+07	1,13e+07
M _{plz +, -} [Nm]	1,13e+07	1,13e+07

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

Jméno	CS17
Typ	Plný kruh
Detailní	581
Materiál	S 355 JR (EN 10025-2)
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	

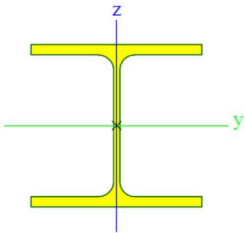
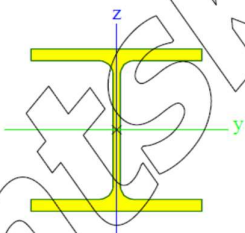


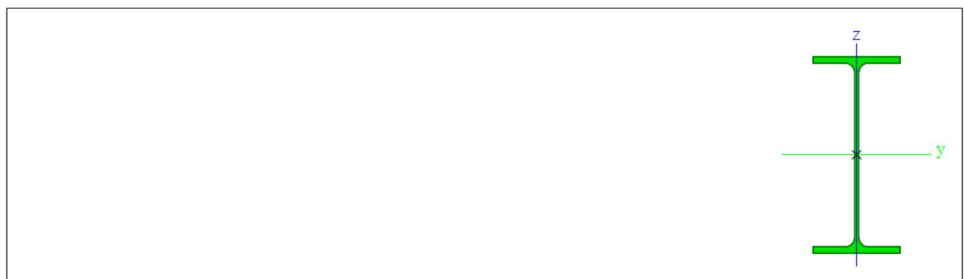
A [m ²]	2,6512e-01	
A _{y, z} [m ²]	2,3879e-01	2,3879e-01
I _{y, z} [m ⁴]	5,5934e-03	5,5934e-03
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,5093e-14	1,1210e-02
W _{el y, z} [m ³]	1,9254e-02	1,9254e-02
W _{pl y, z} [m ³]	3,2687e-02	3,2687e-02
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	291	291
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,8252e+00	1,8252e+00
M _{ply +, -} [Nm]	1,16e+07	1,16e+07
M _{plz +, -} [Nm]	1,16e+07	1,16e+07

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

Jméno	CS18
Typ	Plný kruh
Detailní	584
Materiál	S 355 JR (EN 10025-2)
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	✓

A [m ²]	2,6786e-01	
A _{y, z} [m ²]	2,4126e-01	2,4126e-01
I _{y, z} [m ⁴]	5,7098e-03	5,7098e-03
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,5849e-14	1,1440e-02
W _{el y, z} [m ³]	1,9554e-02	1,9554e-02
W _{pl y, z} [m ³]	3,3196e-02	3,3196e-02
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	292	292
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,8346e+00	1,8346e+00
M _{ply +, -} [Nm]	1,18e+07	1,18e+07
M _{plz +, -} [Nm]	1,18e+07	1,18e+07
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S		
Jméno	CS19	
Typ	Plný kruh	
Detailní	588	
Materiál	S 355 JR (EN 10025-2)	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	c	
Posudek rovinného vzpěru z-z	c	
Klopení	Výchozí	
Použití 2D MKP výpočet	✓	
A [m ²]	2,7155e-01	
A _{y, z} [m ²]	2,4406e-01	2,4406e-01
I _{y, z} [m ⁴]	5,8679e-03	5,8679e-03
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,6929e-14	1,1757e-02
W _{el y, z} [m ³]	1,9959e-02	1,9959e-02
W _{pl y, z} [m ³]	3,3883e-02	3,3883e-02
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	294	294
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,8472e+00	1,8472e+00
M _{ply +, -} [Nm]	1,20e+07	1,20e+07
M _{plz +, -} [Nm]	1,20e+07	1,20e+07
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S		
Jméno	Sloupy krajní A	
Typ	HEB300	
Zdroj hodnot	Profil Arbed / Structural shapes / Edition Octobre 1995	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	b	
Posudek rovinného vzpěru z-z	c	
Klopení	Výchozí	
Použití 2D MKP výpočet	x	

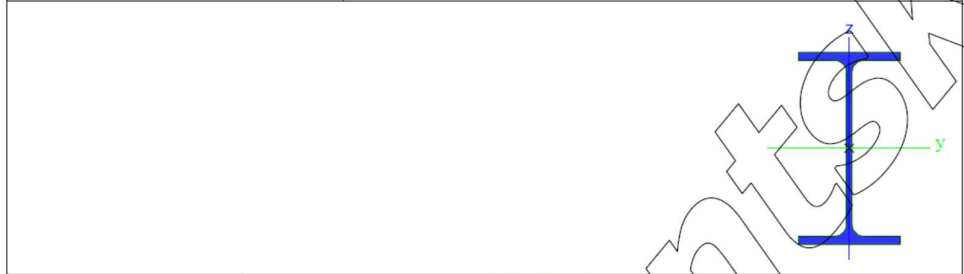
			
A [m ²]	1,4910e-02		
A _{y, z} [m ²]	1,0963e-02		3,5436e-03
I _{y, z} [m ⁴]	2,5170e-04		8,5630e-05
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,6878e-06		1,8500e-06
W _{el y, z} [m ³]	1,6780e-03		5,7090e-04
W _{pl y, z} [m ³]	1,8690e-03		8,7010e-04
d _{y, z} [mm]	0		0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	150		150
α [deg]	0,00		
A _{L, D} [m ² /m]	1,7300e+00		1,7314e+00
M _{ply +, -} [Nm]	6,64e+05		6,64e+05
M _{plz +, -} [Nm]	3,09e+05		3,09e+05
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S			
Jméno	Sloupy vnitřní		
Typ	HEB220		
Zdroj hodnot	Profil Arbed / Structural shapes / Edition Octobre 1995		
Materiál	S 355		
Výroba	válcovaný		
Posudek rovinného vzpěru y-y	b		
Posudek rovinného vzpěru z-z	c		
Klopení	Výchozí		
Použit 2D MKP výpočet	x		
			
A [m ²]	9,1040e-03		
A _{y, z} [m ²]	6,7051e-03		2,2063e-03
I _{y, z} [m ⁴]	8,0910e-05		2,8430e-05
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,9542e-07		7,6570e-07
W _{el y, z} [m ³]	7,3550e-04		2,5850e-04
W _{pl y, z} [m ³]	8,2700e-04		3,9390e-04
d _{y, z} [mm]	0		0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	110		110
α [deg]	0,00		
A _{L, D} [m ² /m]	1,2700e+00		1,2700e+00
M _{ply +, -} [Nm]	2,94e+05		2,94e+05
M _{plz +, -} [Nm]	1,40e+05		1,40e+05
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S			
Jméno	Průvlaky - střešní		
Typ	IPE450		
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1		
Materiál	S 355		
Výroba	válcovaný		
Posudek rovinného vzpěru y-y	a		
Posudek rovinného vzpěru z-z	b		
Klopení	Výchozí		
Použit 2D MKP výpočet	x		



A [m ²]	9,8800e-03	
A _{y, z} [m ²]	5,5856e-03	4,3051e-03
I _{y, z} [m ⁴]	3,3740e-04	1,6760e-05
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	7,9100e-07	6,6900e-07
W _{el y, z} [m ³]	1,5000e-03	1,7600e-04
W _{pl y, z} [m ³]	1,7020e-03	2,7600e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	95	225
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,6050e+00	1,6050e+00
M _{ply +, -} [Nm]	6,05e+05	6,05e+05
M _{plz +, -} [Nm]	9,81e+04	9,81e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

Jméno	Stropnice - střešní
Typ	IPE240
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	b
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	3,9100e-03	
A _{y, z} [m ²]	2,4315e-03	1,5295e-03
I _{y, z} [m ⁴]	3,8920e-05	2,8400e-06
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	3,7400e-08	1,2900e-07
W _{el y, z} [m ³]	3,2400e-04	4,7300e-05
W _{pl y, z} [m ³]	3,6700e-04	7,3900e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	60	120
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	9,2173e-01	9,2173e-01
M _{ply +, -} [Nm]	1,30e+05	1,30e+05
M _{plz +, -} [Nm]	2,63e+04	2,63e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

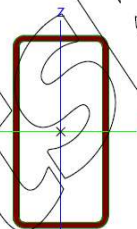
Jméno	Obvodový nosník
Typ	IPE240
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	b
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	3,9100e-03	
A _{y, z} [m ²]	2,4315e-03	1,5295e-03
I _{y, z} [m ⁴]	3,8920e-05	2,8400e-06
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	3,7400e-08	1,2900e-07
W _{el y, z} [m ³]	3,2400e-04	4,7300e-05
W _{pl y, z} [m ³]	3,6700e-04	7,3900e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	60	120
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	9,2173e-01	9,2173e-01
M _{ply +, -} [Nm]	1,30e+05	1,30e+05
M _{plz +, -} [Nm]	2,63e+04	2,63e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

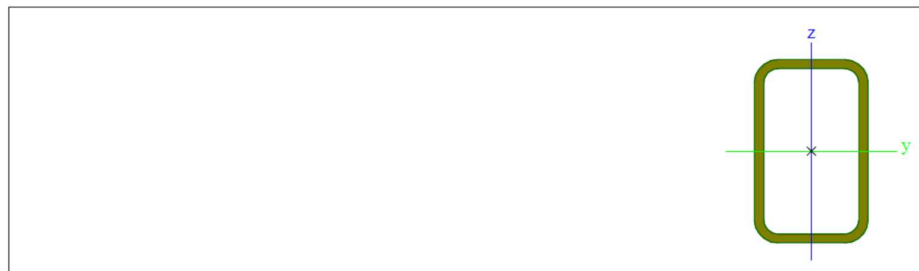
Jméno	Vazník - horní pás
Typ	VHP200/100x6.0
Zdroj hodnot	VHP - Technische Daten / Voest-Alpine Krems / 04/99
Materiál	S 355
Výroba	tvářený za studena
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	3,3600e-03	
A _{y, z} [m ²]	1,1205e-03	2,2410e-03
I _{y, z} [m ⁴]	1,7000e-05	5,7700e-06
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	3,0000e-08	1,4100e-05
W _{el y, z} [m ³]	1,7000e-04	1,1500e-04
W _{pl y, z} [m ³]	2,1292e-04	1,3125e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	50	100
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	5,7900e-01	1,1210e+00
M _{ply +, -} [Nm]	7,57e+04	7,57e+04
M _{plz +, -} [Nm]	4,67e+04	4,67e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

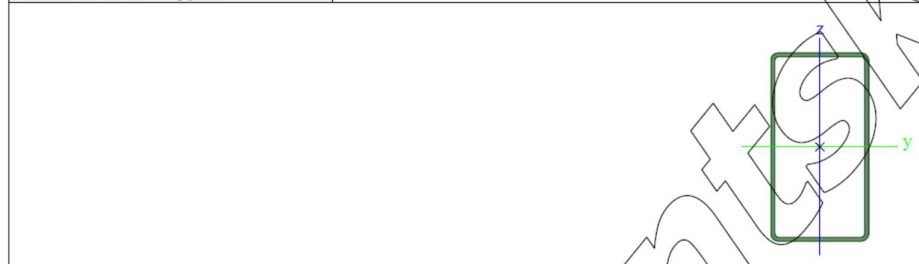
Jméno	Vazník - dolní pás
Typ	VHP200/120x10.0
Zdroj hodnot	VHP - Technische Daten / Voest-Alpine Krems / 04/99
Materiál	S 355
Výroba	tvářený za studena
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	5,6600e-03	
A _{y, z} [m ²]	2,1189e-03	3,5314e-03
I _{y, z} [m ⁴]	2,8100e-05	1,2600e-05
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	7,6800e-08	2,9900e-05
W _{el y, z} [m ³]	2,8100e-04	2,1000e-04
W _{pl y, z} [m ³]	3,5417e-04	2,4875e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	60	100
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	5,9700e-01	1,1310e+00
M _{ply +, -} [Nm]	1,26e+05	1,26e+05
M _{plz +, -} [Nm]	8,86e+04	8,86e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

Jméno	Podélné ztužidlo - dolní pás
Typ	VHP200/100x4.0
Zdroj hodnot	VHP - Technische Daten / Voest-Alpine Krems / 04/99
Materiál	S 355
Výroba	tvářený za studena
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použití 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	2,3000e-03	
A _{y, z} [m ²]	7,6468e-04	1,5294e-03
I _{y, z} [m ⁴]	1,2000e-05	4,1100e-06
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,0000e-08	9,8400e-06
W _{el y, z} [m ³]	1,2000e-04	8,2200e-05
W _{pl y, z} [m ³]	1,4792e-04	9,1667e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	50	100
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	5,8600e-01	1,1473e+00
M _{ply +, -} [Nm]	5,25e+04	5,25e+04
M _{plz +, -} [Nm]	3,25e+04	3,25e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

Jméno	Ztužidla střešní
Typ	RO88.9X4
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použití 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	1,0700e-03	
A _{y, z} [m ²]	6,7920e-04	6,7920e-04
I _{y, z} [m ⁴]	9,6300e-07	9,6300e-07
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,5887e-42	1,9260e-06
W _{el y, z} [m ³]	2,1700e-05	2,1700e-05
W _{pl y, z} [m ³]	2,8832e-05	2,8832e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	44	44
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	2,7900e-01	5,3342e-01
M _{ply +, -} [Nm]	1,02e+04	1,02e+04
M _{plz +, -} [Nm]	1,02e+04	1,02e+04

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

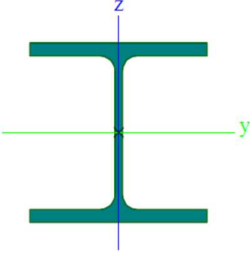
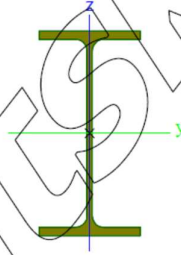
Jméno	Sloupy krajní B
Typ	HEB200
Zdroj hodnot	Profil Arbed / Structural shapes / Edition Octobre 1995
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	b
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x



A [m ²]	7,8080e-03	
A _{y, z} [m ²]	5,7750e-03	1,9112e-03
I _{y, z} [m ⁴]	5,6960e-05	2,0030e-05
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,7112e-07	5,9280e-07
W _{el y, z} [m ³]	5,6960e-04	2,0030e-04
W _{pl y, z} [m ³]	6,4250e-04	3,0580e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	100	100
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,1500e+00	1,1510e+00
M _{ply +, -} [Nm]	2,28e+05	2,28e+05
M _{plz +, -} [Nm]	1,09e+05	1,09e+05

Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S

Jméno	Sloupy krajní C
Typ	HEB220
Zdroj hodnot	Profil Arbed / Structural shapes / Edition Octobre 1995
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	b
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použit 2D MKP výpočet	x

		
A [m ²]	9,1040e-03	
A _{y, z} [m ²]	6,7051e-03	2,2063e-03
I _{y, z} [m ⁴]	8,0910e-05	2,8430e-05
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,9542e-07	7,6570e-07
W _{el y, z} [m ³]	7,3550e-04	2,5850e-04
W _{pl y, z} [m ³]	8,2700e-04	3,9390e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	110	110
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	1,2700e+00	1,2700e+00
M _{ply +, -} [Nm]	2,94e+05	2,94e+05
M _{plz +, -} [Nm]	1,40e+05	1,40e+05
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S</i>		
Jméno	Vaznice B	
Typ	IPE220	
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012/1	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	a	
Posudek rovinného vzpěru z-z	b	
Klopení	Výchozí	
Použití 2D MKP výpočet	x	
		
A [m ²]	3,3400e-03	
A _{y, z} [m ²]	2,0643e-03	1,3244e-03
I _{y, z} [m ⁴]	2,7720e-05	2,0500e-06
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	2,2700e-08	9,0700e-08
W _{el y, z} [m ³]	2,5200e-04	3,7300e-05
W _{pl y, z} [m ³]	2,8500e-04	5,8100e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YUSS, ZUSS} [mm]	55	110
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	8,4750e-01	8,4750e-01
M _{ply +, -} [Nm]	1,01e+05	1,01e+05
M _{plz +, -} [Nm]	2,06e+04	2,06e+04

7. Posudek oceli – sloup

Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Při Autodesignu byl změněn průřez. Konstrukce musí být přepočtena!

Lineární výpočet

Kombinace: CO1

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Sloupy krajní A - HEB300

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B2232	0,000 / 13,800 m	HEB300	S 355	CO1	0,89 -
-------------	------------------	--------	-------	-----	--------

Klíč kombinace

CO1 / 1.15*ZS1 + 1.15*ZS2 - Ostatní stálé zatížení +
0.75*ZS4 - Sníh navátý + 1.50*ZS5c - Větr levý (90°)

Dílčí souč. spolehlivosti

γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál

Mez kluzu f_y	355,0	MPa
Mezní pevnost f_u	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	-223,58	kN
$V_{y,Ed}$	99,35	kN
$V_{z,Ed}$	-9,55	kN
T_{Ed}	-0,31	kNm
$M_{y,Ed}$	16,65	kNm
$M_{z,Ed}$	-213,45	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	117	19	8,671e+04	3,796e+05	0,23	0,53	1,00	6,18	7,32	8,14	12,39	1
3	SO	117	19	-7,532e+04	-3,682e+05								
4	I	208	11	8,114e+03	2,187e+04	0,37		1,00	18,91	22,78	27,66	39,55	1
5	SO	117	19	-5,673e+04	-3,496e+05								
7	SO	117	19	1,053e+05	3,982e+05	0,26	0,52	1,00	6,18	7,32	8,14	12,31	1

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,4910e-02	m ²
$N_{c,Rd}$	5293,05	kN
Jedn. posudek	0,04	-

Posudek ohybového momentu pro M_y

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$W_{pl,y}$	1,8690e-03	m ³
$M_{pl,y,Rd}$	663,50	kNm
Jedn. posudek	0,03	-

Posudek ohybového momentu pro M_z

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$W_{pl,z}$	8,7010e-04	m ³
$M_{pl,z,Rd}$	308,89	kNm
Jedn. posudek	0,69	-

Posudek smyku pro V_y

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

η	1,20	
A_v	1,1818e-02	m ²
$V_{pl,y,Rd}$	2422,21	kN
Jedn. posudek	0,04	-

Posudek smyku pro V_z

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

η	1,20	
A_v	4,7450e-03	m ²
$V_{pl,z,Rd}$	972,53	kN
Jedn. posudek	0,01	-

Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Vlákn	2	
T_{Ed}	3,2	MPa
T_{Rd}	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,02	-

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

$M_{pl,y,Rd}$	663,50	kNm
α	2,00	
$M_{pl,z,Rd}$	308,89	kNm
β	1,00	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,00 + 0,69 = 0,69 -

Poznámka: Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

Poznámka: Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

Poznámka: Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy z-z se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....**Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr**

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	Ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	117	19	8,671e+04	3,796e+05	0,23	0,53	1,00	6,18	7,32	8,14	12,39	1
3	SO	117	19	-7,532e+04	-3,682e+05								
4	I	208	11	8,114e+03	2,187e+04	0,37		1,00	18,91	22,78	27,66	39,55	1
5	SO	117	19	-5,673e+04	-3,496e+05								
7	SO	117	19	1,053e+05	3,982e+05	0,26	0,52	1,00	6,18	7,32	8,14	12,31	1

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3,600	13,800	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka L_{cr}	3,600	13,800	m
Kritické Eulerovo zatížení N_{cr}	40252,91	931,94	kN
Štíhlost λ	27,71	182,10	
Poměrná štíhlost λ_{rel}	0,36	2,38	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,c}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	b	c	
Imperfekce α	0,34	0,49	

Parametry vzpěru	yy	zz	
Redukční součinitel χ	0,94	0,14	
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	4978,90	-763,81	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	1,4910e-02	m ²
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	763,81	kN
Jedn. posudek	0,29	-

Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Poznámka: Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení		
Metoda pro křivku klopení	Alternativní případ	
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	1,8690e-03	m ³
Pružný kritický moment M_{cr}	1349,42	kNm
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,LT}$	0,70	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,LT,0}$	0,40	

Poznámka: Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

Parametry M_{cr}		
Délka klopení L	13,800	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel k_w	1,00	
Součinitel momentu na klopení C_1	3,41	
Součinitel momentu na klopení C_2	1,33	
Součinitel momentu na klopení C_3	0,41	
Vzdálenost středu smyku d_z	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení z_g	0	mm
Konstanta monosymetrie β_y	0	mm
Konstanta monosymetrie z_j	0	mm

Poznámka: Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,4910e-02	m ²
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	1,8690e-03	m ³
Plastický modul průřezu $W_{pl,z}$	8,7010e-04	m ³
Návrhová tlaková síla N_{Ed}	223,58	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{y,Ed}$	16,65	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{z,Ed}$	-213,45	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N_{Rk}	5293,05	kN
Charakteristická momentová únosnost $M_{y,Rk}$	663,50	kNm
Charakteristická momentová únosnost $M_{z,Rk}$	308,89	kNm
Redukční součinitel χ_y	0,94	
Redukční součinitel χ_z	0,14	
Modifikovaný redukční součinitel $\chi_{LT,mod}$	1,00	
Interakční součinitel k_{yy}	0,91	
Interakční součinitel k_{yz}	0,50	
Interakční součinitel k_{zy}	0,54	
Interakční součinitel k_{zz}	0,84	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B2232 pozice 0,000 m.

Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B2232 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčnicků γ	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení z	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,z}$	-213,45	kNm
Moment v poli $M_{s,z}$	132,40	kNm

Parametry interakční metody 2		
Součinitel $\alpha_{s,z}$	-0,62	
Poměr koncových momentů ψ_z	0,01	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mz}	0,60	
Výsledný typ zatížení LT	bodové zatížení F	
Koncový moment $M_{h,LT}$	16,65	kNm
Moment v poli $M_{s,LT}$	-2,30	kNm
Součinitel $\alpha_{s,LT}$	-0,14	
Poměr koncových momentů ψ_{LT}	0,07	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mLT}	0,40	

Jednotkový posudek (6.61) = 0,04 + 0,02 + 0,35 = 0,42 -

Jednotkový posudek (6.62) = 0,29 + 0,01 + 0,58 = 0,89 -

Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

Parametry ztráty stability od smyku		
Délka pole vzpěru a	13,800	m
Stojina	nevyztužený	
Výška stojiny h_w	262	mm
Tloušťka stojiny t	11	mm
Materiálový součinitel ϵ	0,81	
Součinitel smykové korekce η	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku	
Štíhlost stojiny h_w/t	23,82
Limit štíhlosti stojiny	48,82

Poznámka: Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

8. Posudek oceli – stěnové ztužidlo

Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Při Autodesignu byl změněn průřez. Konstrukce musí být přepočtena!

Nelineární výpočet

Nelineární kombinace: NC11

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Ztužidla stěnová - CHS88.9/4.0

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B1240	7,500 / 7,500 m	CHS88.9/4.0	S 355	NC11	0,95 -
-------------	-----------------	-------------	-------	------	--------

Dílčí souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu f_y	355,0	MPa
Mezní pevnost f_u	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 7,500 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	356,75	kN
$V_{y,Ed}$	0,88	kN
$V_{z,Ed}$	-0,07	kN
T_{Ed}	0,10	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,76	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
89	4	22,23	33,10	46,34	59,58	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tah

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.5)

A	1,0700e-03	m ²
$N_{pl,Rd}$	379,85	kN
$N_{u,Rd}$	377,50	kN
$N_{t,Rd}$	377,50	kN
Jedn. posudek	0,95	-

Posudek ohybového momentu pro M_y

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$W_{pl,y}$	2,8398e-05	m ³
$M_{pl,y,Rd}$	10,08	kNm
Jedn. posudek	0,00	-

Posudek ohybového momentu pro M_z

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$W_{pl,z}$	2,8398e-05	m ³
$M_{pl,z,Rd}$	10,08	kNm
Jedn. posudek	0,08	-

Posudek smyku pro V_y

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

η	1,20	
A_v	6,8118e-04	m ²
$V_{pl,y,Rd}$	139,61	kN
Jedn. posudek	0,01	-

Posudek smyku pro V_z

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

η	1,20	
A_v	6,8118e-04	m ²
$V_{pi,z,Rd}$	139,61	kN
Jedn. posudek	0,00	

Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Vlákno	1	
T_{Ed}	2,1	MPa
T_{Rd}	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

$M_{výslednice}$	0,76	kNm
$V_{výslednice}$	0,88	kN
$M_{N,Rd}$	1,02	kNm
Jedn. posudek	0,75	-

Poznámka: Výsledné vnitřní síly se použijí pro trubkové průřezy

Poznámka: Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
89	4	22,23	33,10	46,34	59,58	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná ke klopení.

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

9. Posudek oceli – dolní pás vazníku

Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Při Autodesignu byl změněn průřez. Konstrukce musí být přepočtena!

Lineární výpočet

Kombinace: CO1

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Vazník - dolní pás - VHP200/120x10.0

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B1648	14,400 / 21,600 m	VHP200/120x10.0	S 355	CO1	0,97 -
-------------	-------------------	-----------------	-------	-----	--------

Poznámka: EN 1993-1-3 čl. 1.1(3) stanoví, že tato část se nevztahuje na za studena tvarované kruhové a obdélníkové trubky. Je proveden výchozí posudek podle EN 1993-1-1 namísto posudku podle EN 1993-1-3.

Klíč kombinace	
CO1 / ZS1 + ZS2 - Ostatní stálé zatížení + 1.50*ZS5b - Vitr	podélný (180°)

Dílčí souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu f_y	355,0	MPa
Mezní pevnost f_u	490,0	MPa
Výroba	Tvářený za studena	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 14,400 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	-126,80	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,31	kN
T_{Ed}	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	-1,14	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	ψ [-]	k_{σ} [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	I	90	10	2,628e+04	2,628e+04	1,00		1,00	9,00	22,78	27,66	30,92	1
3	I	170	10	2,588e+04	1,897e+04	0,73		1,00	17,00	22,78	27,66	34,08	1
5	I	90	10	1,856e+04	1,856e+04	1,00		1,00	9,00	22,78	27,66	30,92	1
7	I	170	10	1,897e+04	2,588e+04	0,73		1,00	17,00	22,78	27,66	34,08	1

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	5,6600e-03	m ²
$N_{c,Rd}$	2009,30	kN
Jedn. posudek	0,06	-

Posudek ohybového momentu pro M_y

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

W_{ply}	3,5417e-04	m ³
$M_{pl,y,Rd}$	125,73	kNm
Jedn. posudek	0,01	-

Posudek smyku pro V_z

Podle FN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

η	1,20	
A_v	3,5375e-03	m ²
$V_{pl,z,Rd}$	725,04	kN

Jedn. posudek	0,00	-
---------------	------	---

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

$M_{N,y,Rd}$	125,73	kNm
Jedn. posudek	0,01	-

Poznámka: Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 10,800 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	Ψ [-]	k_σ [-]	a [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	I	90	10	-4,127e+03	-4,127e+03								
3	I	170	10	-1,827e+03	3,728e+04	-0,05		0,95	17,00	24,16	29,28	48,61	1
5	I	90	10	3,958e+04	3,958e+04	1,00		1,00	9,00	22,78	27,66	30,92	1
7	I	170	10	3,728e+04	-1,827e+03	-0,05		0,95	17,00	24,16	29,28	48,61	1

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	2,400	10,800	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,22	
Vzpěrná délka L_{cr}	2,400	13,200	m
Kritické Eulerovo zatížení N_{cr}	10111,20	149,88	kN
Štíhlost λ	34,06	279,77	
Poměrná štíhlost λ_{rel}	0,45	3,66	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce a	0,49	0,49	
Redukční součinitel χ	0,87	0,07	
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	1753,77	132,00	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	5,6600e-03	m ²
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	132,00	kN
Jedn. posudek	0,96	-

Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Poznámka: Průřez se týká obdélníkové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1

Poznámka: Průřez se týká obdélníkové trubky 'h / b < 10 / $\lambda_{rel,z}$ '.

Tento průřez není náchylný ke klopení.

Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	5,6600e-03	m ²
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	3,5417e-04	m ³
Návrhová tlaková síla N_{Ed}	126,80	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{y,Ed}$	-1,66	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{z,Ed}$	0,00	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N_{Rk}	2009,30	kN
Charakteristická momentová únosnost $M_{y,Rk}$	125,73	kNm
Redukční součinitel χ_y	0,87	
Redukční součinitel χ_z	0,07	
Redukční součinitel χ_{LT}	1,00	
Interakční součinitel k_{yy}	0,92	

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku	
Interakční součinitel k_{zy}	0,55

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B1648 pozice 16,800 m.
 Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B1648 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčniců y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení LT	bodové zatížení F	
Koncový moment $M_{h,LT}$	6,44	kNm
Moment v poli $M_{s,LT}$	-2,86	kNm
Součinitel $\alpha_{s,LT}$	-0,44	
Poměr koncových momentů ψ_{LT}	0,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mLT}	0,40	

Jednotkový posudek (6.61) = $0,07 + 0,01 + 0,00 = 0,08$ -

Jednotkový posudek (6.62) = $0,96 + 0,01 + 0,00 = 0,97$ -

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

10. Posudek oceli – diagonály vazníku

Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Při Autodesignu byl změněn průřez. Konstrukce musí být přepočtena!

Lineární výpočet

Kombinace: CO1

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Vazník - diagonály - VHP70/70x5.0

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B1354	0,000 / 2,400 m	VHP70/70x5.0	S 355	CO1	0,95 -
-------------	-----------------	--------------	-------	-----	--------

Poznámka: EN 1993-1-3 čl. 1.1(3) stanoví, že tato část se nevztahuje na za studena tvarované kruhové a obdélníkové trubky. Je proveden výchozí posudek podle EN 1993-1-1 namísto posudku podle EN 1993-1-3.

Klíč kombinace	
CO1 / 1.15*ZS1 + 1.15*ZS2 - Ostatní stálé zatížení + 1.50*ZS3 - Sníh rovnoměrný	

Dílčí souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu f_y	355,0	MPa
Mezní pevnost f_u	490,0	MPa
Výroba	Tvářený za studena	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	-180,02	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,00	kN
T_{Ed}	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	I	55	5	1,457e+05	1,457e+05	1,00		1,00	11,00	22,78	27,66	30,92	1
3	I	55	5	1,457e+05	1,457e+05	1,00		1,00	11,00	22,78	27,66	30,92	1
5	I	55	5	1,457e+05	1,457e+05	1,00		1,00	11,00	22,78	27,66	30,92	1
7	I	55	5	1,457e+05	1,457e+05	1,00		1,00	11,00	22,78	27,66	30,92	1

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,2400e-03	m ²
$N_{c,Rd}$	440,20	kN
Jedn. posudek	0,41	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	Ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	I	55	5	1,457e+05	1,457e+05	1,00		1,00	11,00	22,78	27,66	30,92	1
3	I	55	5	1,457e+05	1,457e+05	1,00		1,00	11,00	22,78	27,66	30,92	1
5	I	55	5	1,457e+05	1,457e+05	1,00		1,00	11,00	22,78	27,66	30,92	1
7	I	55	5	1,457e+05	1,457e+05	1,00		1,00	11,00	22,78	27,66	30,92	1

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.
Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčniců	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	2,400	2,400	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka L_{cr}	2,400	2,400	m
Kritické Eulerovo zatížení N_{cr}	304,42	304,42	kN
Štíhlost λ	91,88	91,88	
Poměrná štíhlost λ_{rel}	1,20	1,20	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce α	0,49	0,49	
Redukční součinitel χ	0,43	0,43	
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	190,42	190,42	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	1,2400e-03	m ²
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$		kN
Jedn. posudek	0,95	-

Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Poznámka: Průřez se týká obdélníkové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

6 Výkresy

- 6.1 Výkres kotvení
- 6.2 Detaily kotvení
- 6.3 Dispoziční výkres, půdorys 2.NP a řezy
- 6.4 Půdorys střešní konstrukce
- 6.5 Výrobní výkres vazníku, výkaz spotřeby materiálu
- 6.6 Směrné detaily

ZÁVĚR

V diplomové práci jsem vypracovala dva předběžné návrhy nosné ocelové konstrukce obchodního centra dle požadavků zadání diplomové práce. Modelování konstrukcí a částečné dimenzování včetně posouzení proběhlo u obou variant návrhu, které se lišily konstrukcí pultové střechy nad budovou A, ve výpočtovém sw programu SCIA Engineer. Po vhodném porovnání těchto variant střechy byla zvolena varianta, u které jsem návrh nejvíce namáhaných prvků ověřila ručním výpočtem dle příslušných norem. Dále jsem vypracovala technickou zprávu, statický výpočet a výkresovou dokumentaci. Směrné detaily přípojí byli navrženy a vypočteny ručním výpočtem podle příslušných norem, přičemž návrhové hodnoty vstupujících vnitřních sil byly převzaty z výpočtového programu SCIA Engineer. Výkresová dokumentace obsahuje výkres kotvení včetně všech detailů kotvení sloupů, půdorys 2.NP s řezy, půdorys střešní konstrukce, výrobní výkres vazníku a výkres směrných detailů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

NORMY

- [1] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [5] ČSN EN 1993-1-1. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [6] ČSN EN 1993-1-8. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [7] ČSN EN 1994-1-1. *Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [8] ČSN EN 1090-2+A1. *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce*. ÚNMZ, 2012.
- [9] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006

OSTATNÍ LITERATURA A ZDROJE

- [10] MELCHER, Jindřich a Bohumil STRAKA. *Kovové konstrukce: Konstrukce průmyslových budov*. 5. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985, 218 s.
- [11] STUDNIČKA, Jiří a Josef MACHÁČEK. *Ocelové konstrukce 20*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02529-2.
- [12] STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce 10: normy pro navrhování*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02842-9.
- [13] STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce 1*. Praha: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04800-9.
- [14] Čítanka výkresů ocelových konstrukcí [online].
Dostupné na: www.citankaok.wz.cz
- [15] Tabulky ocelové konstrukce [online].
Dostupné na: www.oceltabulky.cz/
- [16] KINGSPAN a.s - Průvodce projektem a stavbou, Technická příručka [online].
Dostupné na: www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/ke-stazeni
- [17] Kotvy HILTI, HILTI ČR spol. s. r. o. [online].
Dostupné na: <https://www.hilti.cz/kotevni-technika/vytlačovací-lepicí-hmoty>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Symbol	Popis
A	plocha průřezu
A _a	plocha ocelového průřezu
A _c	plocha betonového průřezu
A _{c0}	zatížená plocha
A _{c1}	návrhová roznášecí plocha
A _{eff}	efektivní plocha průřezu
A _s	účinná plocha šroubu v tahu
A _v	smyková plocha průřezu
A _{v,net}	oslabená smyková plocha průřezu
A _w	plocha svaru
a	účinná výška svaru
B _{p,Rd}	návrhová smyková únosnost při protlačení hlavy nebo matice šroubu
b _c	šířka betonové patky
b _{e,eff}	účinná šířka desky
b _p	šířka patního plechu
b ₀	průměrná šířka vlny trapézového plechu
c	funkční přesah desky
C _{a2}	těžiště plochy ocelového průřezu ke spodním vláknům
c ₁	výška rovné části stojiny
c ₂	přečnívající část pásnice
d	jmenovitý průměr šroubu/trnu
d _c	délka betonové desky
d _m	střední průměr kružnice opsané a vepsané do šestihranu hlavy šroubu
d _p	délka patního plechu
d ₀	průměr otvoru pro šroub
E	modul pružnosti
E _a	modul pružnosti ocelového průřezu
E _c	modul pružnosti betonového průřezu
E _{cm}	střední hodnota modulu pružnosti
e ₁	vzdálenost středu otvoru spojovacího prostředku k přilehlému konci jakékoliv části, která se měří ve směru zatížení
e _{1,dop}	doporučená vzdálenost středu otvoru spojovacího prostředku k přilehlému konci jakékoliv části, která se měří ve směru zatížení
e _{1,min}	minimální vzdálenost středu otvoru spojovacího prostředku k přilehlému konci jakékoliv části, která se měří ve směru zatížení
e ₂	vzdálenost středu otvoru spojovacího prostředku k přilehlému konci jakékoliv části, která se měří kolmo ke směru zatížení
e _{2,dop}	doporučená vzdálenost středu otvoru spojovacího prostředku k přilehlému konci jakékoliv části, která se měří kolmo ke směru zatížení

$e_{2,min}$	minimální vzdálenost středu otvoru spojovacího prostředku k přilehlému konci jakékoliv části, která se měří kolmo ke směru zatížení
F_a	působící síla na ocelový průřez
$F_{b,Rd}$	únosnost šroubu v otláčení
F_c	působící síla na betonový průřez
$F_{v,Rd}$	únosnost šroubu ve střihu
$F_{vbw,Rd}$	únosnost stěny nosníku ve smyku
$F_{ }$	síla rovnoběžná s účinnou plochou svaru
F_{\perp}	síla kolmá na účinnou plochu svaru
f_{cd}	výpočtová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_u	mez pevnosti
f_{ub}	mez pevnosti materiálu šroubu
f_y	mez kluzu
f_{yb}	mez kluzu materiálu šroubu
f_{yd}	návrhová mez kluzu
g	mezera mezi mezipásovými pruty styčnicku K
g_d	návrhové stálé zatížení
g_k	charakteristické stálé zatížení
H	výška spřaženého ocelobetonové konstrukce
h	výška I profilu
h_a	výška ocelového průřezu
h_{a1}	těžiště ocelového průřezu
h_c	výška betonové patky
h_f	výška spřažené stropní desky nad horní úroveň trapézového plechu
h_{sc}	délka zkráceného trnu
h_p	výška trapézového plechu/patního plechu
h'	účinná výška profilu smykové zarážky
I	moment setrvačnosti
I_i	moment setrvačnosti ideálního průřezu
I_y	moment setrvačnosti k ose y
$I_{y,eff}$	efektivní moment setrvačnosti k ose y
I_z	moment setrvačnosti k ose z
k_l	redukční součinitel - žebra trapézového plechu rovnoběžného s osou nosníku
k_t	redukční součinitel - žebra trapézového plechu kolmého k ose nosníku
$k_{t,max}$	maximální redukční součinitel
L	délka nosníku
L_e	ekvivalentní rozpětí
l	délka trnu
$M_{e,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího momentu od zatížení
M_{Rd}	návrhový moment únosnosti
$M_{pl,Rd}$	plastická momentová únosnost
m	plošná hmotnost
$N_{b,Rd}$	návrhová vzpěrná únosnost tlačeního prutu

N_{Ed}	návrhová hodnota působící tlakové síly od zatížení
n	počet třecích ploch nebo počet otvorů pro spojovací prostředky ve spojovaném povrchu ve smyku
n_f	potřebný počet trnů
n_r	počet trnů
P_{Rk}	únosnost trnu s hlavou ve smyku
P_1	rozteč spojovacích prostředků ve směru zatížení
$P_{1,dop}$	doporučená rozteč spojovacích prostředků ve směru zatížení
$P_{1,min}$	minimální rozteč spojovacích prostředků ve směru zatížení
P_2	rozteč spojovacích prostředků kolmo ke směru zatížení
$P_{2,dop}$	doporučená rozteč spojovacích prostředků kolmo ke směru zatížení
$P_{2,min}$	minimální rozteč spojovacích prostředků kolmo ke směru zatížení
q_d	návrhové proměnné zatížení
q_k	charakteristické proměnné zatížení
R_{Ed}	reakce od průvlaku a stropní konstrukce
S_d	návrhové proměnné zatížení (sníh)
S_i	statický moment
S_l	rozmístění trnů na nosníku
S_q	charakteristické proměnné zatížení (sníh)
t_b	tloušťka betonu
t_c	střední tloušťka betonové vrstvy
t_e	nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení
t_f	tloušťka pásnice
t_{srov}	srovnávací tloušťka
t_w	tloušťka stojiny
V_{Ed}	návrhová hodnota působící posouvací síly od zatížení
V_e	podélná smyková síla
$V_{pl,Rd}$	smyková únosnost průřezu
w_d	návrhové proměnné zatížení (sníh)
w_k	charakteristické proměnné zatížení (sníh)
$W_{y,eff}$	efektivní průřezový modul
$W_{pl,y}$	plastický průřezový modul k ose y
$W_{y,z}$	plastický průřezový modul k ose z
x_{pl}	poloha neutrální osy
α	součinitel imperfekce
α_A	redukční součinitel pro užité zatížení
β	korelační součinitel koutových svarů
γ	objemová tíha
γ_{M0}	dílčí součinitel spolehlivosti
γ_{M1}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M2}	dílčí součinitel spolehlivosti pro spoje
γ_P	součinitel páčení
δ_s	průhyb
$\delta_{s,max}$	maximální průhyb
δ_1	průhyb od montáže
δ_2	průhyb od ostatního stálého a proměnného zatížení