

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

DVOULODNÍ SKLADOVACÍ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY

Two-bay storage hall with overhead cranes

Vypracoval:
Vedoucí práce:

Bc. Lukáš Hozman
prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

**DVOULODNÍ SKLADOVACÍ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY
PROHLÁŠENÍ, PODĚKOVÁNÍ, ANOTACE, ZDROJE**

Vypracoval:
Vedoucí práce:

Bc. Lukáš Hozman
prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hozman

Jméno: Lukáš

Osobní číslo: 484479

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor/specializace: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Dvoulodní skladovací hala s mostovými jeřáby

Název diplomové práce anglicky: Two-bay storage hall with overhaed cranes

Pokyny pro vypracování:

Návrh nosné ocelové konstrukce dvoulodní haly včetně nosníků jeřábové dráhy. V konstrukci budou navrženy hlavní prvky a vybrané detaily. Stručná technická zpráva. Výkresová dokumentace (dispozice a navržené detaily).

Seznam doporučené literatury:

Návrh dle platných norem ČSN EN.

Jméno vedoucího diplomové práce: Michal Jandera

Datum zadání diplomové práce: 26.9.2023

Termín odevzdání DP v IS KOS: 8.1.2024

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

26.9.2023

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a norem uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce, pouze za odborného vedení vedoucího práce prof. Ing. Michala Jandery, Ph.D.

V Praze dne 3. 1. 2024

Bc. Lukáš Hozman

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat především svému vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Michalovi Janderovi, Ph.D. za vstřícný přístup, cenné rady při tvorbě této práce, poskytnuté materiály, ochotu a trpělivost.

ANOTACE

Cílem diplomové práce je návrh nosné ocelové konstrukce dvoulodní skladištní haly a vytvoření výkresové dokumentace. Posouzení ocelové konstrukce je provedeno v souladu s platnými normami ČSN EN. Jedná se o dvoulodní halu obdélníkového půdorysu o rozměrech 54 m x 48 m, kde loď s 6,3 tunovým jeřábem má rozpon 29,29 m a loď s 20 tunovým jeřábem 24,65 m. Obsahem je návrh a posouzení nosníků jeřábových drah, hlavní rámové vazby, štítové vazby, prvků ztužení a vybraných detailů. Navržená konstrukce je znázorněna v příložené výkresové dokumentaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

Skladištní hala, dvoulodní hala, ocelová konstrukce, rámová konstrukce, jeřábová dráha, momentový šroubový přípoj, ztužidla, štítová vazba

ABSTRACT

The aim of the master's thesis is design of a two-bay warehouse hall load-bearing steel structure and its drawing documentation. The design of the steel structure is performed in accordance with the valid ČSN EN standards. The two-bay hall has a rectangular plan of dimensions 54 m x 48 m, where a bay with a 6.3 ton crane has a span of 29.29 m and a bay with a 20 ton crane has a span of 24.65 m. The content of the thesis includes the design and verification of beams of crane tracks, the main frame, gable wall, bracing elements and selected details. A drawing documentation of the load-bearing construction was also carried out.

KEYWORDS

Warehouse hall, two-bay hall, steel construction, portal frame, overhead crane, bolted moment connection, diagonal bracing, gable wall

ZDROJE

Normy viz Technická zpráva

Sokol, Z., Wald, F.: Ocelové konstrukce – Tabulky. ČVUT Praha, 2019

<http://people.fsv.cvut.cz/~xjanderm/teaching.html>

<https://kovprof.cz/hlavni-stranka/trapezove-plechy/technicke-informace/tabulky-unosnosti/>

<https://profisengineering.hilti.com/>

<https://www.kingspan.com/cz/cs/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stenove-izolacni-panely/ks1000-1150-nf/>

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



DVOULODNÍ SKLADOVACÍ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY
TECHNICKÁ ZPRÁVA

Vypracoval:
Vedoucí práce:

Bc. Lukáš Hozman
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Obsah

1. Identifikační údaje	3
2. Popis konstrukce	3
3. Popis nosné konstrukce	3
4. Zatížení konstrukce	3
4.1 Zatížení sněhem	3
4.2 Zatížení větrem	3
4.3 Stálé zatížení	4
4.4 Zatížení teplotou	4
5. Výroba ocelové konstrukce	4
6. Montáž ocelové konstrukce	4
7. Ochrana proti korozi	4
8. Ochrana proti požáru	4
9. Použité normy	4
10. Použité programy	5

1. Identifikační údaje

Název projektu:	Ocelová konstrukce skladištní haly s JD
Město:	Bruntál
Projektant:	Bc. Lukáš Hozman

2. Popis konstrukce

Předmětem této práce je návrh nosné ocelové konstrukce haly a nosníků jeřábové dráhy. Hala se skládá ze dvou lodí o půdorysných rozměrech 54x48 m a výška konstrukce je 9,5 m, v jedné z lodí se nachází jeřáb o nosnosti 20 tun na rozpon 29 m. Druhá loď je vybavena jeřábem o nosnosti 6,3 tuny na rozpon 25 m. Obvodový plášť tvoří stěnové panely Kingspan KS 1000 NF 170. Střecha je sedlová o sklonu 5%. Nosnou konstrukcí je trapézový plech TR160/250/1,25 v pozitivní poloze, plášť střechy tvoří skladba z parozábrany, tepelné izolace ve dvou vrstvách a hydroizolační fólie. Střechu markýzi tvoří trapézový plech TR40S/160/1,00.

3. Popis nosné konstrukce

Hala je řešena jako rámová konstrukce s vetknutými sloupy. Sloupy rámu jsou z profilu HEA 600 (krajní sloupy) a HEA 450 (středový sloup), příčle rámu jsou v lodi s 6,3 tunovým jeřábem z profilu IPE 750x134 se 700 mm náběhem délky 4,79 m a v lodi s 20 tunovým jeřábem profilu IPE 600 s 550 mm náběhem délky 4,02 m. Hlavní nosník jeřábové dráhy pro menší jeřáb je z profilu HEA 260 vyztuženým dvěma profily L 90x9 mm a pro větší jeřáb HEA 360 vyztužený dvěma profily L 120x12 mm. Statické schéma nosníku je uvažováno jako prostý nosník o rozponu 6 m. Nosník menší jeřábové dráhy je uložen na konzolce profilu HEA 180 a větší na konzolce profilu HEA 220, připojených na sloupech rámu. Kvůli požadavku na rektifikaci jeřábové dráhy jsou pod nosníkem umístěny rektifikační podložky. Kolejnice jeřábové dráhy je použita JKL 55. Osová vzdálenost rámu je 6 m. Rámové rohy jsou řešené jako šroubované. Sloupy štítové stěny jsou z profilů HEA 200 (krajní a střední sloup) a ostatní sloupy štítové stěny jsou z profilu IPE 300, které jsou kloubově uloženy.

Ztužení haly je zajištěno pomocí trubkových ztužidel a příčle rámu jsou rozepřeny pomocí kruhových trubek TR 76x5,6 pro zkrácení vzpěrných délek.

Markýzu tvoří nosník IPE 270 uložen tzv. na žiletku a zavěšen pomocí čtvercové trubky 80x80x4,0. Nosníky markýzy jsou v jednotlivých vazbách propojeny vaznicemi profilu IPE 270 na rozpon 6 m v osových vzdálenostech 2,2 m.

4. Zatížení konstrukce

4.1 Zatížení sněhem

Zatížení sněhem je uvažováno podle lokality, ve které se stavba nachází a platných norem používaných v České republice, pro sněhovou oblast III-IV s hodnotou $S_k = 1,8 \text{ kN/m}^2$.

4.2 Zatížení větrem

Zatížení větrem je uvažováno pro větrnou oblast III hodnotou $v_b = 27,5 \text{ m/s}$ a kategorií terénu III.

4.3 Stálé zatížení

Vlastní tíha konstrukce je stanovena pomocí programu Scia Engineerig.

Střešní plášť $q_{k;střecha}=0,588 \text{ kN/m}^2$ viz kapitola 3 Statického výpočtu

Střešní plášť markýzy $q_{k;střecha;m}=0,1042 \text{ kN/m}^2$ viz kapitola 3.3 Statického výpočtu

Obvodový plášť $q_{k;plášť}=0,152 \text{ kN/m}^2$ viz kapitola 4 Statického výpočtu

4.4 Zatížení teplotou

Zatížení teplotou je uvažováno hodnotami $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ (teplota ve skladu neklesne pod $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a teplota při montáži se uvažuje $15 \text{ }^\circ\text{C}$) a $+25 \text{ }^\circ\text{C}$.

5. Výroba ocelové konstrukce

Všechny ocelové prvky budou vyrobeny v mostárně dle projektové dokumentace.

Dle ČSN EN 1990 je určena třída následků konstrukce jako CC1 – malé následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo malé/zanedbatelné následky ekonomické, sociální nebo pro prostředí. Rizika spojená s používáním konstrukce kategorie SC2 - konstrukce a komponenty posuzované na únavu dle ČSN EN 1993. Výrobní třída je EXC2.

Veškeré přípoje prováděné v mostárně jsou svařované.

6. Montáž ocelové konstrukce

Montáž bude provedena pomocí mobilního jeřábu. Všechny montážní přípoje jsou šroubované. Nejprve budou smontovány dvě hlavní rámové vazby, tyto vazby budou následně spojeny ztužujícími prvky. Poté se bude dále pokračovat přidáváním dalších vazeb. Dále se budou klást trapézové plechy jako nosná vrstva střechy, na kterou se bude pokládat střešní plášť.

7. Ochrana proti korozi

- Veškeré ocelové konstrukce jsou zabudovány v interiéru budovy, kde se nenachází agresivní ani vlhké prostředí.
- Protikorozi ochrana je navržena v souladu s ČSN EN ISO 12944 (1998)
- Stupeň korozi agresivity: C2 – nízká (prostory s občasou kondenzací)
- Předpokládaná životnost: Vysoká (H) – nad 15 let
- Příprava povrchu: Sa 21/2 – Otryskávání – odstranění okují, rzi, nátěrů a cizích látek
- Zvolený nátěrový systém: ISO 12944-5/A2.02.
- Požadovaná tloušťka suchého povlaku vrchního nátěru: $120 \mu\text{m}$
- Ocelové profily budou natřeny dílensky 1-2x základním nátěrem a 1-2x vrchním nátěrem.

8. Ochrana proti požáru

Požární odolnost nebyla v rámci této diplomové práce řešena, ale bylo by potřeba posoudit požární odolnost konstrukce a navrhnout vhodné protipožární opatření konstrukce.

9. Použité normy

ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (rok vydání 2011)

ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků (rok vydání 2008)

ČSN EN 1993-1-9 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava (rok vydání 2006)

ČSN EN 1993-6 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 6: Jeřábové dráhy (rok vydání 2008)

ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem (rok vydání 2005)

ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem (rok vydání 2007)

ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou (rok vydání 2005)

ČSN EN 1991-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení (rok vydání 2008)

10. Použité programy

Scia Engineer 21.1

CADKON+ 2021

LTBeamN 1.0.3

Hilti Profis Engineering 3.0.89

Microsoft Office Word 2010

Microsoft Office Excel 2010

PTC Mathcad 8.0.0.0

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

**DVOULODNÍ SKLADOVACÍ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY
STATICKÝ VÝPOČET**

Vypracoval:
Vedoucí práce:

Bc. Lukáš Hozman
prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

OBSAH

1. DISPOZICE.....	1
2. ZATÍŽENÍ.....	4
2.1 Stálé.....	4
2.2 Proměnné.....	4
3. STŘEŠNÍ PLÁŠŤ.....	9
3.1 TRAPÉZOVÝ PLECH PROSTĚ ULOŽENÝ.....	9
3.2 TRAPÉZOVÝ PLECH SPOJITĚ ULOŽENÝ.....	11
3.3 TRAPÉZOVÝ PLECH MARKÝZA.....	13
4. OBVODOVÝ PLÁŠŤ.....	15
5. NOSNÍK JEŘÁBOVÉ DRÁHY – pro 20t jeřáb.....	16
5.1 ZATÍŽENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY.....	17
5.1.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	17
5.1.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ.....	17
5.1.2.1 Svislá zatížení.....	17
5.1.2.2 Vodorovná zatížení.....	18
5.1.2.3 Charakteristické hodnoty zatížení jeřábem.....	21
5.1.2.4 Kombinační součinitele pro zatížení jeřáby.....	22
5.1.3 ÚNAVOVÉ ZATÍŽENÍ.....	22
5.2 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL.....	23
5.2.1 VNITŘNÍ SÍLY OD SVISLÉHO ZATÍŽENÍ.....	23
5.2.2 VNITŘNÍ SÍLY OD VODOROVNÉHO ZATÍŽENÍ.....	25
5.2.3 PŘEHLED VYPOČTENÝCH NÁVRHOVÝCH HODNOT ZATÍŽENÍ.....	28
5.3 NÁVRH HLAVNÍHO NOSNÍKU JEŘÁBOVÉ DRÁHY – pro 20t jeřáb.....	29
5.4 POSOUZENÍ HLAVNÍHO NOSNÍKU JEŘÁBOVÉ DRÁHY.....	31
5.4.1 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI MSP.....	31
5.4.2 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI MSÚ.....	32
5.4.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI FAT (Únava).....	40
6. NOSNÍK JEŘÁBOVÉ DRÁHY – pro 6,3t jeřáb.....	43
6.1 ZATÍŽENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY.....	44
6.1.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	44
6.1.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ.....	44
6.1.2.1 Svislá zatížení.....	44
6.1.2.2 Vodorovná zatížení.....	45
6.1.2.3 Charakteristické hodnoty zatížení jeřábem.....	48
6.1.2.4 Kombinační součinitele pro zatížení jeřáby.....	49
6.1.3 ÚNAVOVÉ ZATÍŽENÍ.....	49
6.2 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL.....	50
6.2.1 VNITŘNÍ SÍLY OD SVISLÉHO ZATÍŽENÍ.....	50
6.2.2 VNITŘNÍ SÍLY OD VODOROVNÉHO ZATÍŽENÍ.....	52
6.2.3 PŘEHLED VYPOČTENÝCH NÁVRHOVÝCH HODNOT ZATÍŽENÍ.....	55

6.3	NÁVRH HLAVNÍHO NOSNÍKU JEŘÁBOVÉ DRÁHY – pro 6,3t jeřáb	56
6.4	POSOUZENÍ HLAVNÍHO NOSNÍKU JEŘÁBOVÉ DRÁHY	58
6.4.1	MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI MSP	58
6.4.2	MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI MSÚ	59
6.4.3	MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI FAT (Únava)	67
7.	HLAVNÍ RÁMOVÁ VAZBA	69
7.1	NÁVRH PŘÍČNÉ VAZBY	69
7.1.1	VÝBĚR STATICKÉHO SCHÉMATU	76

Doposud řešeno v předchozím semestru formou projektu v předmětu P04C, vyjma části 6.

7.1.2	PROVĚŘENÍ DEFORMACÍ NA 3D MODELU KONSTRUKCE	79
7.1.3	SLOUP 1	85
7.1.3.1	Posouzení sloupu 1	86
7.1.4	SLOUP 2	92
7.1.4.1	Posouzení sloupu 2	92
7.1.5	SLOUP 3	98
7.1.5.1	Posouzení sloupu 3	98
7.1.6	PŘÍČLE 1	104
7.1.6.1	Posouzení příčle 1	104
7.1.7	PŘÍČLE 2	108
7.1.7.1	Posouzení příčle 2	109
7.1.8	KONZOLA JEŘÁBOVÉ DRÁHY PRO 6,3t JEŘÁB	112
7.1.8.1	Posouzení konzoly 1	112
7.1.8.2	Posouzení konzoly 1 MSP	113
7.1.9	KONZOLA JEŘÁBOVÉ DRÁHY PRO 20t JEŘÁB	113
7.1.9.1	Posouzení konzoly 2	113
7.1.9.2	Posouzení konzoly 2 MSP	114
7.1.10	NOSNÍK MARKÝZY	114
7.1.10.1	Posouzení nosníku markýzy	114
7.1.11	TÁHLO MARKÝZY	117
8.	ŠTÍTOVÁ VAZBA	119
8.1	NÁVRH PRVKŮ ŠTÍTOVÉ VAZBY	119
8.1.1	KRAJNÍ SLOUP RÁMU VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ 1	124
8.1.1.1	Posouzení krajního sloupu štitové vazby 1	124
8.1.2	PROSTŘEDNÍ SLOUP RÁMU VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ 2	129
8.1.2.1	Posouzení prostředního sloupu štitové vazby 2	129
8.1.3	KRAJNÍ SLOUP RÁMU VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ 3	134
8.1.3.1	Posouzení krajního sloupu štitové vazby 3	134
8.1.4	VNITŘNÍ SLOUP RÁMU VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ	139
8.1.4.1	Posouzení vnitřního sloupu štitové vazby	139
8.1.5	PŘÍČLE VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ 1	143
8.1.5.1	Posouzení příčle štitové vazby 1	143

8.1.6 PŘÍČLE VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ 2	147
8.1.6.1 Posouzení příčle štítové vazby 2	147
9. ZTUŽIDLA	151
9.1 PŘÍČNÉ ZTUŽENÍ	151
9.1.1 PŘÍČNÉ ZTUŽENÍ LODI S 20t JEŘÁBEM	151
9.1.2 PŘÍČNÉ ZTUŽENÍ LODI S 6,3t JEŘÁBEM	152
9.2 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ	154
9.2.1 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ LODI S 6,3t JEŘÁBEM	154
9.2.2 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ LODI S 20t JEŘÁBEM	155
9.3 PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO VE STŘEŠNÍ ROVINĚ	157
9.3.1 PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO VE STŘEŠNÍ ROVINĚ V LODI S 6,3t JEŘÁBEM	157
9.3.2 PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO VE STŘEŠNÍ ROVINĚ V LODI S 20t JEŘÁBEM	158
9.4 SVISLICE	160
9.4.1 PODÉLNÉ SVISLICE	160
9.4.2 PŘÍČNÉ SVISLICE V LODI S 6,3t JEŘÁBEM	161
9.4.3 PŘÍČNÉ SVISLICE V LODI S 20t JEŘÁBEM	162
10. MOMENTOVÝ PŘÍPOJ KE STŘEDNÍMU SLOUPU	163
10.1 PŘÍČLE Z 6,3t LODI	163
10.1.1 NÁVRH SVARŮ	163
10.1.2 DÍLČÍ KOMPONENTY	164
10.1.3 ÚNOSNOST ŘAD ŠROUBŮ	164
10.1.4 ÚNOSNOST PÁSNICE PŘÍČLE V TLAKU	168
10.2 PŘÍČLE Z 20t LODI	169
10.2.1 NÁVRH SVARŮ	169
10.2.2 DÍLČÍ KOMPONENTY	169
10.2.3 ÚNOSNOST ŘAD ŠROUBŮ	170
10.2.4 ÚNOSNOST PÁSNICE PŘÍČLE V TLAKU	174
10.3 ÚNOSNOST STĚNY SLOUPU VE SMYKU	175
10.4 PŘÍPOJ VODOROVNÉ SVISLICE SVISLÉHO STĚNOVÉHO ZTUŽIDLA NA SLOUP	176
10.4.1 PŘÍPOJ KRÁTKÉ TRUBKY A VODOROVNÉ SVISLICE STĚNOVÉHO ZTUŽIDLA	177
10.4.2 PŘÍPOJ DIAGONÁLY K VODOROVNÉ SVISLICI STĚNOVÉHO ZTUŽIDLA	178
11. PŘÍPOJ KONZOLY JEŘÁBOVÉ DRÁHY NA SLOUP	180
11.1 PŘÍPOJ KONZOLY 1	180
11.1.1 Přenos vodorovné reakce	181
11.2 PŘÍPOJ KONZOLY 2	184
11.2.1 Přenos vodorovné reakce	185
12. PATKA SLOUPU	188
12.1 PATKA BĚŽNÉHO SLOUPU	188
12.1.1 Průřez patky	189
12.1.2 Svary podélných výztuh a patního plechu	190

12.1.3 Kotevní šrouby.....	192
12.1.4 Kotevní příčník.....	192
12.1.5 Smyková zarážka.....	193
12.1.6 Svarový přípoj profilu sloupu k patce.....	195
12.2 PATKA SLOUPU ZTUŽIDLA.....	196
12.2.1 Smyková zarážka.....	196
12.2.2 Kontrolní posouzení sloupu.....	197
12.2.3 Přípoj diagonály ztužidla k patce sloupu.....	198
12.3 PATKA ŠTÍTOVÉHO SLOUPU A ZTUŽIDLA.....	199
12.3.1 Návrh smykové zarážky.....	200
12.3.2 Návrh přípoje diagonály.....	202
13. PŘÍPOJ MARKÝZY.....	204
13.1 NÁVRH PŘÍPOJE MARKÝZY NA SLOUP.....	204
13.2 NÁVRH PŘÍPOJE TÁHLA MARKÝZY.....	207
13.3 VAZNICE MARKÝZY.....	209
13.3.1 Přípoj vaznice markýzy.....	212
14. PŘÍPOJ PŘÍČLE KE ŠTÍTOVÉMU SLOUPU.....	214
14.1 PŘÍPOJ DIAGONÁLY KE ŠTÍTOVÉMU SLOUPU.....	216

1. DISPOZICE

Volba dispozice

Jeřáb 20 t

$$g := 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Nosnost jeřábu:

$$Q := 20000 \text{ kg} \cdot g = 200 \text{ kN}$$

Celková hmotnost jeřábu s kladkostrojem:

$$G_j := 18000 \text{ kg} \cdot g = 180 \text{ kN}$$

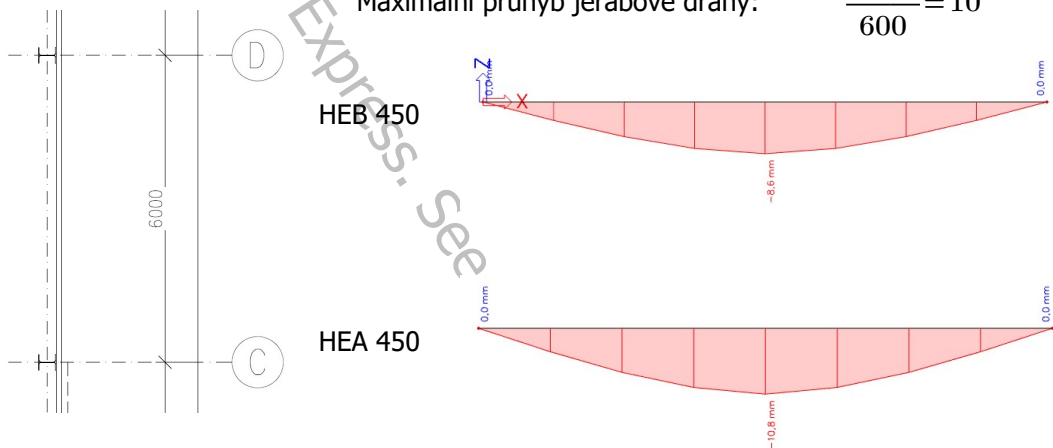
Síla od jeřábu působící na nosník jeřábové dráhy:

$$F_{\text{jeřáb}} := Q + \frac{G_j}{2} = 290 \text{ kN}$$

a) Rozpětí polí po 6 m

Maximální průhyb jeřábové dráhy:

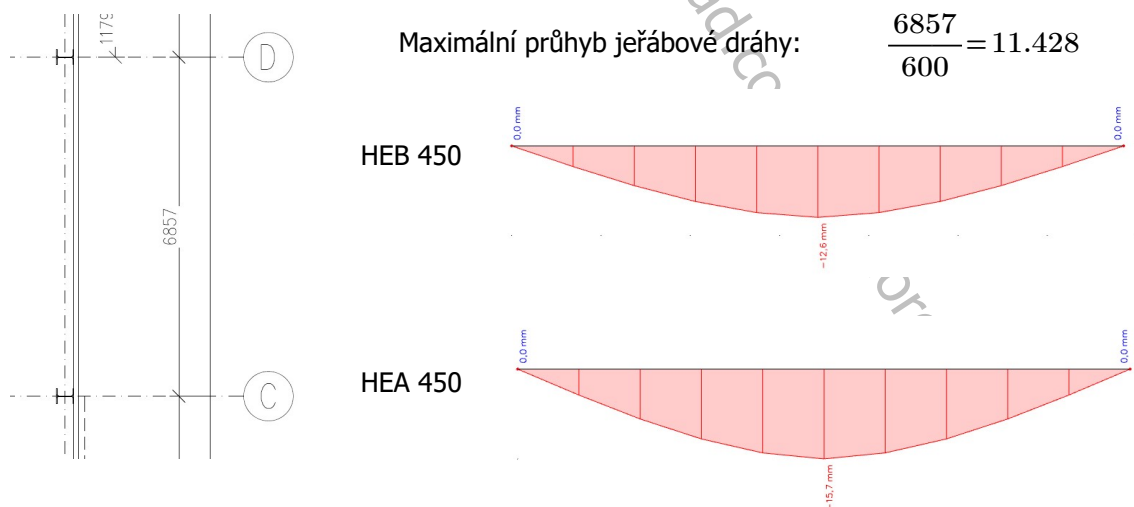
$$\frac{6000}{600} = 10$$



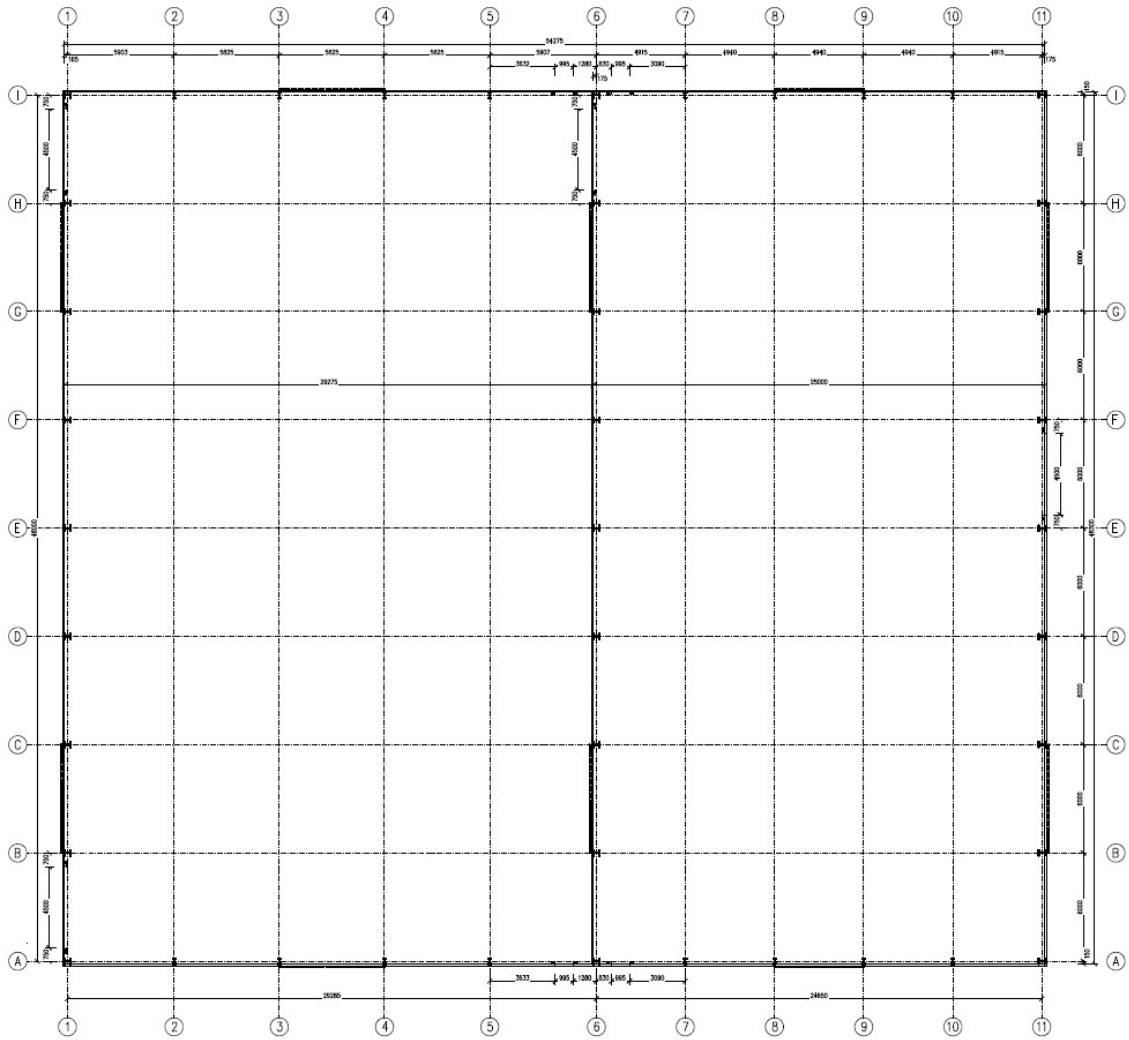
b) Rozpětí polí po 6.857 m

Maximální průhyb jeřábové dráhy:

$$\frac{6857}{600} = 11.428$$

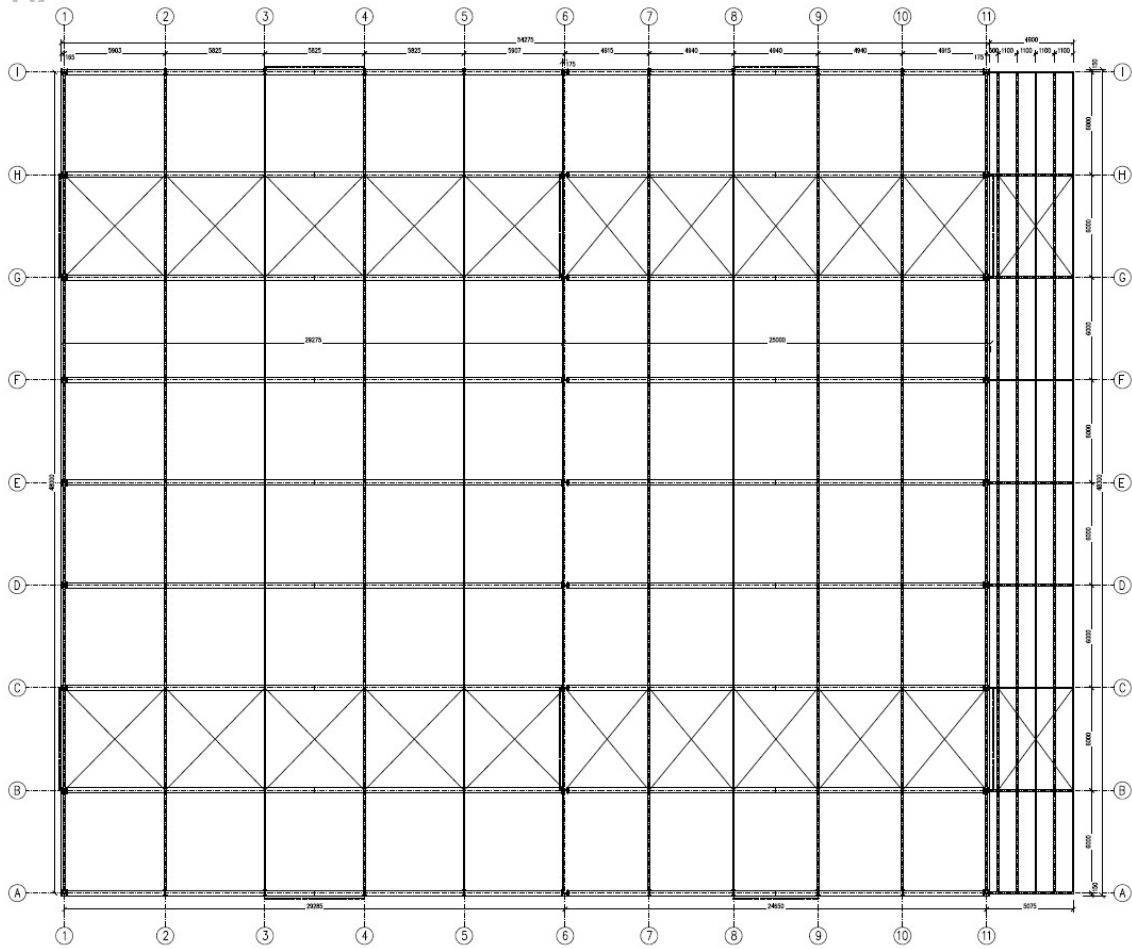


VOLÍM DISPOZICI S ROZPĚTÍM RÁMOVÝCH VAZEB PO 6 m

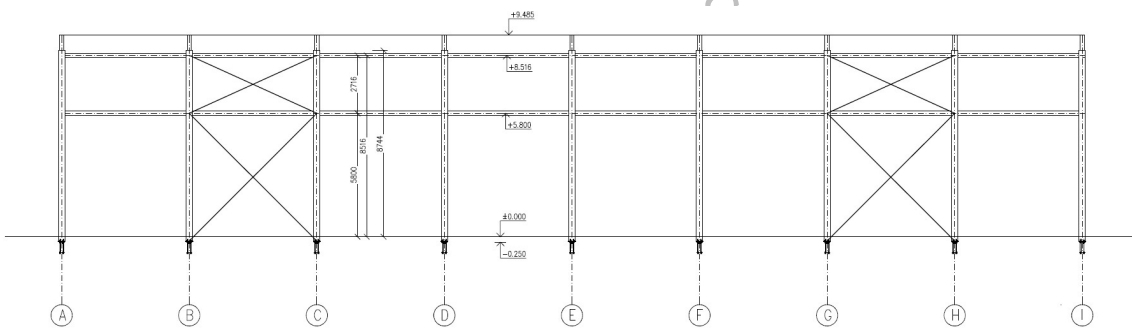


...com for more information.

STŘECHA

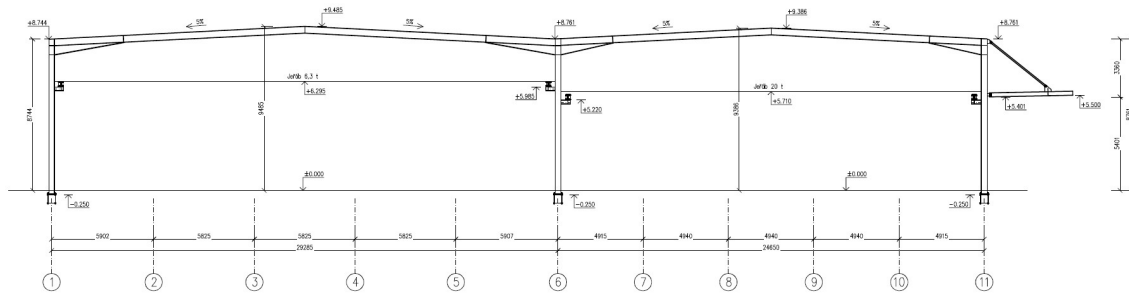


PODÉLNÝ ŘEZ

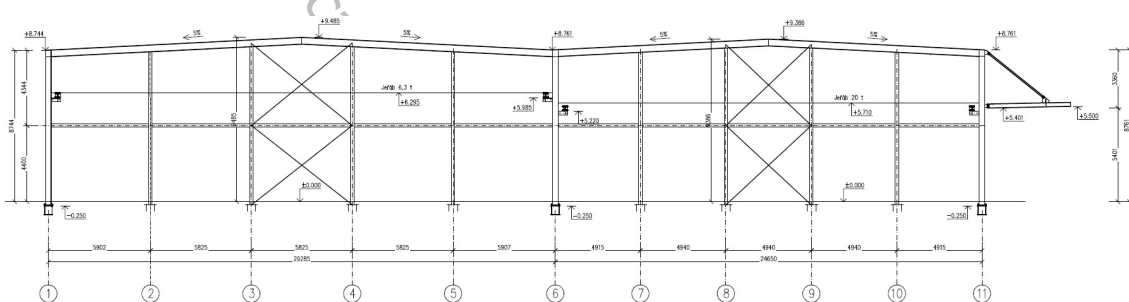


re information.

PŘÍČNÝ ŘEZ



ŠTÍTOVÁ STĚNA



2. ZATÍŽENÍ

2.1 Stálé

Střešní plášť

Zatížení střešního pláště dle navrženého řešení - viz. dále.

Stěna

Zatížení stěnového pláště dle navrženého řešení - viz. dále.

2.2 Proměnné

Zatížení sněhem

Lokalita:

Bruntál

Rozměry budovy:

$d = 48 \text{ m}$; $b = 54,5 \text{ m}$; $h = 10 \text{ m}$

Sněhová oblast:

III-IV

$$\rightarrow s_k := 1.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Dvoulodní hala

Součinitel expozice

$$C_e := 1.0$$

Tepelný součinitel

$$C_t := 1.0$$

Tvarový součinitel zatížení sněhem

$$\mu_i := 0.8$$

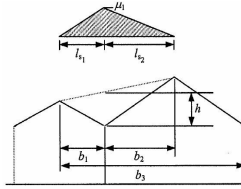
$$(0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ) \quad \alpha := 3$$

$$s_{1s} := \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1.44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Navátí sněhu

$$\mu_2 := 0.8 + \frac{0.8 \cdot \alpha}{30} = 0.88$$

$$s_{2s} := \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1.584 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



$$s_{k2} := 1.8$$

Výjimečné navátí sněhu v úžlabí

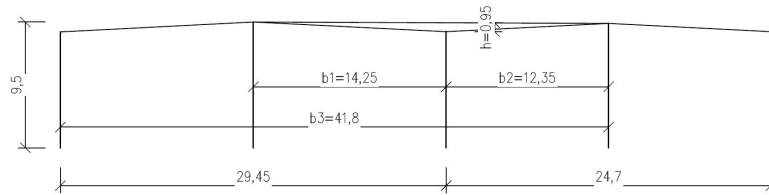
Obr. 1 - převzato z ČSN EN 1991 - 1 - 3

$$h_{sn} := 0.95$$

$$l_{s1} := 14.25 \text{ m}$$

$$l_{s2} := 12.35 \text{ m}$$

$$b_3 := 41.8 \text{ m}$$



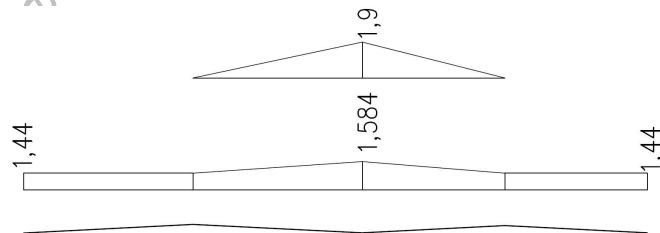
$$\mu_{1,1} := 2 \cdot \frac{h_{sn}}{s_{k2}} = 1.056$$

$$\mu_{1,2} := 2 \cdot \frac{b_3}{(l_{s1} + l_{s2})} = 3.143$$

$$\mu_{1,3} := 5$$

$$\mu_1 := \min(\mu_{1,1}, \mu_{1,2}, \mu_{1,3}) = 1.056$$

$$s_{3s} := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Markýza

$$\mu_{1,m} := 0.8$$

$$\mu_{2,m} = \mu_s + \mu_w$$

$$\mu_s := 0 \quad (\alpha \leq 15^\circ)$$

$$b_{1,m} := 24.65 \text{ m} \quad \gamma_{snih} := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$b_{2,m} := 5 \text{ m}$$

$$h_m := 3.3 \text{ m} \quad l_s := 2 \cdot h_m = 6.6 \text{ m}$$

$$\mu_w := \frac{(b_{1,m} + b_{2,m})}{2 \cdot h_m} = 4.492 < \gamma_{snih} \cdot \frac{h_m}{s_k} = 3.667$$

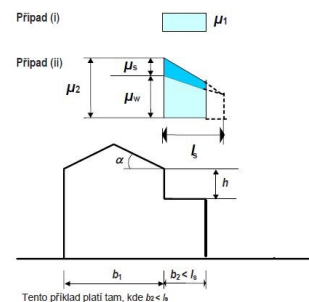
$$0.8 \leq \mu_w \leq 4.0$$

$$\mu_{2,m} := \mu_s + \mu_w = 4.492$$

$$\mu_{2,m} := 2$$

$$s_{1,m} := \mu_{1,m} \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1.44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$s_{2,m} := \mu_{2,m} \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 3.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Obr. 2 - převzato z ČSN EN 1991 - 1 - 3

Zatížení větrem

Lokalita: Bruntál
 Rozměry budovy: $d = 48 \text{ m}$; $b = 54,5 \text{ m}$; $h = 10 \text{ m}$ --> $v_{b;0} := 27,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 Větrná oblast: III
 Kategorie terénu: III

Základní rychlost větru je $27,5 \text{ m/s}$

Základní dynamický tlak větru

$$\rho := 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b;0}^2 = 0,473 \text{ kPa}$$

Maximální dynamický tlak větru

$C_e(z)$ --> křivka III $h = 10 \text{ m}$
 --> $C_e(z) := 1,7$ (graf)

$$q_b(z) := C_e(z) \cdot q_b$$

$$q_b(z) := 1,7 \cdot 0,473 \text{ kPa} = 0,804 \text{ kPa}$$

Příčný vítr - stěny

$$b_{př} := 48 \text{ m}$$

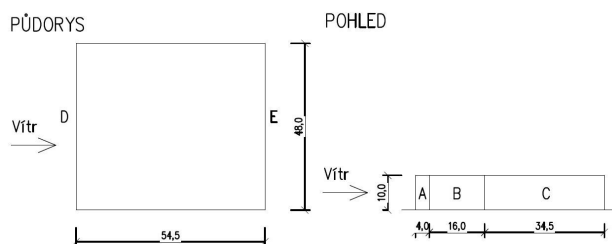
$h < b$ --> celá výška haly je v jednom tlakovém pásmu

$$d_{př} := 54,5 \text{ m}$$

$$h := 10 \text{ m}$$

$$e := \min(b_{př}, 2 \cdot h) = 20 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d_{př}} = 0,183$$



Pásmo	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	w_e [kPa]
A	0,804	-1,2	-0,9648
B		-0,8	-0,643
C		-0,5	-0,402
D		0,7	0,563
E		-0,3	-0,241

Podélný vítr - stěny

$$b_{pod} := 54.5 \text{ m}$$

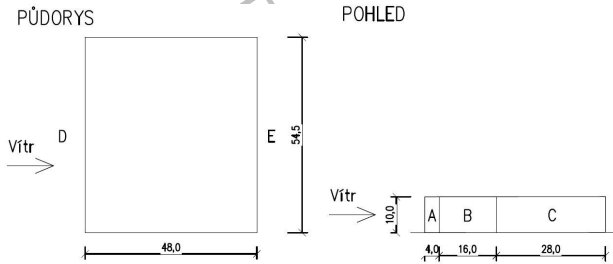
$$d_{pod} := 48 \text{ m}$$

$$h := 10 \text{ m}$$

$h < b$ --> celá výška haly je v jednom tlakovém pásmu

$$e := \min(b_{pod}, 2 \cdot h) = 20 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d_{pod}} = 0.208$$



Pásmo	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	w_e [kPa]
A	0,804	-1,2	-0,9648
B		-0,8	-0,643
C		-0,5	-0,402
D		0,7	0,563
E		-0,3	-0,241

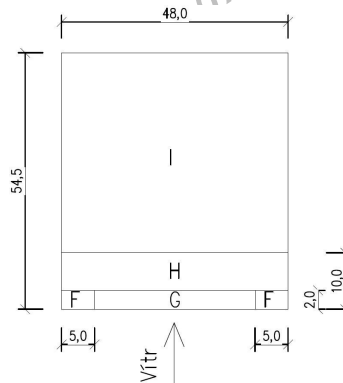
Příčný vítr - střecha

$$b_{pr} = 48 \text{ m}$$

$$d_{pr} = 54.5 \text{ m}$$

$$h := 10 \text{ m}$$

$$e = 20 \text{ m}$$



Pásmo	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	w_e [kPa]
F	0,804	-1,8	-1,4472
G		-1,2	-0,965
H		-0,7	-0,5628
I		$\pm 0,2$	$\pm 0,1608$

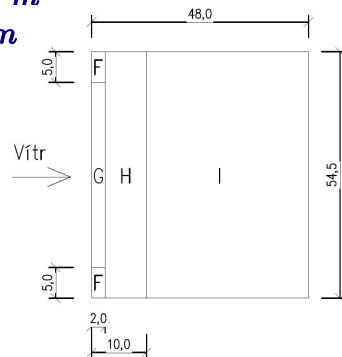
Podélný vítr - střecha

$$b_{pod} = 54.5 \text{ m}$$

$$d_{pod} = 48 \text{ m}$$

$$h := 10 \text{ m}$$

$$e = 20 \text{ m}$$

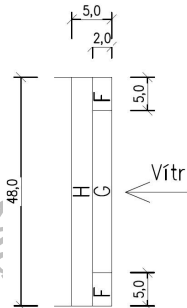


Pásmo	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	w_e [kPa]
F	0,804	-1,8	-1,4472
G		-1,2	-0,965
H		-0,7	-0,5628
I		$\pm 0,2$	$\pm 0,1608$

Příčný vítr - markýza

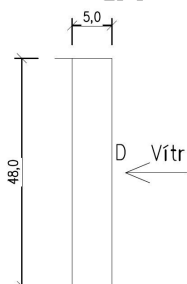
Markízu uvažují jako přesah střechy.

Tlak na horní straně (z tlaku na střeše)



Pásmo	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	w_e [kPa]
F	0,804	-1,8	-1,4472
G		-1,2	-0,965
H		-0,7	-0,5628

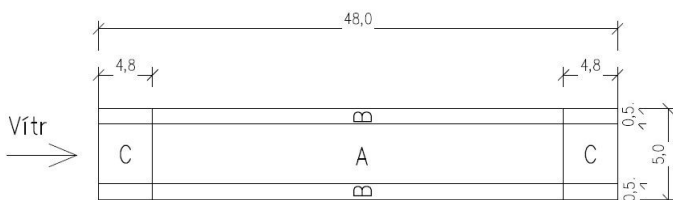
Tlak na spodní straně (z tlaku na stěně)



Pásmo	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	w_e [kPa]
D	0,804	0,7	0,563

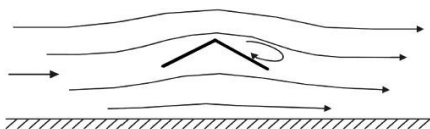
Podélný vítr - markýza

Markízu uvažují jako přístřešek.



Součinitel plnosti ϕ	Součinitel celkové síly c_f	$q_p(z)$	w_e [kPa]
Maximum všech ϕ	0,2	0,804	0,1608
Minimum $\phi=0$	-0,5		-0,402
Minimum $\phi=1$	-1,3		-1,0452

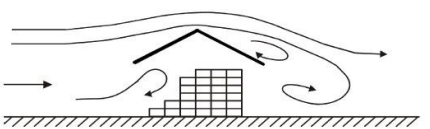
Prázdný přístřešek (pod markýzou není složený žádný materiál) $\phi = 0$



Prázdné, volně stojící přístřešky ($\phi = 0$)

Pásmo	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	w_e [kPa]
A	0,804	-0,6	-0,482
B		-1,3	-1,045
C		-1,4	-1,126

Plný přístřešek (pod markýzou je složený materiál) $\phi = 1$



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

Pásmo	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	w_e [kPa]
A	0,804	-1,5	-1,206
B		-1,8	-1,447
C		-2,2	-1,769

3. STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

3.1 TRAPÉZOVÝ PLECH PROSTĚ ULOŽENÝ

Navrhuji trapézový plech TR160/250/1,25 v pozitivní poloze.
Statické schéma je prostý nosník o jednom poli a rozponu 6 m.

Skladba střešního pláště

Vrstva	Tloušťka	Hmotnost	Vlastní tíha
	[m]	[kg/m ³]	[kN/m ²]
Hydroizolační fólie	0,0018	-	0,002
Tepelná izolace ISOVER S	0,060	160	0,096
Tepelná izolace ISOVER T	0,180	160	0,288
Parozábrana	0,00015	-	0,002
Trapézový plech TR160/250/1,25	-	-	0,200
	Σ	q_{k, střecha}	0,588

Posouzení trapézového plechu TR160/250 tloušťky 1,25 mm Parametry

$$f_{y,k} := 320 \text{ MPa}$$
$$\text{Hmotnost } m_{\text{trapéz}} := 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$L := 6 \text{ m}$$

Stálé zatížení

$$q_{k, \text{střecha}, s1} := 0.588 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Klimatické zatížení

Sníh

$$q_{k, \text{sníh}} := 1.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (\text{výjimečné navátí sněhu})$$

Vítr

$$w_{e,F} := -1.447 \text{ kPa} \quad (\text{sání shora})$$

$$w_{e,I} := 0.161 \text{ kPa} \quad (\text{tlak shora}) \quad \psi := 0.6$$

Kombinace

MSÚ

KZS1: Stálé + sníh + vítr (tlak shora)

$$q_{Ed,1;střecha} := q_{k;střecha;s1} \cdot 1.35 + q_{k;snih} \cdot 1.5 + \psi \cdot w_{e,I} \cdot 1.5 = 3.789 \frac{kN}{m^2}$$

KZS2: Stálé + vítr (sání shora)

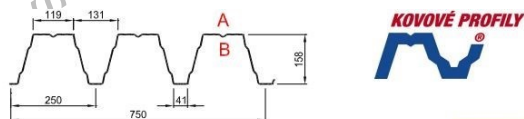
$$q_{Ed,2;střecha} := q_{k;střecha;s1} \cdot 1.0 + w_{e,F} \cdot 1.5 = -1.583 \frac{kN}{m^2}$$

MSP

$$q_{Ek;střecha} := q_{k;střecha;s1} + q_{k;snih} + \psi \cdot w_{e,I} = 2.585 \frac{kN}{m^2}$$

Únosnost

TR 160/250 pozitivní



dle ČSN EN 1993-1-3: 2010

$\gamma_{Mo} = 1,00$

Deformace = $L/200$

t_N [mm]	g [kg/m ²]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m ²]																						
		Rozpětí [m]																						
		4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,25	8,50	8,75	9,00		
0,75	12,00	q_{d1}	7,10	6,29	5,61	5,04	4,54	4,12	3,76	3,44	3,16	2,91	2,69	2,49	2,32	2,16	2,02	1,89	1,78	1,67	1,57	1,48	1,40	
		q_{d2}	3,54	3,33	3,15	2,98	2,83	2,70	2,57	2,46	2,36	2,26	2,18	2,10	2,02	1,95	1,89	1,83	1,77	1,67	1,57	1,48	1,40	
		q_k	5,34	4,46	3,75	3,19	2,74	2,36	2,06	1,80	1,58	1,40	1,25	1,11	1,00	0,90	0,81	0,73	0,67	0,61	0,56	0,51	0,47	
0,88	14,08	q_{d1}	8,60	7,62	6,79	6,10	5,50	4,99	4,55	4,16	3,82	3,52	3,26	3,02	2,81	2,62	2,45	2,29	2,15	2,02	1,90	1,80	1,70	
		q_{d2}	5,02	4,73	4,47	4,23	4,02	3,83	3,65	3,50	3,35	3,22	3,09	2,98	2,81	2,62	2,45	2,29	2,15	2,02	1,90	1,80	1,70	
		q_k	6,55	5,46	4,60	3,91	3,36	2,90	2,52	2,21	1,94	1,72	1,53	1,36	1,22	1,10	0,99	0,90	0,82	0,75	0,68	0,63	0,58	
1,00	16,00	q_{d1}	10,03	8,88	7,92	7,11	6,42	5,82	5,30	4,85	4,46	4,11	3,80	3,52	3,27	3,05	2,85	2,67	2,51	2,36	2,22	2,10	1,98	
		q_{d2}	6,61	6,22	5,87	5,56	5,29	5,03	4,81	4,60	4,41	4,11	3,80	3,52	3,27	3,05	2,85	2,67	2,51	2,36	2,22	2,10	1,98	
		q_k	7,60	6,34	5,34	4,54	3,89	3,36	2,92	2,56	2,25	1,99	1,77	1,58	1,42	1,28	1,15	1,04	0,95	0,87	0,79	0,73	0,67	
1,13	18,08	q_{d1}	11,60	10,28	9,17	8,23	7,43	6,74	6,14	5,62	5,16	4,75	4,39	4,08	3,79	3,53	3,30	3,09	2,90	2,73	2,57	2,43	2,29	
		q_{d2}	8,55	8,05	7,60	7,20	6,84	6,51	6,14	5,82	5,16	4,75	4,39	4,08	3,79	3,53	3,30	3,09	2,90	2,73	2,57	2,43	2,29	
		q_k	8,63	7,19	6,06	5,15	4,42	3,81	3,32	2,90	2,56	2,26	2,01	1,79	1,61	1,45	1,31	1,19	1,08	0,98	0,90	0,82	0,76	
1,25	20,00	q_{d1}	12,99	11,51	10,27	9,21	8,32	7,54	6,87	6,29	5,78	5,32	4,92	4,56	4,24	3,96	3,70	3,46	3,25	3,05	2,88	2,72	2,57	
		q_{d2}	10,55	9,93	9,36	8,88	8,32	7,84	7,36	6,87	6,29	5,78	5,32	4,92	4,56	4,24	3,96	3,70	3,46	3,25	3,05	2,88	2,72	2,57
		q_k	9,57	7,98	6,72	5,72	4,90	4,23	3,68	3,22	2,84	2,51	2,23	1,99	1,79	1,61	1,45	1,32	1,20	1,09	1,00	0,91	0,84	
1,50	24,00	q_{d1}	15,86	14,05	12,53	11,25	10,15	9,21	8,39	7,68	7,05	6,50	6,01	5,57	5,18	4,83	4,51	4,23	3,97	3,73	3,51	3,32	3,13	
		q_{d2}	15,34	14,05	12,53	11,25	10,15	9,21	8,39	7,68	7,05	6,50	6,01	5,57	5,18	4,83	4,51	4,23	3,97	3,73	3,51	3,32	3,13	
		q_k	11,55	9,63	8,11	6,89	5,91	5,11	4,44	3,89	3,42	3,03	2,69	2,40	2,15	1,94	1,75	1,59	1,44	1,32	1,20	1,10	1,01	

$$q_{Rd;plech} := 5.78 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{Rk;plech} := 2.84 \frac{kN}{m^2}$$

Posouzení

Únosnost plechu:

$$q_{Ed,1;střecha} = 3.789 \frac{kN}{m^2} < q_{Rd;plech} = 5.78 \frac{kN}{m^2}$$

Podmínka pro mezní průhyb:

$$\delta_2 \leq \frac{L}{200}$$

$$q_{Ek;střecha} = 2.585 \frac{kN}{m^2} < q_{Rk;plech} = 2.84 \frac{kN}{m^2}$$

Trapézový plech TR160/250 tl. 1,25 mm - VYHOVUJE.

3.2 TRAPÉZOVÝ PLECH SPOJITĚ ULOŽENÝ

Navrhuji trapézový plech TR160/250/1,00 v pozitivní poloze.
Statické schéma je spojitý nosník o dvou polích a rozponu 6 m.

Skladba střešního pláště

Vrstva	Tloušťka	Hmotnost	Vlastní tíha
	[m]	[kg/m ³]	[kN/m ²]
Hydroizolační fólie	0,0018	-	0,002
Tepelná izolace ISOVER S	0,060	160	0,096
Tepelná izolace ISOVER T	0,180	160	0,288
Parozábrana	0,00015	-	0,002
Trapézový plech TR160/250/1,00	-	-	0,160
	Σ	q_{k,střecha}	0,548

Posouzení trapézového plechu TR160/250 tloušťky 1,00 mm
Parametry

$$f_{y,k} := 320 \text{ MPa}$$

$$\text{Hmotnost } m_{\text{trapéz}} := 16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$L := 6 \text{ m}$$

Stálé zatížení

$$q_{k;střecha;s2} := 0.548 \frac{kN}{m^2}$$

Klimatické zatížení

Sníh

$$q_{k;snih} := 1.9 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{výjimečné navátí sněhu})$$

Vítr

$$w_{e,F} := -1.447 \text{ kPa} \quad (\text{sání shora})$$

$$w_{e,I} := 0.161 \text{ kPa} \quad (\text{tlak shora}) \quad \psi := 0.6$$

Kombinace

MSÚ

KZS1: Stálé + sníh + vítr (tlak shora)

$$q_{Ed;1;střecha} := q_{k;střecha;s2} \cdot 1.35 + q_{k;snih} \cdot 1.5 + \psi \cdot w_{e;I} \cdot 1.5 = 3.735 \frac{kN}{m^2}$$

KZS2: Stálé + vítr (sání shora)

$$q_{Ed;2;střecha} := q_{k;střecha;s2} \cdot 1.0 + w_{e;F} \cdot 1.5 = -1.623 \frac{kN}{m^2}$$

MSP

$$q_{Ek;střecha} := q_{k;střecha;s2} + q_{k;snih} + \psi \cdot w_{e;I} = 2.545 \frac{kN}{m^2}$$

Únosnost

t _N [mm]	g [kg/m ²]		Rozpětí [m]																				
			4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,25	8,50	8,75	9,00
0,75	12,00	q _{Ed1}	4,75	4,30	3,92	3,59	3,29	3,04	2,81	2,61	2,42	2,26	2,11	1,98	1,86	1,75	1,65	1,56	1,47	1,40	1,32	1,26	1,20
		q _{Ed2}	4,40	4,00	3,65	3,35	3,08	2,85	2,64	2,45	2,28	2,13	2,00	1,88	1,76	1,66	1,57	1,48	1,40	1,33	1,26	1,20	1,14
		q _k	12,87	10,73	9,04	7,69	6,59	5,69	4,95	4,33	3,81	3,37	3,00	2,68	2,40	2,16	1,95	1,77	1,61	1,47	1,34	1,23	1,13
0,88	14,08	q _{Ed1}	6,32	5,72	5,20	4,76	4,36	4,02	3,71	3,44	3,20	2,98	2,79	2,61	2,45	2,30	2,17	2,05	1,93	1,83	1,74	1,65	1,56
		q _{Ed2}	5,86	5,32	4,85	4,45	4,09	3,77	3,49	3,24	3,02	2,82	2,64	2,47	2,32	2,19	2,06	1,95	1,85	1,75	1,66	1,58	1,50
		q _k	15,79	13,16	11,09	9,43	8,08	6,98	6,07	5,32	4,68	4,14	3,68	3,29	2,95	2,65	2,40	2,17	1,97	1,80	1,65	1,51	1,39
1,00	16,00	q _{Ed1}	7,93	7,17	6,52	5,96	5,46	5,03	4,64	4,30	4,00	3,72	3,48	3,25	3,05	2,87	2,70	2,55	2,41	2,28	2,15	2,03	1,92
		q _{Ed2}	7,36	6,68	6,09	5,57	5,12	4,72	4,37	4,06	3,78	3,52	3,30	3,09	2,90	2,73	2,57	2,43	2,30	2,18	2,07	1,97	1,87
		q _k	18,30	15,26	12,86	10,93	9,37	8,10	7,04	6,16	5,42	4,80	4,27	3,81	3,42	3,07	2,78	2,52	2,29	2,09	1,91	1,75	1,61
1,13	18,08	q _{Ed1}	9,74	8,81	8,00	7,30	6,69	6,15	5,68	5,26	4,88	4,54	4,24	3,97	3,72	3,50	3,29	3,10	2,91	2,74	2,58	2,44	2,31
		q _{Ed2}	9,06	8,21	7,47	6,84	6,28	5,79	5,35	4,96	4,62	4,30	4,02	3,77	3,54	3,33	3,14	2,96	2,80	2,65	2,52	2,39	2,27
		q _k	20,78	17,32	14,59	12,41	10,64	9,19	7,99	6,99	6,16	5,45	4,84	4,32	3,88	3,49	3,15	2,86	2,60	2,37	2,17	1,98	1,82
1,25	20,00	q _{Ed1}	11,32	10,22	9,27	8,45	7,74	7,11	6,55	6,06	5,63	5,23	4,88	4,56	4,28	4,00	3,74	3,50	3,29	3,09	2,91	2,75	2,60
		q _{Ed2}	10,53	9,53	8,67	7,92	7,27	6,69	6,18	5,73	5,33	4,96	4,64	4,34	4,07	3,83	3,61	3,40	3,22	3,05	2,89	2,74	2,60
		q _k	23,06	19,23	16,20	13,77	11,81	10,20	8,87	7,76	6,83	6,05	5,37	4,80	4,30	3,87	3,50	3,17	2,88	2,63	2,40	2,20	2,02
1,50	24,00	q _{Ed1}	14,53	13,08	11,84	10,77	9,83	9,02	8,30	7,66	7,04	6,49	6,01	5,57	5,18	4,83	4,52	4,23	3,97	3,74	3,52	3,32	3,14
		q _{Ed2}	13,54	12,22	11,09	10,11	9,26	8,51	7,85	7,26	6,74	6,27	5,85	5,47	5,13	4,81	4,52	4,23	3,97	3,74	3,52	3,32	3,14
		q _k	27,81	23,19	19,53	16,61	14,24	12,30	10,70	9,36	8,24	7,29	6,48	5,79	5,19	4,67	4,22	3,82	3,48	3,17	2,90	2,66	2,44

$$q_{Rd;plech} := 4.00 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{Rk;plech} := 5.42 \frac{kN}{m^2}$$

Posouzení

Únosnost plechu:

$$q_{Ed;1;střecha} = 3.735 \frac{kN}{m^2} < q_{Rd;plech} = 4 \frac{kN}{m^2}$$

Podmínka pro mezní průhyb:

$$\delta_2 \leq \frac{L}{200}$$

$$q_{Ek;střecha} = 2.545 \frac{kN}{m^2} < q_{Rk;plech} = 5.42 \frac{kN}{m^2}$$

Trapézový plech TR160/250 tl. 1,00 mm - VYHOVUJE.

3.3 TRAPÉZOVÝ PLECH MARKÝZA

Navrhuji trapézový plech TR40S/160/1,00 symetrický.

Statické schéma je spojitý nosník o dvou polích a rozponu 2,2 m.

Posouzení trapézového plechu TR40S/160 tloušťky 1,00 mm

Parametry

$$f_{y;k} := 320 \text{ MPa}$$

$$\text{Hmotnost } m_{\text{trapéz}} := 10.42 \frac{kg}{m^2}$$

$$L := 6 \text{ m}$$

Stálé zatížení

$$q_{k;střecha;m} := 0.1042 \frac{kN}{m^2}$$

Klimatické zatížení

Sníh

$$q_{k;sníh} := 3.6 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{navátí sněhu markýza})$$

Vítr

$$w_{e;C} := -1.769 \text{ kPa} \quad (\text{sání})$$

$$w_{e;D} := 0.563 \text{ kPa} \quad (\text{tlak}) \quad \psi := 0.6$$

Kombinace

MSÚ

KZS1: Stálé + sníh + vítr (tlak)

$$q_{Ed;1;střecha} := q_{k;střecha;m} \cdot 1.35 + q_{k;sníh} \cdot 1.5 + \psi \cdot w_{e;D} \cdot 1.5 = 6.047 \frac{kN}{m^2}$$

KZS2: Stálé + vítr (sání)

$$q_{Ed;2;střecha} := q_{k;střecha;m} \cdot 1.0 + w_{e;C} \cdot 1.5 = -2.549 \frac{kN}{m^2}$$

MSP

$$q_{Ek;střecha} := q_{k;střecha;m} + q_{k;snih} + \psi \cdot w_{e,D} = 4.042 \frac{kN}{m^2}$$

Únosnost

t _N [mm]	g [kg/m ²]		Rozpětí [m]																											
			1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00							
0,63	6,56	q _{ed}	13,37	9,25	6,78	5,19	4,10	3,30	2,68	2,21	1,86	1,59	1,37	1,19	1,05	0,93	0,83	0,74	0,67	0,61	0,55	0,51	0,47							
		q _{ak}	11,43	8,05	6,00	4,65	3,71	3,03	2,52	2,13	1,83	1,58	1,37	1,19	1,05	0,93	0,83	0,74	0,67	0,61	0,55	0,51	0,47							
		q _k	30,33	15,53	8,99	5,66	3,79	2,66	1,94	1,46	1,12	0,88	0,71	0,58	0,47	0,40	0,33	0,28	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14							
0,75	7,81	q _{ed}	17,93	12,34	9,02	6,88	5,42	4,29	3,48	2,87	2,42	2,06	1,78	1,55	1,36	1,21	1,08	0,97	0,87	0,79	0,72	0,66	0,61							
		q _{ak}	15,38	10,79	8,01	6,19	4,93	4,02	3,34	2,82	2,41	2,06	1,78	1,55	1,36	1,21	1,08	0,97	0,87	0,79	0,72	0,66	0,61							
		q _k	38,43	19,67	11,39	7,17	4,80	3,37	2,46	1,85	1,42	1,12	0,90	0,73	0,60	0,50	0,42	0,36	0,31	0,27	0,23	0,20	0,18							
0,88	9,17	q _{ed}	23,40	16,04	11,69	8,90	6,88	5,44	4,41	3,65	3,07	2,61	2,25	1,96	1,73	1,53	1,36	1,22	1,11	1,00	0,91	0,84	0,77							
		q _{ak}	20,12	14,07	10,41	8,02	6,38	5,19	4,31	3,63	3,07	2,61	2,25	1,96	1,73	1,53	1,36	1,22	1,11	1,00	0,91	0,84	0,77							
		q _k	47,63	24,39	14,11	8,89	5,95	4,18	3,05	2,29	1,76	1,39	1,11	0,90	0,74	0,62	0,52	0,44	0,38	0,33	0,29	0,25	0,22							
1,00	10,42	q _{ed}	28,87	19,73	14,35	10,83	8,31	6,58	5,33	4,41	3,71	3,16	2,72	2,37	2,09	1,85	1,65	1,48	1,34	1,21	1,10	1,01	0,93							
		q _{ak}	24,89	17,35	12,81	9,85	7,82	6,36	5,27	4,41	3,71	3,16	2,72	2,37	2,09	1,85	1,65	1,48	1,34	1,21	1,10	1,01	0,93							
		q _k	56,46	28,91	16,73	10,53	7,06	4,96	3,61	2,71	2,09	1,64	1,32	1,07	0,88	0,74	0,62	0,53	0,45	0,39	0,34	0,30	0,26							
1,13	11,77	q _{ed}	35,23	24,01	17,42	12,95	9,94	7,87	6,38	5,28	4,43	3,78	3,26	2,84	2,50	2,21	1,97	1,77	1,60	1,45	1,32	1,21	1,11							
		q _{ak}	30,44	21,16	15,59	11,97	9,49	7,71	6,38	5,28	4,43	3,78	3,26	2,84	2,50	2,21	1,97	1,77	1,60	1,45	1,32	1,21	1,11							
		q _k	66,32	33,96	19,65	12,38	8,29	5,82	4,24	3,19	2,46	1,93	1,55	1,26	1,04	0,86	0,73	0,62	0,53	0,46	0,40	0,35	0,31							
1,25	13,02	q _{ed}	41,45	28,18	20,32	14,98	11,50	9,11	7,38	6,11	5,13	4,37	3,77	3,29	2,89	2,56	2,28	2,05	1,85	1,68	1,53	1,40	1,29							
		q _{ak}	35,88	24,89	18,30	14,03	11,11	9,01	7,38	6,11	5,13	4,37	3,77	3,29	2,89	2,56	2,28	2,05	1,85	1,68	1,53	1,40	1,29							
		q _k	75,32	38,56	22,32	14,05	9,42	6,61	4,82	3,62	2,79	2,19	1,76	1,43	1,18	0,98	0,83	0,70	0,60	0,52	0,45	0,40	0,35							

$$q_{Rd;plech} := 6.926 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{Rk;plech} := 5.38 \frac{kN}{m^2}$$

Posouzení

Únosnost plechu:

$$q_{Ed;1;střecha} = 6.047 \frac{kN}{m^2} < q_{Rd;plech} = 6.926 \frac{kN}{m^2}$$

Podmínka pro mezní průhyb:

$$\delta_2 \leq \frac{L}{200}$$

$$q_{Ek;střecha} = 4.042 \frac{kN}{m^2} < q_{Rk;plech} = 5.38 \frac{kN}{m^2}$$

Trapézový plech TR40S/160 tl. 1,00 mm - VYHOVUJE.

4. OBVODOVÝ PLÁŠŤ

Navrhuji stěnový panel KS1000 NF 170

Panely kladeny vodorovně.

Statické schéma je prostý nosník o jednom poli a rozponu 6 m.

Posouzení stěnového panelu KS1000 NF 170

Parametry

d = 170 mm

ext. plech tl. 0,6 mm

int. plech tl. 0,4 mm

Hmotnost $m_{plášť} := 15.23 \frac{kg}{m^2}$

Stálé zatížení

$q_{k;plášť} := 0.152 \frac{kN}{m^2}$

Klimatické zatížení

Vítr

$w_{e;A} := -0.965 \text{ kPa}$ (sání)

$w_{e;D} := 0.563 \text{ kPa}$ (tlak na stěnu)

Únosnost

		SÁNÍ							
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení							
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
prostý nosník ▲ — ▲	I.	12,17	8,61	7,03	6,09	5,44	4,97	4,60	4,31
	II.	12,17	8,61	7,03	6,09	5,44	4,97	4,60	4,31
	III.	12,17	8,61	7,03	6,09	5,44	4,97	4,60	4,31

		TLAK							
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení							
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
prostý nosník ▲ — ▲	I., II., III.	40	49	66	80	93	104	114	124
		14,64	11,05	9,02	7,81	6,99	6,38	5,91	5,53

Sání

$$q_{Rk;plášť} := 1.0 \frac{kN}{m^2} \quad \rightarrow \quad l_{max;podpor} := 6.09 \text{ m}$$

Tlak

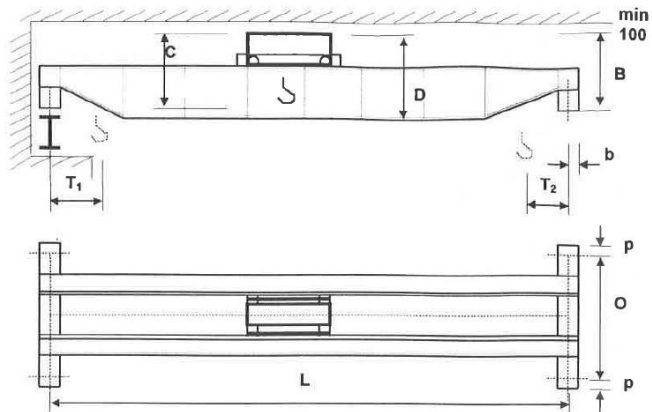
$$q_{Rk;plášť} := 0.75 \frac{kN}{m^2} \quad \rightarrow \quad l_{max;podpor} := 9.02 \text{ m}$$

Stěnový panel KS1000 NF 170, kladený vodorovně na rozpon 6 m - VYHOVUJE.

5. NOSNÍK JEŘÁBOVÉ DRÁHY

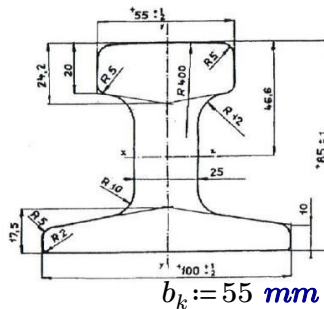
-pro 20t jeřáb

Údaje o jeřábu



Nosnost jeřábu	$Q_j := 200 \text{ kN}$	
Rozpětí jeřábu	$L_j := 23.5 \text{ m}$	
Rozvor kol příčnicku	$O := 4.4 \text{ m}$	
Vzdálenost osy kola od konce příčnicku	$p := 400 \text{ mm}$	
Vzdálenost osy kola od vnějšího líce jeřábu	$b := 240 \text{ mm}$	
Stavební výška jeřábu	$B := 1900 \text{ mm}$	
Konstrukční výška k háku	$C := 1315 \text{ mm}$	
	$D := 2080 \text{ mm}$	
Rychlost zdvihu	$V_z := 0.083 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	
Dojezdy kladkostroje	$T_1 := 1250 \text{ mm}$	$T_2 := 1150 \text{ mm}$
Instalovaný výkon motorů	$P := 18 \text{ kW}$	
Hmotnost kočky	$G_k := 20 \text{ kN}$	
Celková hmotnost jeřábu s kladkostrojem	$G_j := 194 \text{ kN}$	

Kolejnice



Šířka hlavy	$b_k := 55 \text{ mm}$
Hmotnost	$29.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
Plocha průřezu	37.7 cm^2
Moment setrvačnosti k ose průhybu x	$I_x := 309.5 \text{ cm}^4$
Průřezový modul k ose ohybu x	$w_x := 66.43 \text{ cm}^3$
Moment setrvačnosti k ose průhybu y	$I_y := 130.5 \text{ cm}^4$
Průřezový modul k ose ohybu y	$w_y := 26.1 \text{ cm}^3$
Statická hodnota ex	$c_x := 4.66 \text{ cm}$
Statická hodnota ey	$c_y := 3.84 \text{ cm}$

5.1 ZATÍŽENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY

5.1.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Zatížení jeřábové dráhy tvoří vlastní tíha nosníku jeřábové dráhy.

Stálé zatížení	g_k [kN/m]	γ_G	g_d [kN/m]
Vlastní tíha kolejnice	0,30	1,35	0,41
Vlastní tíha jeřábové dráhy-HEA400 (odhad)	1,25	1,35	1,69
Σ	1,55		2,09

5.1.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ

5.1.2.1 Svislá zatížení

Tíha jeřábu

Jako tíhu jeřábu se sestává z tíhy pohyblivých a pevných částí včetně strojního a elektrického zařízení konstrukce jeřábu bez prvků, které jsou uváděny do pohybu konstrukcí jeřábu.

Svislé síly od kol zatíženého jeřábu způsobené jeho vlastní tíhou

$$n_j := 2$$

$$Q_{C;r;max} := \frac{1}{n_j} \cdot \left(\frac{G_j - G_k}{2} + \frac{G_k \cdot (L_j - T_2)}{L_j} \right) = 53.011 \text{ kN}$$

$$Q_{C;r;max} := \frac{1}{n_j} \cdot \left(\frac{G_j - G_k}{2} + \frac{G_k \cdot T_2}{L_j} \right) = 43.989 \text{ kN}$$

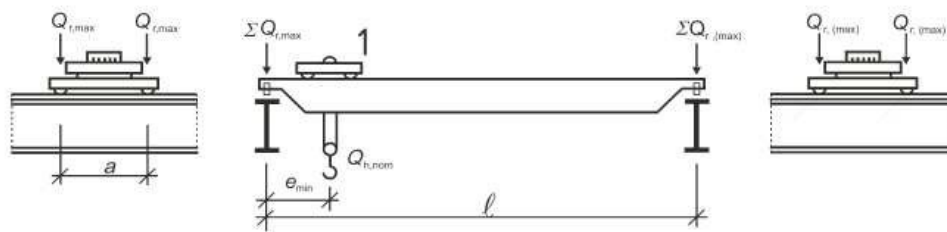
Svislé síly kol nezatíženého jeřábu

$$Q_{C;r;min} := Q_{C;r;max} = 43.989 \text{ kN}$$

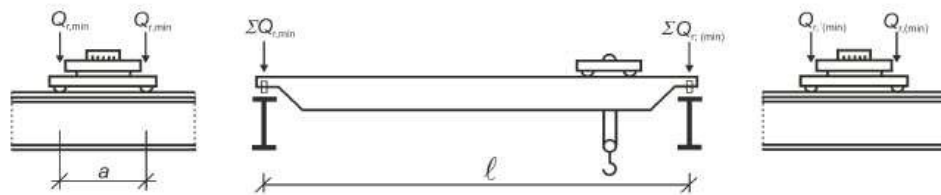
$$Q_{C;r;min} := Q_{C;r;max} = 53.011 \text{ kN}$$

Schéma uspořádání svislých sil je na obrázku níže.

Created



a) Uspořádání zatíženého jeřábu při maximálním zatížení nosníku jeřábové dráhy



b) Uspořádání zatíženého jeřábu při minimálním zatížení nosníku jeřábové dráhy

Zatížení kladkostroje

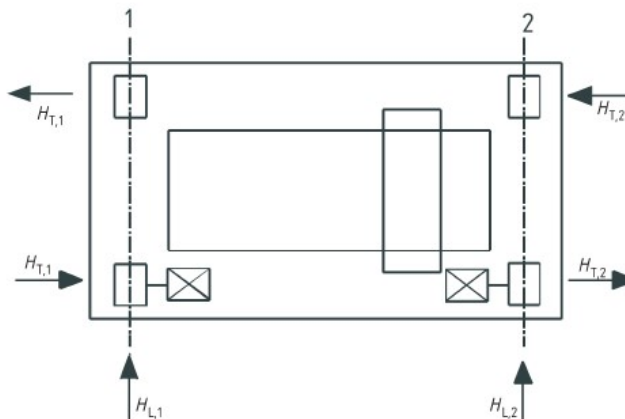
$$Q_{H,r;max} := \frac{1}{n_j} \cdot \frac{Q_j \cdot (L_j - T_2)}{L_j} = 95.106 \text{ kN}$$

$$Q_{H,r;max} := \frac{1}{n_j} \cdot \frac{Q_j \cdot T_2}{L_j} = 4.894 \text{ kN}$$

5.1.2.2 Vodorovná zatížení

Zrychlení mostu jeřábu

Schéma příčných a podélných vodorovných sil od kol, způsobených zrychlením a zpomalením je vyobrazeno na obrázku níže.



Hnací síla při pohonu jednotlivých kol

$$\mu := 0.2 \quad \text{Součinitel tření pro kombinaci ocel-ocel}$$

$$m_w := 2 \quad \text{Počet pohonů jednotlivých kol}$$

$$K := \mu \cdot m_w \cdot Q_{C;r;min} = 17.596 \text{ kN}$$

Síly vzniklé v podélném směru způsobené rozjezdem/bržděním jeřábu

$$n_r := 2 \quad \text{Počet větví jeřábové dráhy}$$

$$H_{L;i} = H_{L;1} = H_{L;2}$$

$$H_{L;i} := \frac{K}{n_r} = 8.798 \text{ kN}$$

Podíly vzdáleností těžiště jeřábu od osy jeřábové kolejnice a rozpětí jeřábu

$$\xi_1 = \frac{\sum Q_{r;max}}{\sum Q_r}$$

$$\xi_1 := \frac{n_j \cdot (Q_{C;r;max} + Q_{H;r;max})}{G_j + Q_j} = 0.752$$

$$\xi_2 := 1 - \xi_1 = 0.248$$

Moment hnací síly k těžišti jeřábu

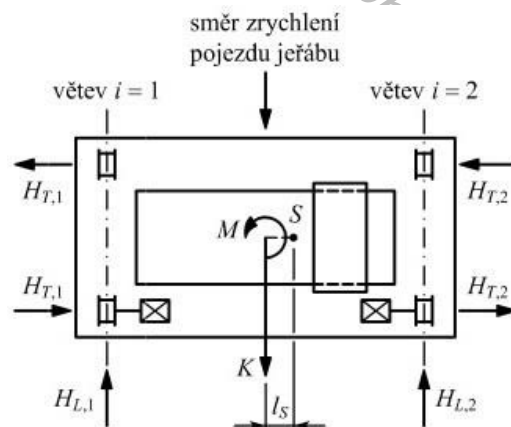
$$M = K \cdot l_s$$

$$M := K \cdot (\xi_1 - 0.5) \cdot L_j = 104.145 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

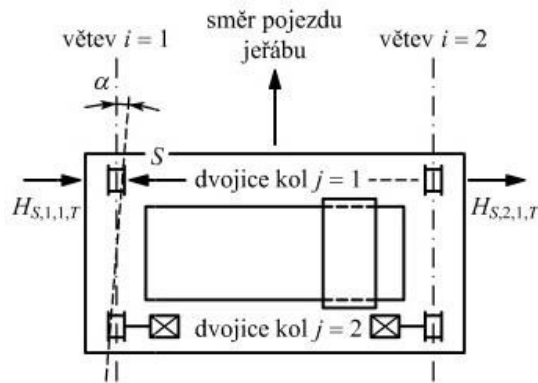
Síly vzniklé v příčném směru

$$H_{T;1} := \xi_1 \cdot \frac{M}{O} = 17.796 \text{ kN}$$

$$H_{T;2} := \xi_2 \cdot \frac{M}{O} = 5.873 \text{ kN}$$



Příčení mostu jeřábu



Součinitel síly od kola

kde $e_1 = 0$; $e_1 := 0 = 4.4 \text{ m}$; $h_j := 0 = 4.4 \text{ m}$

$$\lambda_{S;1;1;T} = \frac{\xi_2}{n_j} \cdot \left(1 - \frac{e_1}{h_j}\right) \quad \lambda_{S;1;1;T} := \frac{\xi_2}{n_j} = 0.124$$

$$\lambda_{S;2;1;T} = \frac{\xi_1}{n_j} \cdot \left(1 - \frac{e_1}{h_j}\right) \quad \lambda_{S;2;1;T} := \frac{\xi_1}{n_j} = 0.376$$

Vodorovné síly od příčení

$$f := 0.3 \quad \alpha := 0.015 \text{ rad}$$

$$Q_j = 200 \text{ kN}$$

$$H_{S;i;j;k} = f \cdot \lambda_{S;i;j;k} \cdot \Sigma Q_r$$

$$H_{S;1;1;T} := f \cdot \lambda_{S;1;1;T} \cdot (G_j + Q_j) = 14.665 \text{ kN}$$

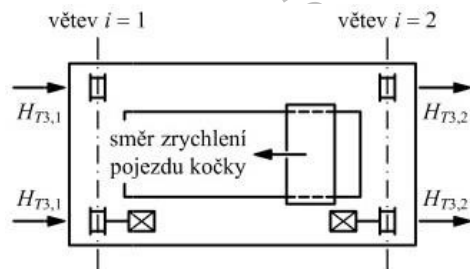
$$H_{S;2;1;T} := f \cdot \lambda_{S;2;1;T} \cdot (G_j + Q_j) = 44.435 \text{ kN}$$

Při výpočtu velikosti hnací síly se předpokládá, že je zabráněno protáčení hnacích kol.

Zrychlení kočky

$$H_{T3,1} := \frac{0.1}{2} \cdot (Q_j + G_k) \cdot \left(\frac{L_j - T_2}{L_j}\right) = 10.462 \text{ kN}$$

$$H_{T3,2} := \frac{0.1}{2} \cdot (Q_j + G_k) \cdot \left(\frac{T_2}{L_j}\right) = 0.538 \text{ kN}$$



5.1.2.3 Charakteristické hodnoty zatížení jeřábem

Dynamický součinitel	Uvažované účinky	Použije se pro
φ_1	Buzení vibrační konstrukcí jeřábu při zvednutí zatížení kladkostroje ze země	Vlastní tíhu jeřábu
φ_2	Dynamické účinky zatížení kladkostroje při zvedání ze země k jeřábu	Zatížení kladkostroje
φ_4	Dynamické účinky vznikající při pojezdu na jeřábových drahách	Vlastní tíha jeřábu a zatížení kladkostroje
φ_5	Dynamické účinky vyvolané hnacími silami	Hnací síly
φ_7	Dynamický pružný účinek nárazu na nárazníky	Síly na nárazníky

$$\varphi_1 := 1.1$$

Za předpokladu dosažení horní hladiny rázového zatížení

Třída zvedacích zařízení	β_2	$\varphi_{2,min}$
HC1	0,17	1,05
HC2	0,34	1,10
HC3	0,51	1,15
HC4	0,68	1,20

POZNÁMKA Aby byly uváženy dynamické účinky při přemístění břemene ze země na jeřáb, jsou jeřáby zařazeny do tříd zdvihadel HC1 až HC4. Výběr závisí na konkrétním typu jeřábu, viz doporučení v příloze B.

Skladové jeřáby - s občasným provozem

$$\beta_2 := 0.34$$

$$\varphi_{2,min} := 1.10$$

$$V_z := 0.083$$

$$\varphi_2 := \varphi_{2,min} + \beta_2 \cdot V_z = 1.128$$

$$\varphi_4 := 1.0$$

Za předpokladu dodržení tolerancí kolejnicové dráhy

$$\varphi_5 := 1.5$$

Za předpokladu pozvolna měnící se hnací síly

$$\varphi_{6,1} := 1.0$$

Pro statické zkušební zatížení

$$\varphi_{6,2} := 0.5 \cdot (1 + \varphi_2) = 1.064$$

Pro dynamické zkušební zatížení

	Značka	Kapitola	Skupina zatížení										
			Mezní stav únosnosti								Zkušební zatížení	Mimofádná	
			1	2	3	4	5	6	7	8			
1	Vlastní tíha jeřábu	Q_C	2.6	φ_1	φ_1	1	φ_4	φ_4	φ_4	1	φ_1	1	1
2	Zatížení kladkostroje	Q_H	2.6	φ_2	φ_3	-	φ_4	φ_4	φ_4	η^{-1}	-	1	1
3	Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	2.7	φ_5	φ_5	φ_5	φ_5	-	-	-	φ_5	-	-
4	Přičení mostu jeřábu	H_S	2.7	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
5	Zrychlení nebo brzdění kočky nebo pojízdného kladkostroje	H_{T3}	2.7	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
6	Vítr při provozu	F_W^*	Příloha A	1	1	1	1	1	-	-	1	-	-
7	Zkušební zatížení	Q_T	2.10	-	-	-	-	-	-	-	φ_6	-	-
8	Síly na nárazník	H_B	2.11	-	-	-	-	-	-	-	-	φ_7	-
9	Klopné síly	H_{T_A}	2.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

POZNÁMKA Vítr při provozu – viz příloha A.

¹⁾ η je část zatížení kladkostroje, která zůstává, když je odstraněno užitečné zatížení, ale není zahrnuta do vlastní tíhy jeřábu.

5.1.2.4 Kombinační součinitele pro zatížení jeřáby

Pro jediný jeřáb nebo skupiny zatížení od jeřábů jsou kombinační součinitele:

$$\psi_0 := 1.0$$

$$\psi_1 := 0.9$$

$$\psi_2 := \frac{G_j}{G_j + Q_j} = 0.492$$

5.1.3 ÚNAVOVÉ ZATÍŽENÍ

Ekvivalentní únavové zatížení jedním kolem zatíženého jeřábu Q_e pro počet zatěžovacích cyklů $N_c = 2.0 \cdot 10^6$ cyklů.

$$Q_e = \varphi_{fat} \cdot \lambda \cdot Q_{r,max}$$

$$\varphi_{fat;1} := \frac{1 + \varphi_1}{2} = 1.05 \quad \varphi_{fat;2} := \frac{1 + \varphi_2}{2} = 1.064$$

Kategorie S	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
normálové napětí	0,198	0,250	0,315	0,397	0,500	0,630	0,794	1,000	1,260	1,587
smykové napětí	0,379	0,436	0,500	0,575	0,660	0,758	0,871	1,000	1,149	1,320

$$\lambda_\sigma := 0.500 \quad - \text{způsobeno rozkmitem normálového napětí}$$

$$\lambda_\tau := 0.660 \quad - \text{způsobeného rozkmitem smykového napětí}$$

Ekvivalentní únavové zatížení

$$Q_{e;\sigma} := \varphi_{fat;1} \cdot \lambda_\sigma \cdot Q_{C;r,max} + \varphi_{fat;2} \cdot \lambda_\sigma \cdot Q_{H;r,max} = 78.432 \text{ kN}$$

$$Q_{e;\tau} := \varphi_{fat;1} \cdot \lambda_\tau \cdot Q_{C;r,max} + \varphi_{fat;2} \cdot \lambda_\tau \cdot Q_{H;r,max} = 103.531 \text{ kN}$$

Součinitel ekvivalentního poškození pro kategorii únavových účinků S₅

$$\lambda_{\sigma;loc} := 0.630$$

$$\lambda_{\tau;loc} := 0.758$$

Ekvivalentní zatížení poškození únavou

$$Q_{e;\sigma} := \varphi_{fat;1} \cdot \lambda_{\sigma;loc} \cdot Q_{C;r,max} + \varphi_{fat;2} \cdot \lambda_{\sigma;loc} \cdot Q_{H;r,max} = 98.825 \text{ kN}$$

$$Q_{e;\tau} := \varphi_{fat;1} \cdot \lambda_{\tau;loc} \cdot Q_{C;r,max} + \varphi_{fat;2} \cdot \lambda_{\tau;loc} \cdot Q_{H;r,max} = 118.904 \text{ kN}$$

5.2 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

Statický model nosníku jeřábové dráhy je prostý nosník o rozpětí 6 m. Nosník jeřábové dráhy je jako plnostěnný z válcovaného profilu HEA.

5.2.1 VNITŘNÍ SÍLY OD SVISLÉHO ZATÍŽENÍ

Účinky svislých tlaků od kol

Návrhové hodnoty maximálních svislých sil namáhajících hlavní jeřábový nosník

$$\gamma_{G;sup} := 1.35 \quad \gamma_{Q;sup} := 1.35$$

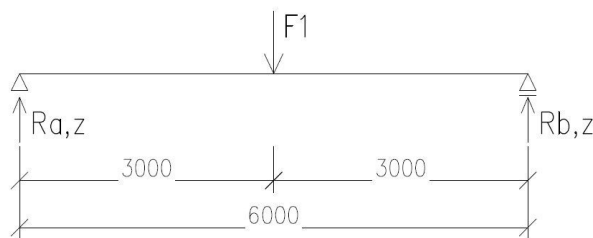
$$F_1 := \gamma_{Q;sup} \cdot (\varphi_1 \cdot Q_{C;r;max} + \varphi_2 \cdot Q_{H;r;max}) = 223.577 \text{ kN}$$

$$F_5 := \gamma_{Q;sup} \cdot (\varphi_4 \cdot Q_{C;r;max} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r;max}) = 199.958 \text{ kN}$$

$$F_6 := \gamma_{Q;sup} \cdot (\varphi_4 \cdot Q_{C;r;max} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r;max}) = 199.958 \text{ kN}$$

Zatěžovací stav č.1

Maximální ohybový moment, vzhledem k rozvoru kol 4,4 m a rozponu 6 m, nastává v případě, kdy se jedno kolo nachází v polovině nosníku a druhé kolo je již na nosníku sousedního pole.



$$l_d := 6 \text{ m}$$

Skupina zatížení č.1

$$R_{1;a;z} := \frac{F_1}{2} = 111.789 \text{ kN}$$

$$R_{1;b;z} := R_{1;a;z} = 111.789 \text{ kN}$$

$$V_{1;Ed;z;max} := R_{1;a;z} = 111.789 \text{ kN}$$

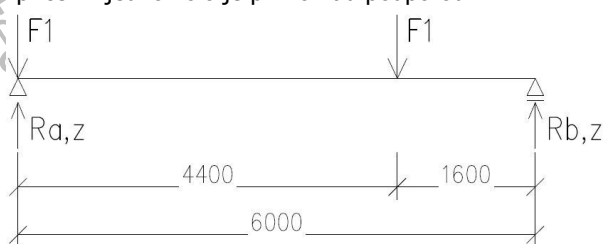
$$M_{1;Ed;y} := \frac{F_1 \cdot l_d}{4} = 335.366 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vnitřní síly pro skupinu zatížení č. 5, 6 jsou vypočteny stejným postupem jako vnitřní síly pro skupinu č. 1

Vnitřní síla	Skupina zatížení		
	1	5	6
R _{a,z} [kN]	111,789	99,979	99,979
R _{b,z} [kN]	111,789	99,979	99,979
V _{i,Ed,z,max} [kN]	111,789	99,979	99,979
M _{i,Ed,y} [kNm]	335,366	299,937	299,937

Zatěžovací stav č.2

Maximální posouvající síla pak nastává v případě, kdy se obě kola nachází na jednom nosníku přičemž jedno kolo je přímo nad podporou.



Skupina zatížení č.2

$$R_{2;a;z} := \frac{F_1 \cdot (1.6 + 6)}{6} = 283.198 \text{ kN}$$

$$R_{2;b;z} := \frac{F_1 \cdot 4.4}{6} = 163.956 \text{ kN}$$

$$V_{2;Ed;z;max} := R_{2;a;z} = 283.198 \text{ kN}$$

$$M_{2;Ed;y} := R_{2;b;z} \cdot 1.6 \text{ m} = 262.33 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vnitřní síly pro skupinu zatížení č. 5, 6 jsou vypočteny stejným postupem jako vnitřní síly pro skupinu č. 2

Vnitřní síla	Skupina zatížení		
	1	5	6
R _{a,z} [kN]	283,198	253,280	253,280
R _{b,z} [kN]	163,956	146,636	146,636
V _{i,Ed,z,max} [kN]	283,198	253,280	253,280
M _{i,Ed,y} [kNm]	262,330	234,617	234,617

Účinky stálého zatížení (vlastní tíha JD)

$$g_{k;JD} := 1.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_{d;JD} := 2.09 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{g;Ed;z} := \frac{1}{2} \cdot g_{d;JD} \cdot l_d = 6.27 \text{ kN}$$

$$M_{g;Ed;y} := \frac{1}{8} \cdot g_{d;JD} \cdot l_d^2 = 9.405 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY OD SVISLÉHO ZATÍŽENÍ

Pro výpočet vnitřních sil od svislého zatížení bude vybrána vždy maximální hodnota vnitřní síly ze zatěžovacích stavů 1 a 2.

$$V_{1;c;Ed;z} := V_{2;Ed;z;max} + V_{g;Ed;z} = 289.468 \text{ kN}$$

$$M_{1;c;Ed;y} := M_{1;Ed;y} + M_{g;Ed;y} = 344.771 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vnitřní síly pro skupinu zatížení č. 5, 6 jsou vypočteny stejným postupem jako výsledné vnitřní síly

Vnitřní síla	Skupina zatížení		
	1	5	6
V _{i,Ed,z,max} [kN]	289,468	259,550	259,550
M _{i,Ed,y,max} [kNm]	344,771	309,342	309,342

5.2.2 VNITŘNÍ SÍLY OD VODOROVNÉHO ZATÍŽENÍ

Zrychlení mostu jeřábu

Síly v podélném směru

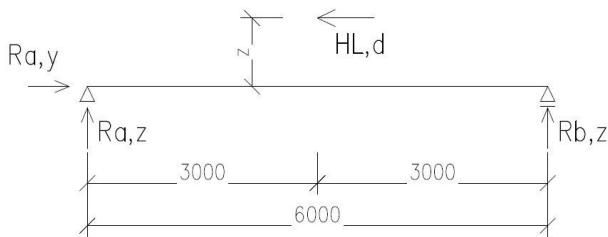
$$h_k := 85 \text{ mm} \quad (\text{výška kolejnice})$$

$$h_{JD} := 390 \text{ mm} \quad (\text{výška nosníku JD})$$

$$H_{L;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot \varphi_5 \cdot H_{L;i} = 17.816 \text{ kN}$$

$$z_{JD} := h_k + \frac{h_{JD}}{2} = 0.28 \text{ m}$$

Síla působí v místě působení síly pro maximální ohybový moment od svislého zatížení, tedy v polovině nosníku



$$R_{a,y} := H_{L;d} = 17.816 \text{ kN}$$

$$R_{a,z} := \frac{H_{L;d} \cdot z_{JD}}{l_d} = 0.831 \text{ kN}$$

$$R_{b,z} := -R_{a,z} = -0.831 \text{ kN}$$

$$N_{L;Ed;z} := R_{a,y} = 17.816 \text{ kN}$$

$$V_{L;Ed;z} := R_{a,z} = 0.831 \text{ kN}$$

$$M_{L;Ed;y} := R_{a,z} \cdot \frac{l_d}{2} = 2.494 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

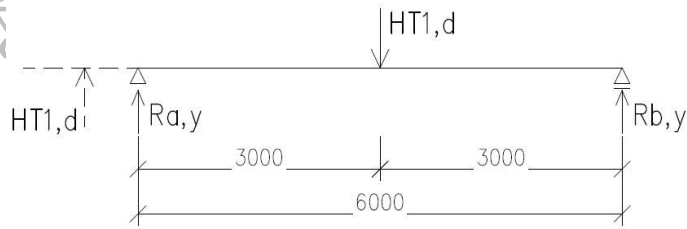
Síly v příčném směru

$$H_{T;1;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot \varphi_5 \cdot H_{T;1} = 36.037 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující})$$

$$H_{T;2;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot \varphi_5 \cdot H_{T;2} = 11.893 \text{ kN}$$

Zatěžovací stav

Pozice zatížení, která vyvolá největší ohybový moment, to je pokud se na nosníku bude nacházet pouze jedno kolo a to v polovině nosníku.



$$R_{a,y;1} := \frac{1}{2} \cdot H_{T;1;d} = 18.019 \text{ kN}$$

$$R_{b,y;1} := R_{a,y;1} = 18.019 \text{ kN}$$

$$V_{H;T;Ed;y} := R_{a,y;1} = 18.019 \text{ kN}$$

$$M_{H;T;Ed;z} := R_{a,y;1} \cdot \frac{l_d}{2} = 54.056 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Příčení mostu jeřábu

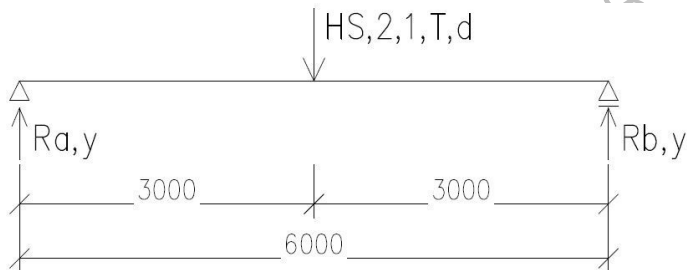
Návrhové zatěžovací síly

$$H_{S;1;1;T;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot H_{S;1;1;T} = 19.798 \text{ kN}$$

$$H_{S;2;1;T;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot H_{S;2;1;T} = 59.987 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující})$$

Zatěžovací stav

Síla působí pouze na jednom z dvojice kol, extrémní účinky tedy vyvolá pozice kola příčniku uprostřed.



$$R_{a,y;2} := \frac{1}{2} \cdot H_{S;2;1;T;d} = 29.994 \text{ kN}$$

$$V_{S;Ed;y} := R_{a,y;2} = 29.994 \text{ kN}$$

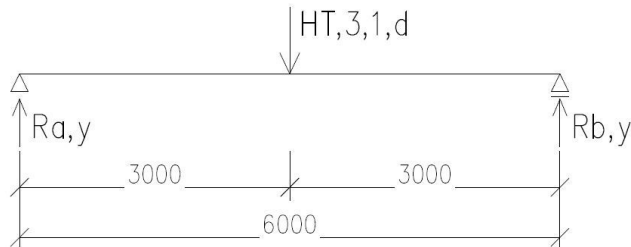
$$M_{S;Ed;z} := \frac{1}{4} \cdot H_{S;2;1;T;d} \cdot l_d = 89.981 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zrychlení kočky

$$H_{T;3;1;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot H_{T3;1} = 14.123 \text{ kN}$$

Zatěžovací stav č.1

Maximální ohybový moment, vzhledem k rozvoru kol 4,4 m a rozponu 6 m, nastává v případě, kdy se jedno kolo nachází v polovině nosníku a druhé kolo je již na nosníku sousedního pole.



Skupina zatížení č.1

$$R_{a;y;3} := \frac{H_{T;3;1;d}}{2} = 7.062 \text{ kN}$$

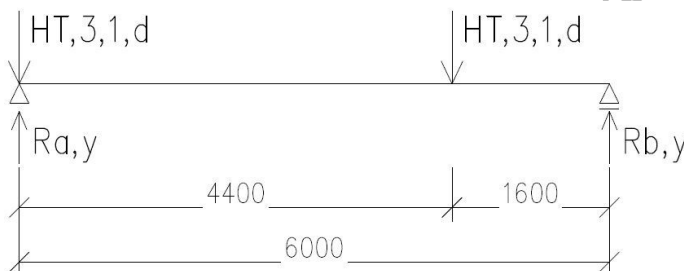
$$R_{b;y;3} := R_{a;y;3} = 7.062 \text{ kN}$$

$$V_{T;3;Ed;y;1} := R_{a;y;3} = 7.062 \text{ kN}$$

$$M_{T;3;Ed;z;1} := \frac{H_{T;3;1;d} \cdot l_d}{4} = 21.185 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatěžovací stav č.2

Maximální posouvající síla pak nastává v případě, kdy se obě kola nachází na jednom nosníku přičemž jedno kolo je přímo nad podporou.



Skupina zatížení č.2

$$R_{a;y;4} := \frac{H_{T;3;1;d} \cdot (1.6 + 6)}{6} = 17.89 \text{ kN}$$

$$R_{b;y;4} := \frac{H_{T;3;1;d} \cdot 4.4}{6} = 10.357 \text{ kN}$$

$$V_{T;3;Ed;y;2} := R_{a;y;4} = 17.89 \text{ kN}$$

$$M_{T;3;Ed;z;2} := R_{b;y;4} \cdot 1.6 \text{ m} = 16.571 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

5.2.3 PŘEHLED VYPOČTENÝCH NÁVRHOVÝCH HODNOT ZATÍŽENÍ

Výsledné posouvající síly ve svislém směru $V_{i,z}$ [kN]				
Zatížení	Značka	Skupina zatížení		
		Mezní stav únosnosti		
		1	5	6
Vlastní tíha jeřábu a Zatížení kladkostroje	$Q_c + Q_H$	289,468	259,550	259,550
Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	0,831	-	-
Příčení mostu jeřábu	H_s, S	-	0	-
Zrychlení kočky	H_{T3}	-	-	0
Síly na nárazník	H_B	-	-	-
Celkem		290,299	259,550	259,550

Výsledné ohybové momenty v ose y $M_{i,y}$ [kNm]				
Zatížení	Značka	Skupina zatížení		
		Mezní stav únosnosti		
		1	5	6
Vlastní tíha jeřábu a Zatížení kladkostroje	$Q_c + Q_H$	344,771	309,342	309,342
Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	2,494	-	-
Příčení mostu jeřábu	H_s, S	-	0	-
Zrychlení kočky	H_{T3}	-	-	0
Síly na nárazník	H_B	-	-	-
Celkem		347,265	309,342	309,342

Výsledné posouvající síly ve vodorovném směru $V_{i,y}$ [kN]				
Zatížení	Značka	Skupina zatížení		
		Mezní stav únosnosti		
		1	5	6
Vlastní tíha jeřábu a Zatížení kladkostroje	$Q_c + Q_H$	0	0	0
Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	18,019	-	-
Příčení mostu jeřábu	H_s, S	-	29,994	-
Zrychlení kočky	H_{T3}	-	-	17,89
Síly na nárazník	H_B	-	-	-
Celkem		18,019	29,994	17,890

Výsledné ohybové momenty v ose z $M_{i,z}$ [kNm]				
Zatížení	Značka	Skupina zatížení		
		Mezní stav únosnosti		
		1	5	6
Vlastní tíha jeřábu a Zatížení kladkostroje	$Q_C + Q_H$	0	0	0
Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	54,056	-	-
Příčení mostu jeřábu	H_S, S	-	89,981	-
Zrychlení kočky	H_{T3}	-	-	21,185
Síly na nárazník	H_B	-	-	-
Celkem		54,056	89,981	21,185

Výsledné návrhové hodnoty zatížení

Vnitřní síla	Skupina zatížení		
	1	5	6
$N_{i,Ed}$ [kN]	17,816	-	-
$V_{i,z,Ed}$ [kN]	290,299	259,550	259,550
$M_{i,y,Ed}$ [kNm]	347,265	309,342	309,342
$V_{i,y,Ed}$ [kN]	18,019	29,994	17,890
$M_{i,z,Ed}$ [kNm]	54,056	89,981	21,185

$$N_{1;Ed} := 17.816 \text{ kN}$$

$$V_{1;z;Ed} := 290.299 \text{ kN}$$

$$V_{5;z;Ed} := 259.550 \text{ kN}$$

$$V_{6;z;Ed} := 259.550 \text{ kN}$$

$$V_{1;y;Ed} := 18.019 \text{ kN}$$

$$V_{5;y;Ed} := 29.994 \text{ kN}$$

$$V_{6;y;Ed} := 17.890 \text{ kN}$$

$$M_{1;z;Ed} := 54.056 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{5;z;Ed} := 89.981 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{6;z;Ed} := 21.185 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{1;y;Ed} := 347.265 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{5;y;Ed} := 309.342 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{6;y;Ed} := 309.342 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

5.3 NÁVRH HLAVNÍHO NOSNÍKU JEŘÁBOVÉ DRÁHY - pro 20t jeřáb

Materiál

Ocel S355

$$E := 210000 \text{ MPa}$$

$$G := 81000 \text{ MPa}$$

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

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

modul pružnosti v tahu

modul pružnosti ve smyku

mez kluzu

mez pevnosti

Dílní součinitele spolehlivosti

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

$$\gamma_{M1} := 1.0$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

Navrhni hlavní nosník jeřábové dráhy jako svařovaný profil HEA 360 + 2x L120x12

$$b_{HEA} := 300 \text{ mm}$$

$$h := 350 \text{ mm}$$

$$t_w := 10.0 \text{ mm}$$

$$t_f := 17.5 \text{ mm}$$

$$d := 261 \text{ mm}$$

$$h_w := d = 261 \text{ mm}$$

$$m := 155.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$r_{HEA} := 27 \text{ mm}$$

$$b := 540 \text{ mm}$$

$$e_z := 136 \text{ mm}$$

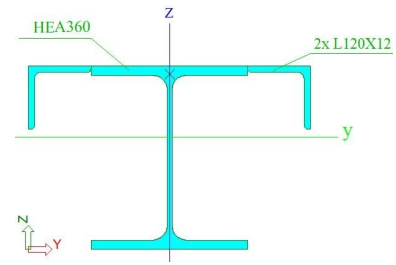
$$e_y := \frac{b}{2} = 270 \text{ mm}$$

$$A_L := 2750 \text{ mm}^2$$

$$r_L := 13 \text{ mm}$$

$$t_L := 12 \text{ mm}$$

$$b_L := 120 \text{ mm}$$



$$A := 19796 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} := 4896 \text{ mm}^2$$

$$W_{el,y} := 1949.1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,z} := 1456.1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} := 2449.2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} := 2102.8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 145 \text{ mm}$$

$$i_z := 141 \text{ mm}$$

$$I_y := 41760 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_z := 39316 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_t := 144.54 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w := 5156.1 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

Zatřídění stojiny

$$c_s := d$$

$$x := \frac{N_{1;Ed}}{t_w \cdot f_y} = 5.019 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.519$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{c_s}{t_w} = 26.1 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 56.034 \quad \text{--> Stojina splňuje podmínky 1. třídy}$$

Zatřídění pásnice

$$c_{p,h} := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r_{HEA} - r_L - t_L = 213 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{p,h}}{t_L} = 17.75 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26.849 \quad \text{--> Pásnice splňuje podmínky 1. třídy}$$

$$c_{p,L} := b_L - r_L - t_L = 95 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{p,L}}{t_L} = 7.917 \leq 10 \cdot \varepsilon = 8.136 \quad \text{--> Svislá část L průřezu splňuje podmínky 2. třídy}$$

5.4 POSOUZENÍ HLAVNÍHO NOSNÍKU JEŘÁBOVÉ DRÁHY

5.4.1 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI MSP

Statický model nosníku jeřábové dráhy je prostý nosník o rozpětí 6 m. Nosník jeřábové dráhy je svařovaného profilu HEA360 + 2x L120x12.

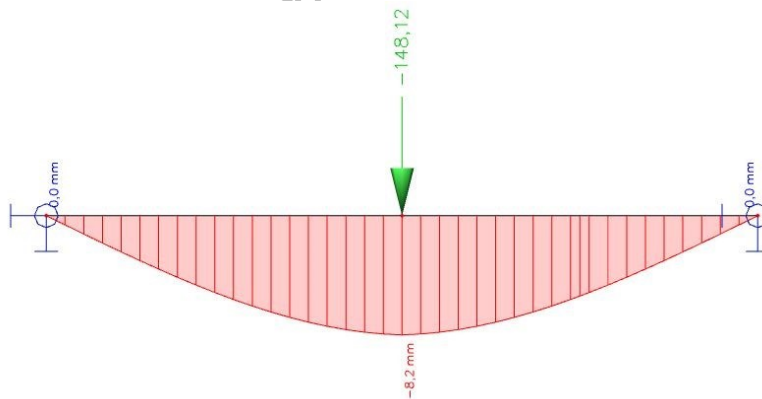
Svislá deformace

$$\delta_{lim;z} := \min\left(\frac{l_d}{600}, 25 \text{ mm}\right) = 10 \text{ mm}$$

$$F_k := Q_{C;r;max} + Q_{H;r;max} = 148.117 \text{ kN}$$

Výpočet je proveden pomocí softwaru Scia Engineer.

Zatěžovací stav



$$\delta_{1;z} := 8.2 \text{ mm} \quad \leq \quad \delta_{lim;z} = 10 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Vodorovná deformace

Maximální dovolený vodorovný průhyb ve směru osy y

$$\delta_{lim;y} := \frac{l_d}{600} = 10 \text{ mm}$$

Mezní stav použitelnosti pro skupinu zatížení č. 1

$$H_{T;1;char} := \varphi_5 \cdot H_{T;1} = 26.694 \text{ kN}$$

$$H_{T;2;char} := \varphi_5 \cdot H_{T;2} = 8.81 \text{ kN}$$

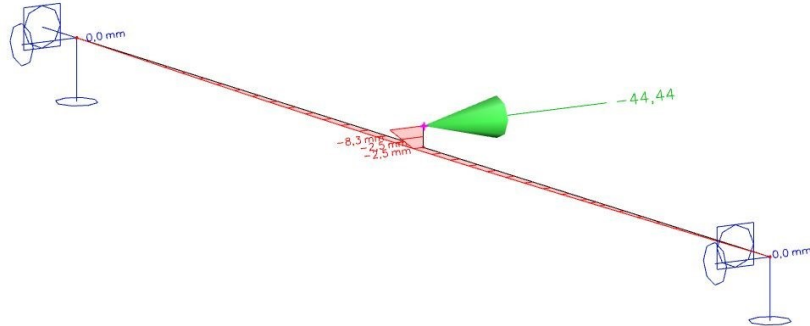
Mezní stav použitelnosti pro skupinu zatížení č. 5

$$H_{S;1;1;T;char} := 1.0 \cdot H_{S;1;1;T} = 14.665 \text{ kN}$$

$$H_{S;2;1;T;char} := 1.0 \cdot H_{S;2;1;T} = 44.435 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující})$$

Mezní stav použitelnosti pro skupinu zatížení č. 6

$$H_{T;3;1;char} := 1.0 \cdot H_{T;3;1} = 10.462 \text{ kN}$$



$$\delta_y := 8.3 \text{ mm} \leq \delta_{lim;y} = 10 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

5.4.2 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI MSÚ

Napětí ve spodních vláknech

$$\sigma_{1;s;Ed} := \frac{M_{1;y;Ed}}{I_y} \cdot e_z = 113.094 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{5;s;Ed} := \frac{M_{5;y;Ed}}{I_y} \cdot e_z = 100.744 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{6;s;Ed} := \frac{M_{6;y;Ed}}{I_y} \cdot e_z = 100.744 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max;s;Ed} := \max(\sigma_{1;s;Ed}, \sigma_{5;s;Ed}, \sigma_{6;s;Ed}) = 113.094 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max;s;Ed} = 113.094 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_{1;h;Ed} := \frac{M_{1;y;Ed}}{I_y} \cdot e_z + \frac{M_{1;z;Ed}}{I_z} \cdot e_y + \frac{N_{1;Ed}}{A} = 151.117 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{5;h;Ed} := \frac{M_{5;y;Ed}}{I_y} \cdot e_z + \frac{M_{5;z;Ed}}{I_z} \cdot e_y = 162.537 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{6;h;Ed} := \frac{M_{6;y;Ed}}{I_y} \cdot e_z + \frac{M_{6;z;Ed}}{I_z} \cdot e_y = 115.292 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max;h;Ed} := \max(\sigma_{1;h;Ed}, \sigma_{5;h;Ed}, \sigma_{6;h;Ed}) = 162.537 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max;h;Ed} = 162.537 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Interakce klopení a kroucení

Klopení

Bezrozměrný parametr kroucení

$$k_w := 1 \quad k_z := 1$$

$$k_{wt} := \frac{\pi}{k_w \cdot l_d} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = 1.592$$

Bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

$$z_s := 120 \text{ mm} \quad z_a := 136 \text{ mm} \quad z_g := z_a + h_k - z_s = 101 \text{ mm}$$

$$\zeta_g := \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot l_d} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = 1.404$$

Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

$$z_j := z_s - 0.5 \cdot \int_A (y^2 + z^2) \cdot z \, dA$$

$$z_j := 83.98 \text{ mm}$$

$$\zeta_j := \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot l_d} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = 1.168$$

Bezrozměrný kritický moment

$$C_{1.0} := 1.35 \quad C_{1.1} := 1.36$$

$$C_1 := C_{1.0} + (C_{1.1} - C_{1.0}) \cdot k_{wt} = 1.366$$

$$C_2 := 0.55$$

$$C_3 := 0.41$$

$$\mu_{cr} := \frac{C_1}{k_z} \cdot \left(\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right) = 2.198$$

Kritický moment

$$M_{y;cr} := \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{l_d} = (3.579 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el;y} \cdot f_y}{M_{y;cr}}} = 0.44$$

Součinitel klopení

$$\frac{h}{b} = 0.648 < 2 \Rightarrow \alpha_{LT} := 0.34 \quad (\text{křivka b}) \quad (\text{pro svařované průřezy})$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2) = 0.637$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0.91$$

Kroucení

$$e_{z1} := e_z + h_k - z_s = 101 \text{ mm}$$

$$e_{y1} := 0.25 \cdot b_k = 13.75 \text{ mm}$$

Parametr tuhosti při kroucení

$$K_t := L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot I_t}{E \cdot I_w}} = 1.973$$

Rozdělovací parametr

$$\alpha := 3.7 \quad \beta := 1.08$$

$$\kappa := \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_t}\right)^2} = 0.218$$

Bimoment vázaného kroucení

$$B_{1;Ed} := (M_{1;z;Ed} \cdot e_{y1} + M_{1;y;Ed} \cdot e_{z1}) \cdot (1 - \kappa) = 28.026 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$B_{5;Ed} := (M_{5;z;Ed} \cdot e_{y1} + M_{5;y;Ed} \cdot e_{z1}) \cdot (1 - \kappa) = 25.415 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$B_{6;Ed} := (M_{6;z;Ed} \cdot e_{y1} + M_{6;y;Ed} \cdot e_{z1}) \cdot (1 - \kappa) = 24.675 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

POSOUZENÍ INTERAKCE KLOPENÍ A KROUCENÍ

$$\omega_{max} := \frac{b \cdot h}{4} = (4.725 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk} := \frac{I_w}{\omega_{max}} \cdot f_y = 38.739 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Zatěžovací stav 1

$$k_{1;w} := 0.7 - \frac{0.2 \cdot B_{1;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.555$$

$$k_{1;zw} := 1 - \frac{M_{1;z;Ed}}{W_{el;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.895$$

$$k_{1;a} := \frac{1}{1 - \frac{M_{1;y;Ed}}{M_{y;cr}}} = 1.107$$

$$\frac{M_{1;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{1;z;Ed}}{W_{pl;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{1;w} \cdot k_{1;zw} \cdot k_{1;a} \cdot B_{1;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.9097 \leq 1$$

VYHOVUJE

Zatěžovací stav 5

$$k_{5;w} := 0.7 - \frac{0.2 \cdot B_{5;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.569$$

$$k_{5;zw} := 1 - \frac{M_{5;z;Ed}}{W_{el;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.826$$

$$k_{5;a} := \frac{1}{1 - \frac{M_{5;y;Ed}}{M_{y;cr}}} = 1.095$$

$$\frac{M_{5;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{5;z;Ed}}{W_{pl;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{5;w} \cdot k_{5;zw} \cdot k_{5;a} \cdot B_{5;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.849 \leq 1$$

VYHOVUJE

Zatěžovací stav 6

$$k_{6;w} := 0.7 - \frac{0.2 \cdot B_{6;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.573$$

$$k_{6;z;w} := 1 - \frac{M_{6;z;Ed}}{W_{el;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.959$$

$$k_{6;a} := \frac{1}{1 - \frac{M_{6;y;Ed}}{M_{y;cr}}} = 1.095$$

$$\frac{M_{6;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{6;z;Ed}}{W_{pl;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{6;w} \cdot k_{6;z;w} \cdot k_{6;a} \cdot B_{6;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.802 \quad \leq 1$$

VYHOVUJE

Interakce klopení, kroucení a vzpěru

Vzpěrné délky

$$L_{cr,y} := l_d = (6 \cdot 10^3) \text{ mm} \quad L_{cr,z} := l_d = (6 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Kritické štíhlosti

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 41.379 \quad \lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 42.553$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 76.399$$

$$\lambda_{y-} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.542 \quad \rightarrow \quad \chi_y := 0.866 \quad (\text{vzpěrnostní křivka b})$$

$$\lambda_{z-} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.557 \quad \rightarrow \quad \chi_z := 0.809 \quad (\text{vzpěrnostní křivka c})$$

Vzpěrná únosnost

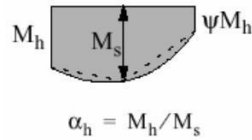
$$N_{b;Rd;y} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = (6.086 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{b;Rd;z} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = (5.685 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Součinitele ekvivalentního konstantního momentu

$$C_{my} := 0.90$$

$$C_{mz} := 0.90 \quad \alpha_h := 0$$



$$C_{mLT} := 0.90 + 0.10 \cdot \alpha_h = 0.9$$

Interakční součinitele

$$k_{yy} := \min \left(C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y-} - 0.2) \cdot \frac{N_{1;Ed}}{N_{b;Rd;y}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{1;Ed}}{N_{b;Rd;y}} \right) \right) = 0.901$$

$$k_{zy} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z-}}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{1;Ed}}{N_{b;Rd;z}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{1;Ed}}{N_{b;Rd;z}} \right) = 1$$

POSOUZENÍ INTERAKCE KLOPENÍ, KROUCENÍ A VZPĚRU

Skupina zatížení č.1

$$\frac{N_{1;Ed}}{N_{b;Rd;y}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{1;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{1;z;Ed}}{W_{pl;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{1,w} \cdot k_{1;zw} \cdot k_{1;a} \cdot B_{1;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.862 \leq 1$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{1;Ed}}{N_{b;Rd;z}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{1;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{1;z;Ed}}{W_{pl;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{1,w} \cdot k_{1;zw} \cdot k_{1;a} \cdot B_{1;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.905 \leq 1$$

VYHOVUJE

Skupina zatížení č.5

$$k_{yy} \cdot \frac{M_{5;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{5;z;Ed}}{W_{pl;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{5,w} \cdot k_{5;zw} \cdot k_{5;a} \cdot B_{5;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.798 \leq 1$$

VYHOVUJE

$$k_{zy} \cdot \frac{M_{5;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{5;z;Ed}}{W_{pl;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{5,w} \cdot k_{5;zw} \cdot k_{5;a} \cdot B_{5;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.837 \leq 1$$

VYHOVUJE

Skupina zatížení č.6

$$k_{yy} \cdot \frac{M_{6;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{6;z;Ed}}{W_{pl;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{6;w} \cdot k_{6;zw} \cdot k_{6;a} \cdot B_{6;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.761 \quad \leq 1$$

VYHOVUJE

$$k_{zy} \cdot \frac{M_{6;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{6;z;Ed}}{W_{pl;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{6;w} \cdot k_{6;zw} \cdot k_{6;a} \cdot B_{6;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.799 \quad \leq 1$$

VYHOVUJE

Lokální tlakové a smykové napětí

Moment setrvačnosti kolejničky k její vlastní vodorovné ose je roven hodnotě

$I_x = (3.095 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$, moment setrvačnosti I_r ale zahrnuje opotřeбенí kolejničky rovně 25% tloušťky materiálu pod pojižděným povrchem.

$$I_r := 2.79 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

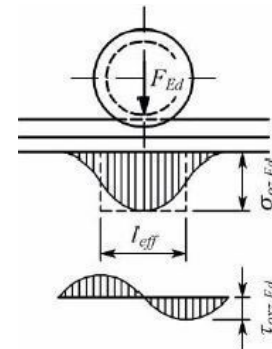
$$h_k = 85 \text{ mm} \quad b_r := 100 \text{ mm} \quad (\text{šířka paty kolejničky})$$

$$b_{eff} := b_r + 0.75 \cdot h_k + t_f = 181.25 \text{ mm}$$

$$I_{f;eff} := \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_f^3 = (8.095 \cdot 10^4) \text{ mm}^4$$

Účinná roznášecí délka pásnice

$$l_{eff} := 3.25 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_r + I_{f;eff}}{t_w}} = 214.4 \text{ mm}$$



POSOUZENÍ MAXIMÁLNÍHO SVISLÉHO NAPĚTÍ PRO MAXIMÁLNÍ SVISLOU SÍLU F_1

$$\sigma_{oz;Ed} := \frac{F_1}{l_{eff} \cdot t_w} = 104.28 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

LOKÁLNÍ SMYKOVÉ NAPĚTÍ - uvažuje se jako 20% maximálního svislého napětí

$$\tau_{oxz;Ed} := 0.2 \cdot \sigma_{oz;Ed} = 20.856 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 204.959 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

INTERAKCE NORMÁLOVÉHO A SMYKOVÉHO NAPĚTÍ

$$\sqrt{\sigma_{oz;Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{oxz;Ed}^2} = 110.36 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Interakce lokálního boulení a ohybového momentu

Lokální boulení

Jedná se o štíhlou stojinu, proto je potřeba posoudit, zda při lokálním zatížení nedojde ke ztrátě stability vlivem boulení. Návrhová zatěžovací síla F_{Ed} bude síla vyvozená skupinou zatížení č.1, jelikož se jedná o sílu největší.

Součinitel boulení

$$a := 6000 \text{ mm} \quad (\text{vzdálenost výtuh - výtuhy nad podporami})$$

$$k_f := 6 + 2 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6.004$$

Kritická síla při lokálním boulení

$$F_{cr} := 0.9 \cdot k_f \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{h_w} = (4.348 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Roznášecí délka na pásnici

$$s_s := l_{eff} - 2 \cdot t_f = 179.4 \text{ mm}$$

$$m_1 := \frac{b_{HEA}}{t_w} = 30$$

$$m_2 := 0$$

Účinná zatížená délka

$$l_y := s_s + 2 \cdot t_f \cdot \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right) = 406.103 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_F := \sqrt{\frac{l_y \cdot t_w \cdot f_y}{F_{cr}}} = 0.576$$

Součinitel lokálního boulení

$$\chi_F := \frac{0.5}{\lambda_F} = 0.868 \leq 1.0$$

Účinná délka

$$L_{eff} := \chi_F \cdot l_y = 352.612 \text{ mm}$$

Únosnost při lokálním boulení stojiny

$$F_{Rd} := \frac{f_y \cdot L_{eff} \cdot t_w}{\gamma_{M1}} = (1.252 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

POSOUZENÍ SPOLEHLIVOSTI PRO LOKÁLNÍ BOULENÍ

$$F_{Ed} := F_1 = 223.577 \text{ kN} \leq F_{Rd} = (1.252 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

VYHOVUJE

INTERAKCE LOKÁLNÍHO BOULENÍ A OHYBOVÉHO MOMENTU

$$M_{Ed} := M_{1;y;Ed} = 347.265 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{pl;Rd} := W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 869.466 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} + 0.8 \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{pl;Rd}} = 0.498 \leq 1.4$$

VYHOVUJE

Globální smykové napětí

Při výpočtu globálního smykového napětí zanedbáme smykové napětí od kroucení a budeme uvažovat extrémní návrhovou posouvající sílu $V_{1;z;Ed}$, která je vyvozena skupinou zatížení č.1

Statický moment horní pásnice k těžišťové ose y

$$S_{f;y} := b \cdot t_f \cdot \left(e_z - \frac{t_f}{2} \right) = (1.203 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

POSOUZENÍ

$$\tau_{v;Ed} := \frac{V_{1;z;Ed} \cdot S_{f;y}}{I_y \cdot t_w} = 83.594 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 204.959 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

5.4.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI FAT (Únava)

Doporučené hodnoty dílčích součinitelů únavové pevnosti

Metoda hodnocení	Důsledky porušení	
	Mírné	závažné
Přípustná poškození	1,00	1,15
Bezpečná životnost	1,15	1,35

$$\gamma_{Mf} := 1.15$$

Kategorie detailů pro posouzení na únavu

Popis detailu	Odkaz na ČSN EN 1993-1-9	Kategorie detailu
Základní materiál horní pásnice v místě přivařených vodících plechů kolejnice	Tab. 8.5. č.6	56
Základní materiál stojiny s přivařenou výztuhou v místě podpor	Tab. 8.4. č.7	80
Základní materiál horní pásnice v místě přivařených L profilů	Tab. 8.2.	112

Rozhodující bude posouzení **Základního materiálu horní pásnice v místě přivařených vodících plechů kolejnice.**

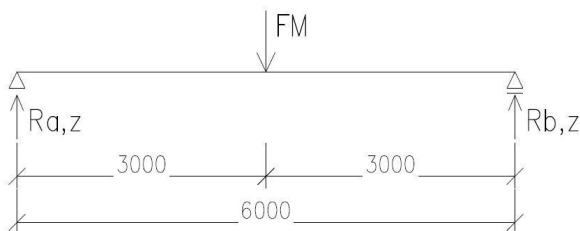
Referenční únavová pevnost

$$\Delta\sigma_C := 56 \text{ MPa}$$

Břemeno představující konstantní rozkmit proměnlivého zatížení v ekvivalentním návrhovém spektru

$$F_M := Q_{e,\sigma} = 98.825 \text{ kN} \quad (\text{viz str. 22})$$

Pro výpočet ekvivalentního ohybového momentu bude uvažován zatěžovací stav vyvolující největší ohybový moment, tj. ZS1



$$R_{ú,a;z} := \frac{F_M}{2} = 49.412 \text{ kN}$$

$$R_{ú,b;z} := R_{ú,a;z} = 49.412 \text{ kN}$$

$$\Delta V_{E2} := R_{ú,a;z} = 49.412 \text{ kN}$$

$$\Delta M_{E2} := \frac{R_{ú,a;z} \cdot l_d}{4} = 74.119 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ekvivalentní konstantní rozkmit jmenovitého napětí

$$\Delta\sigma_{E2} := \frac{\Delta M_{E2}}{W_{el;y}} = 38.027 \text{ MPa}$$

Únavové poškození

$$\gamma_{Ff} := 1.0$$

$$D_\sigma := \gamma_{Ff}^3 \cdot \Delta\sigma_{E2}^3 \cdot \left(\frac{\gamma_{Mf}}{\Delta\sigma_C} \right)^3 = 0.476 \leq 1.0$$

VYHOVUJE

POSOUZENÍ STOJINY PRO ROZKMIT HLAVNÍHO NAPĚTÍ OD OHYBOVÉHO MOMENTU A POSOUVAJÍCÍ SÍLY

Referenční únavová pevnost

$$\Delta\sigma_C := 80 \text{ MPa}$$

Rozhodující vnitřní síly

$$\Delta V_{E2} = 49.412 \text{ kN}$$

$$\Delta M_{E2} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ekvivalentní konstantní rozkmit jmenovitého napětí

z=z-ová souřadnice posuzovaného detailu (spoj pásnice - stojina)

$$z := \frac{h - 2 \cdot t_f}{2} = 157.5 \text{ mm}$$

$$\Delta\sigma_{E2}; := \frac{\Delta M_{E2}}{I_y} \cdot z = 0 \text{ MPa}$$

Ekvivalentní konstantní rozkmit jmenovitého smykového napětí

$$S_y := \frac{h - t_f}{2} \cdot t_f \cdot b = (1.571 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\tau_{E2} := \frac{\Delta V_{E2} \cdot S_y}{I_y \cdot t_w} = 18.59 \text{ MPa}$$

Rozkmit hlavního napětí

$$\Delta \sigma_{eq;E2} := \frac{1}{2} \cdot \left(\Delta \sigma_{E2} + \sqrt{\Delta \sigma_{E2}^2 + 4 \cdot \tau_{E2}^2} \right) = 18.59 \text{ MPa}$$

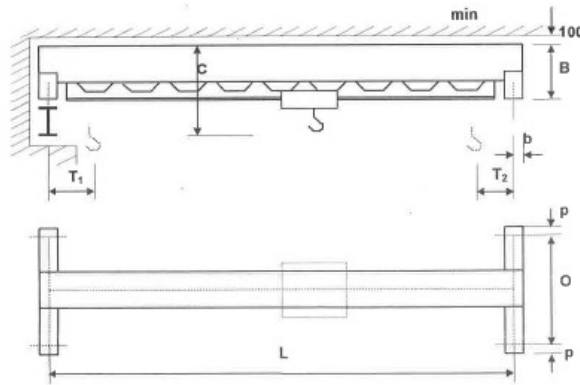
Únavové poškození

$$D_{\sigma} := \gamma_{Ff}^3 \cdot \Delta \sigma_{eq;E2}^3 \cdot \left(\frac{\gamma_{Mf}}{\Delta \sigma_C} \right)^3 = 0.019 \quad \square \leq 1.0$$

VYHOVUJE

6. NOSNÍK JEŘÁBOVÉ DRÁHY -pro 6,3t jeřáb

Údaje o jeřábu



Nosnost jeřábu

$$Q_{j,m} := 63 \text{ kN}$$

Rozpětí jeřábu

$$L_{j,m} := 28.2 \text{ m}$$

Rozvor kol příčnicku

$$O_{,m} := 4.4 \text{ m}$$

Vzdálenost osy kola od konce příčnicku

$$p_{,m} := 280 \text{ mm}$$

Vzdálenost osy kola od vnějšího líce jeřábu

$$b_{,m} := 175 \text{ mm}$$

Stavební výška jeřábu

$$B_{,m} := 980 \text{ mm}$$

Konstrukční výška k háku

$$C_{,m} := 1345 \text{ mm}$$

Rychlost zdvihu

$$V_{z,m} := 0.083 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Dojezdy kladkostroje

$$T_{1,m} := 1100 \text{ mm} \quad T_{2,m} := 1050 \text{ mm}$$

Instalovaný výkon motorů

$$P_{,m} := 7.6 \text{ kW}$$

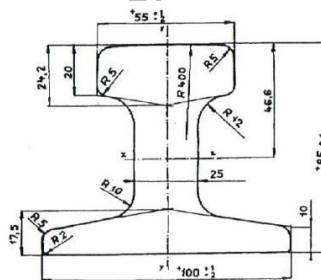
Hmotnost kočky

$$G_{k,m} := 3.7 \text{ kN}$$

Celková hmotnost jeřábu s kladkostrojem

$$G_{j,m} := 83 \text{ kN}$$

Kolejnice



Šířka hlavy

$$b_{k,m} := 55 \text{ mm}$$

Hmotnost

$$29.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Plocha průřezu

$$37.7 \text{ cm}^2$$

Moment setrvačnosti k ose průhybu x

$$I_{x,m} := 309.5 \text{ cm}^4$$

Průřezový modul k ose ohybu x

$$w_{x,m} := 66.43 \text{ cm}^3$$

Moment setrvačnosti k ose průhybu y

$$I_{y,m} := 130.5 \text{ cm}^4$$

Průřezový modul k ose ohybu y

$$w_{y,m} := 26.1 \text{ cm}^3$$

Statická hodnota ex

$$c_{x,m} := 4.66 \text{ cm}$$

Statická hodnota ey

$$c_{y,m} := 3.84 \text{ cm}$$

6.1 ZATÍŽENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY

6.1.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Zatížení jeřábové dráhy tvoří vlastní tíha nosníku jeřábové dráhy.

Stálé zatížení	g_k [kN/m]	γ_G	g_d [kN/m]
Vlastní tíha kolejnice	0,30	1,35	0,41
Vlastní tíha jeřábové dráhy-HEA400 (odhad)	1,25	1,35	1,69
Σ	1,55		2,09

6.1.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ

6.1.2.1 Svislá zatížení

Tíha jeřábu

Jako tíhu jeřábu se sestává z tíhy pohyblivých a pevných částí včetně strojního a elektrického zařízení konstrukce jeřábu bez prvků, které jsou uváděny do pohybu konstrukcí jeřábu.

Svislé síly od kol zatíženého jeřábu způsobené jeho vlastní tíhou

$$n_j := 2$$

$$Q_{C;r;max;m} := \frac{1}{n_j} \cdot \left(\frac{G_{j;m} - G_{k;m}}{2} + \frac{G_{k;m} \cdot (L_{j;m} - T_{2;m})}{L_{j;m}} \right) = 21.606 \text{ kN}$$

$$Q_{C;r;max';m} := \frac{1}{n_j} \cdot \left(\frac{G_{j;m} - G_{k;m}}{2} + \frac{G_{k;m} \cdot T_{2;m}}{L_{j;m}} \right) = 19.894 \text{ kN}$$

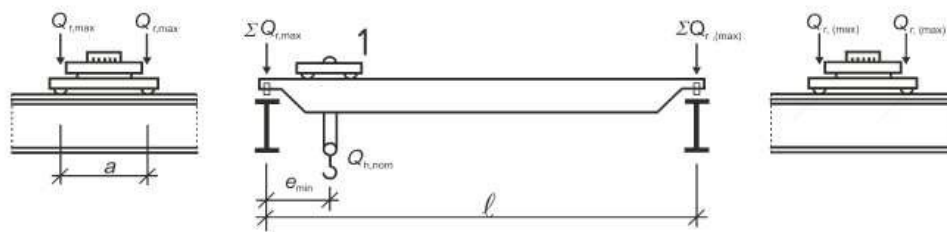
Svislé síly kol nezatíženého jeřábu

$$Q_{C;r;min;m} := Q_{C;r;max';m} = 19.894 \text{ kN}$$

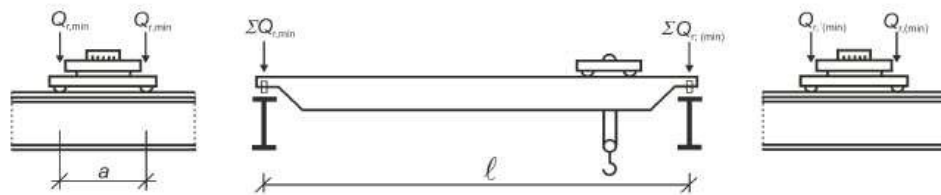
$$Q_{C;r;min';m} := Q_{C;r;max;m} = 21.606 \text{ kN}$$

Schéma uspořádání svislých sil je na obrázku níže.

Created



a) Uspořádání zatíženého jeřábu při maximálním zatížení nosníku jeřábové dráhy



b) Uspořádání zatíženého jeřábu při minimálním zatížení nosníku jeřábové dráhy

Zatížení kladkostroje

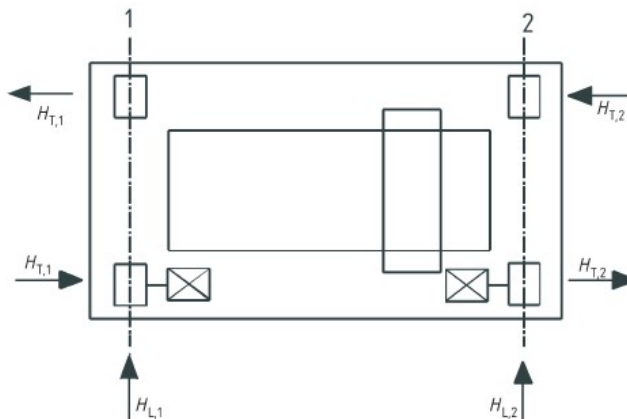
$$Q_{H,r;max;m} := \frac{1}{n_j} \cdot \frac{Q_{j;m} \cdot (L_{j;m} - T_{2,m})}{L_{j;m}} = 30.327 \text{ kN}$$

$$Q_{H,r;max';m} := \frac{1}{n_j} \cdot \frac{Q_{j;m} \cdot T_{2,m}}{L_{j;m}} = 1.173 \text{ kN}$$

6.1.2.2 Vodorovná zatížení

Zrychlení mostu jeřábu

Schéma příčných a podélných vodorovných sil od kol, způsobených zrychlením a zpomalením je vyobrazeno na obrázku níže.



Hnací síla při pohonu jednotlivých kol

$$\mu := 0.2 \quad \text{Součinitel tření pro kombinaci ocel-ocel}$$

$$m_w := 2 \quad \text{Počet pohonů jednotlivých kol}$$

$$K_{;m} := \mu \cdot m_w \cdot Q_{C;r;min;m} = 7.958 \text{ kN}$$

Síly vzniklé v podélném směru způsobené rozjezdem/bržděním jeřábu

$$n_r := 2 \quad \text{Počet větví jeřábové dráhy}$$

$$H_{L;i} = H_{L;1} = H_{L;2}$$

$$H_{L;i;m} := \frac{K_{;m}}{n_r} = 3.979 \text{ kN}$$

Podíly vzdáleností těžiště jeřábu od osy jeřábové kolejnice a rozpětí jeřábu

$$\xi_1 = \frac{\Sigma Q_{r;max}}{\Sigma Q_r}$$

$$\xi_{1;m} := \frac{n_j \cdot (Q_{C;r;max;m} + Q_{H;r;max;m})}{G_{j;m} + Q_{j;m}} = 0.711$$

$$\xi_{2;m} := 1 - \xi_{1;m} = 0.289$$

Moment hnací síly k těžišti jeřábu

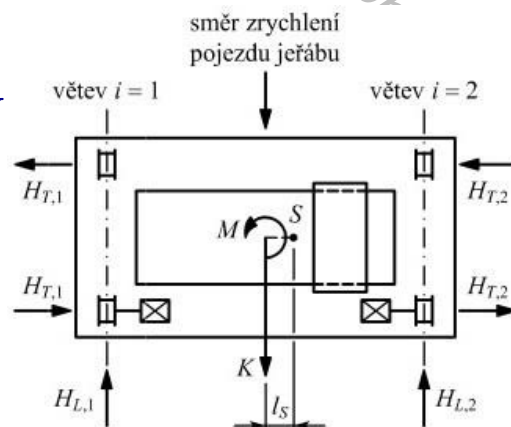
$$M = K \cdot l_s$$

$$M_{;m} := K_{;m} \cdot (\xi_{1;m} - 0.5) \cdot L_{j;m} = 47.442 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

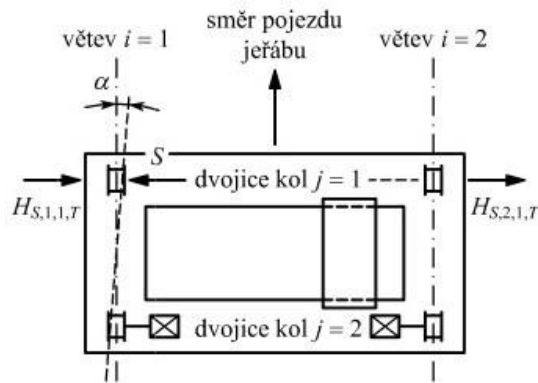
Síly vzniklé v příčném směru

$$H_{T;1;m} := \xi_{1;m} \cdot \frac{M_{;m}}{O_{;m}} = 7.671 \text{ kN}$$

$$H_{T;2;m} := \xi_{2;m} \cdot \frac{M_{;m}}{O_{;m}} = 3.112 \text{ kN}$$



Příčení mostu jeřábu



Součinitel síly od kola

$$\text{kde } e_1 = 0 ; e_{1,m} := O_{,m} = 4.4 \text{ m} ; h_{j,m} := O_{,m} = 4.4 \text{ m}$$

$$\lambda_{S;1;1;T} = \frac{\xi_2}{n_j} \cdot \left(1 - \frac{e_1}{h_j}\right) \quad \lambda_{S;1;1;T;m} := \frac{\xi_{2,m}}{n_j} = 0.144$$

$$\lambda_{S;2;1;T} = \frac{\xi_1}{n_j} \cdot \left(1 - \frac{e_1}{h_j}\right) \quad \lambda_{S;2;1;T;m} := \frac{\xi_{1,m}}{n_j} = 0.356$$

Vodorovné síly od příčení

$$f := 0.3 \quad \alpha := 0.015 \text{ rad}$$

$$Q_{j,m} = 63 \text{ kN}$$

$$H_{S;i;j;k} = f \cdot \lambda_{S;i;j;k} \cdot \Sigma Q_r$$

$$H_{S;1;1;T;m} := f \cdot \lambda_{S;1;1;T;m} \cdot (G_{j,m} + Q_{j,m}) = 6.32 \text{ kN}$$

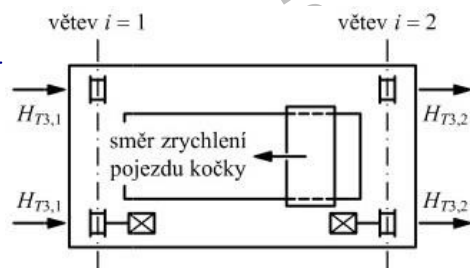
$$H_{S;2;1;T;m} := f \cdot \lambda_{S;2;1;T;m} \cdot (G_{j,m} + Q_{j,m}) = 15.58 \text{ kN}$$

Při výpočtu velikosti hnací síly se předpokládá, že je zabráněno protáčení hnacích kol.

Zrychlení kočky

$$H_{T3;1;m} := \frac{0.1}{2} \cdot (Q_{j,m} + G_{k,m}) \cdot \left(\frac{L_{j,m} - T_{2,m}}{L_{j,m}}\right) = 3.211 \text{ kN}$$

$$H_{T3;2;m} := \frac{0.1}{2} \cdot (Q_{j,m} + G_{k,m}) \cdot \left(\frac{T_{2,m}}{L_{j,m}}\right) = 0.124 \text{ kN}$$



6.1.2.3 Charakteristické hodnoty zatížení jeřábem

Dynamický součinitel	Uvažované účinky	Použije se pro
φ_1	Buzení vibrační konstrukcí jeřábu při zvednutí zatížení kladkostroje ze země	Vlastní tíhu jeřábu
φ_2	Dynamické účinky zatížení kladkostroje při zvedání ze země k jeřábu	Zatížení kladkostroje
φ_4	Dynamické účinky vznikající při pojezdu na jeřábových drahách	Vlastní tíha jeřábu a zatížení kladkostroje
φ_5	Dynamické účinky vyvolané hnacími silami	Hnací síly
φ_7	Dynamický pružný účinek nárazu na nárazníky	Síly na nárazníky

$$\varphi_1 := 1.1$$

Za předpokladu dosažení horní hladiny rázového zatížení

Třída zvedacích zařízení	β_2	$\varphi_{2,min}$
HC1	0,17	1,05
HC2	0,34	1,10
HC3	0,51	1,15
HC4	0,68	1,20

POZNÁMKA Aby byly uváženy dynamické účinky při přemístění břemene ze země na jeřáb, jsou jeřáby zařazeny do tříd zdvihadel HC1 až HC4. Výběr závisí na konkrétním typu jeřábu, viz doporučení v příloze B.

Skladové jeřáby - s občasným provozem

$$\beta_2 := 0.34$$

$$\varphi_{2,min} := 1.10$$

$$V_z := 0.083$$

$$\varphi_2 := \varphi_{2,min} + \beta_2 \cdot V_z = 1.128$$

$$\varphi_4 := 1.0$$

Za předpokladu dodržení tolerancí kolejnicové dráhy

$$\varphi_5 := 1.5$$

Za předpokladu pozvolna měnící se hnací síly

$$\varphi_{6,1} := 1.0$$

Pro statické zkušební zatížení

$$\varphi_{6,2} := 0.5 \cdot (1 + \varphi_2) = 1.064$$

Pro dynamické zkušební zatížení

	Značka	Kapitola	Skupina zatížení										
			Mezní stav únosnosti							Zkušební zatížení	Mimořádná		
			1	2	3	4	5	6	7				
1	Vlastní tíha jeřábu	Q_C	2.6	φ_1	φ_1	1	φ_4	φ_4	φ_4	1	φ_1	1	1
2	Zatížení kladkostroje	Q_H	2.6	φ_2	φ_3	-	φ_4	φ_4	φ_4	η^{-1}	-	1	1
3	Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	2.7	φ_5	φ_5	φ_5	φ_5	-	-	-	φ_5	-	-
4	Přičení mostu jeřábu	H_S	2.7	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
5	Zrychlení nebo brzdění kočky nebo pojízdného kladkostroje	H_{T3}	2.7	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
6	Vítr při provozu	F_W^*	Příloha A	1	1	1	1	1	-	-	1	-	-
7	Zkušební zatížení	Q_T	2.10	-	-	-	-	-	-	-	φ_6	-	-
8	Síly na nárazník	H_B	2.11	-	-	-	-	-	-	-	-	φ_7	-
9	Klopné síly	H_{T_A}	2.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

POZNÁMKA Vítr při provozu – viz příloha A.

¹⁾ η je část zatížení kladkostroje, která zůstává, když je odstraněno užitečné zatížení, ale není zahrnuta do vlastní tíhy jeřábu.

6.1.2.4 Kombinační součinitele pro zatížení jeřáby

Pro jediný jeřáb nebo skupiny zatížení od jeřábů jsou kombinační součinitele:

$$\psi_0 := 1.0$$

$$\psi_1 := 0.9$$

$$\psi_{2,m} := \frac{G_{j,m}}{G_{j,m} + Q_{j,m}} = 0.568$$

6.1.3 ÚNAVOVÉ ZATÍŽENÍ

Ekvivalentní únavové zatížení jedním kolem zatíženého jeřábu Q_e pro počet zatěžovacích cyklů k referenční hodnotě $N_c = 2.0 \cdot 10^6$ cyklů.

$$Q_e = \varphi_{fat} \cdot \lambda \cdot Q_{r,max}$$

$$\varphi_{fat,1} := \frac{1 + \varphi_1}{2} = 1.05 \quad \varphi_{fat,2} := \frac{1 + \varphi_2}{2} = 1.064$$

Kategorie S	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
normálové napětí	0,198	0,250	0,315	0,397	0,500	0,630	0,794	1,000	1,260	1,587
smykové napětí	0,379	0,436	0,500	0,575	0,660	0,758	0,871	1,000	1,149	1,320

$$\lambda_\sigma := 0.500 \quad - \text{způsobeno rozkmitem normálového napětí}$$

$$\lambda_\tau := 0.660 \quad - \text{způsobeného rozkmitem smykového napětí}$$

Ekvivalentní únavové zatížení

$$Q_{e,\sigma,m} := \varphi_{fat,1} \cdot \lambda_\sigma \cdot Q_{C,r,max,m} + \varphi_{fat,2} \cdot \lambda_\sigma \cdot Q_{H,r,max,m} = 27.479 \text{ kN}$$

$$Q_{e,\tau,m} := \varphi_{fat,1} \cdot \lambda_\tau \cdot Q_{C,r,max,m} + \varphi_{fat,2} \cdot \lambda_\tau \cdot Q_{H,r,max,m} = 36.272 \text{ kN}$$

Součinitel ekvivalentního poškození pro kategorii únavových účinků S₅

$$\lambda_{\sigma,loc} := 0.630$$

$$\lambda_{\tau,loc} := 0.758$$

Ekvivalentní zatížení poškození únavou

$$Q_{e,\sigma,m} := \varphi_{fat,1} \cdot \lambda_{\sigma,loc} \cdot Q_{C,r,max,m} + \varphi_{fat,2} \cdot \lambda_{\sigma,loc} \cdot Q_{H,r,max,m} = 34.623 \text{ kN}$$

$$Q_{e,\tau,m} := \varphi_{fat,1} \cdot \lambda_{\tau,loc} \cdot Q_{C,r,max,m} + \varphi_{fat,2} \cdot \lambda_{\tau,loc} \cdot Q_{H,r,max,m} = 41.658 \text{ kN}$$

6.2 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

Statický model nosníku jeřábové dráhy je prostý nosník o rozpětí 6 m. Nosník jeřábové dráhy je jako plnostěnný z válcovaného profilu HEA.

6.2.1 VNITŘNÍ SÍLY OD SVISLÉHO ZATÍŽENÍ

Účinky svislých tlaků od kol

Návrhové hodnoty maximálních svislých sil namáhajících hlavní jeřábový nosník

$$\gamma_{G;sup} := 1.35 \quad \gamma_{Q;sup} := 1.35$$

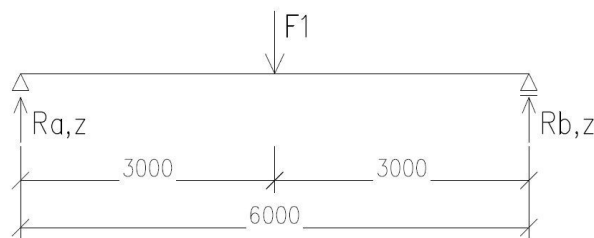
$$F_{1,m} := \gamma_{Q;sup} \cdot (\varphi_1 \cdot Q_{C;r;max;m} + \varphi_2 \cdot Q_{H;r;max;m}) = 78.276 \text{ kN}$$

$$F_{5,m} := \gamma_{Q;sup} \cdot (\varphi_4 \cdot Q_{C;r;max;m} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r;max;m}) = 70.11 \text{ kN}$$

$$F_{6,m} := \gamma_{Q;sup} \cdot (\varphi_4 \cdot Q_{C;r;max;m} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r;max;m}) = 70.11 \text{ kN}$$

Zatěžovací stav č.1

Maximální ohybový moment, vzhledem k rozvoru kol 4,4 m a rozponu 6 m, nastává v případě, kdy se jedno kolo nachází v polovině nosníku a druhé kolo je již na nosníku sousedního pole.



$$l_d := 6 \text{ m}$$

Skupina zatížení č.1

$$R_{1;a;z;m} := \frac{F_{1,m}}{2} = 39.138 \text{ kN}$$

$$R_{1;b;z;m} := R_{1;a;z;m} = 39.138 \text{ kN}$$

$$V_{1;Ed;z;max;m} := R_{1;a;z;m} = 39.138 \text{ kN}$$

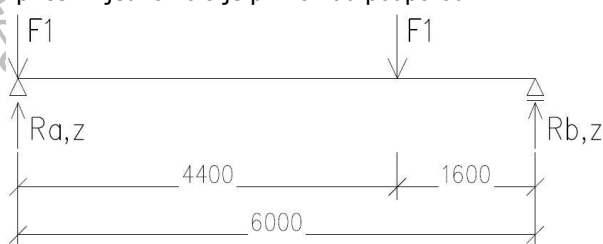
$$M_{1;Ed;y;m} := \frac{F_{1,m} \cdot l_d}{4} = 117.414 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vnitřní síly pro skupinu zatížení č. 5, 6 jsou vypočteny stejným postupem jako vnitřní síly pro skupinu č. 1

Vnitřní síla	Skupina zatížení		
	1	5	6
R _{a,z} [kN]	39,138	35,055	35,055
R _{b,z} [kN]	39,138	35,055	35,055
V _{i,Ed,z,max} [kN]	39,138	35,055	35,055
M _{i,Ed,y} [kNm]	117,414	105,165	105,165

Zatěžovací stav č.2

Maximální posouvající síla pak nastává v případě, kdy se obě kola nachází na jednom nosníku přičemž jedno kolo je přímo nad podporou.



Skupina zatížení č.2

$$R_{2;a;z;m} := \frac{F_{1,m} \cdot (1.6 + 6)}{6} = 99.15 \text{ kN}$$

$$R_{2;b;z;m} := \frac{F_{1,m} \cdot 4.4}{6} = 57.403 \text{ kN}$$

$$V_{2;Ed;z;max;m} := R_{2;a;z;m} = 99.15 \text{ kN}$$

$$M_{2;Ed;y;m} := R_{2;b;z;m} \cdot 1.6 \text{ m} = 91.844 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vnitřní síly pro skupinu zatížení č. 5, 6 jsou vypočteny stejným postupem jako vnitřní síly pro skupinu č. 2

Vnitřní síla	Skupina zatížení		
	1	5	6
Ra,z [kN]	99,150	88,806	88,806
Rb,z [kN]	57,402	51,414	51,414
Vi,Ed,z,max [kN]	99,150	88,806	88,806
Mi,Ed,y [kNm]	91,844	82,262	82,262

Účinky stálého zatížení (vlastní tíha JD)

$$g_{k;JD} := 1.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_{d;JD} := 2.09 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{g;Ed;z;m} := \frac{1}{2} \cdot g_{d;JD} \cdot l_d = 6.27 \text{ kN}$$

$$M_{g;Ed;y;m} := \frac{1}{8} \cdot g_{d;JD} \cdot l_d^2 = 9.405 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ SÍLY OD SVISLÉHO ZATÍŽENÍ

Pro výpočet vnitřních sil od svislého zatížení bude vybrána vždy maximální hodnota vnitřní síly ze zatěžovacích stavů 1 a 2.

$$V_{1;c;Ed;z;m} := V_{2;Ed;z;max;m} + V_{g;Ed;z;m} = 105.42 \text{ kN}$$

$$M_{1;c;Ed;y;m} := M_{1;Ed;y;m} + M_{g;Ed;y;m} = 126.819 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vnitřní síly pro skupinu zatížení č. 5, 6 jsou vypočteny stejným postupem jako výsledné vnitřní síly

Vnitřní síla	Skupina zatížení		
	1	5	6
Vi,Ed,z,max [kN]	105,420	95,076	95,076
Mi,Ed,y,max [kNm]	126,819	114,570	114,570

6.2.2 VNITŘNÍ SÍLY OD VODOROVNÉHO ZATÍŽENÍ

Zrychlení mostu jeřábu

Síly v podélném směru

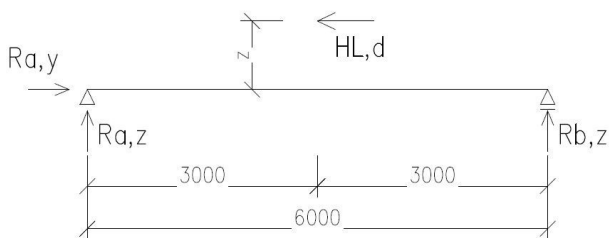
$$h_k := 85 \text{ mm} \quad (\text{výška kolejnice})$$

$$h_{JD} := 390 \text{ mm} \quad (\text{výška nosníku JD})$$

$$H_{L;d;m} := \gamma_{Q;sup} \cdot \varphi_5 \cdot H_{L;i;m} = 8.057 \text{ kN}$$

$$z_{JD} := h_k + \frac{h_{JD}}{2} = 0.28 \text{ m}$$

Síla působí v místě působení síly pro maximální ohybový moment od svislého zatížení, tedy v polovině nosníku



$$R_{a;y;m} := H_{L;d;m} = 8.057 \text{ kN}$$

$$R_{a;z;m} := \frac{H_{L;d;m} \cdot z_{JD}}{l_d} = 0.376 \text{ kN}$$

$$R_{b;z;m} := -R_{a;z;m} = -0.376 \text{ kN}$$

$$N_{L;Ed;z;m} := R_{a;y;m} = 8.057 \text{ kN}$$

$$V_{L;Ed;z;m} := R_{a;z;m} = 0.376 \text{ kN}$$

$$M_{L;Ed;y;m} := R_{a;z;m} \cdot \frac{l_d}{2} = 1.128 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

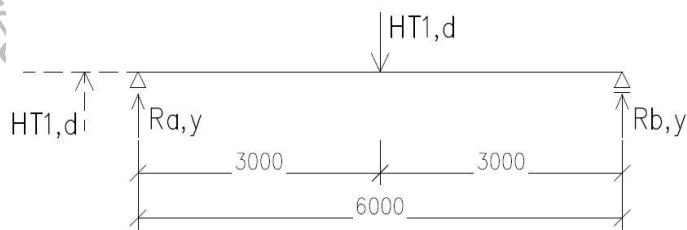
Síly v příčném směru

$$H_{T;1;d;m} := \gamma_{Q;sup} \cdot \varphi_5 \cdot H_{T;1;m} = 15.533 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující})$$

$$H_{T;2;d;m} := \gamma_{Q;sup} \cdot \varphi_5 \cdot H_{T;2;m} = 6.301 \text{ kN}$$

Zatěžovací stav

Pozice zatížení, která vyvolá největší ohybový moment, to je pokud se na nosníku bude nacházet pouze jedno kolo a to v polovině nosníku.



$$R_{a,y;1,m} := \frac{1}{2} \cdot H_{T;1;d;m} = 7.767 \text{ kN}$$

$$R_{b,y;1,m} := R_{a,y;1,m} = 7.767 \text{ kN}$$

$$V_{H;T;Ed;y;m} := R_{a,y;1,m} = 7.767 \text{ kN}$$

$$M_{H;T;Ed;z;m} := R_{a,y;1,m} \cdot \frac{l_d}{2} = 23.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Příčení mostu jeřábu

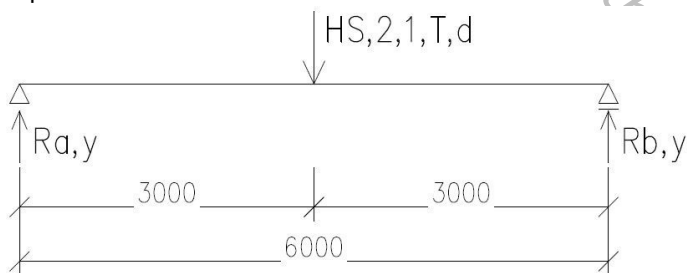
Návrhové zatěžovací síly

$$H_{S;1;1;T;d;m} := \gamma_{Q;sup} \cdot H_{S;1;1;T;m} = 8.532 \text{ kN}$$

$$H_{S;2;1;T;d;m} := \gamma_{Q;sup} \cdot H_{S;2;1;T;m} = 21.033 \text{ kN} \text{ (rozhodující)}$$

Zatěžovací stav

Síla působí pouze na jednom z dvojice kol, extrémní účinky tedy vyvolá pozice kola příčniku uprostřed.



$$R_{a,y;2,m} := \frac{1}{2} \cdot H_{S;2;1;T;d;m} = 10.516 \text{ kN}$$

$$V_{S;Ed;y;m} := R_{a,y;2,m} = 10.516 \text{ kN}$$

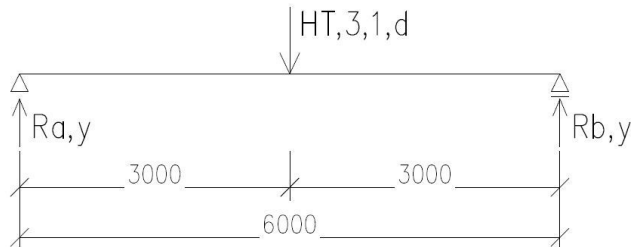
$$M_{S;Ed;z;m} := \frac{1}{4} \cdot H_{S;2;1;T;d;m} \cdot l_d = 31.549 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zrychlení kočky

$$H_{T;3;1;d;m} := \gamma_{Q;sup} \cdot H_{T3;1;m} = 4.335 \text{ kN}$$

Zatěžovací stav č.1

Maximální ohybový moment, vzhledem k rozvoru kol 4,4 m a rozponu 6 m, nastává v případě, kdy se jedno kolo nachází v polovině nosníku a druhé kolo je již na nosníku sousedního pole.



Skupina zatížení č.1

$$R_{a;y;3;m} := \frac{H_{T;3;1;d;m}}{2} = 2.167 \text{ kN}$$

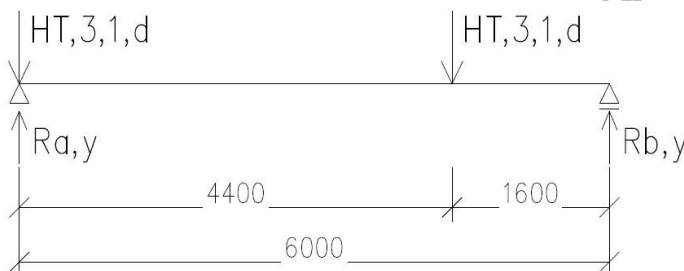
$$R_{b;y;3;m} := R_{a;y;3;m} = 2.167 \text{ kN}$$

$$V_{T;3;Ed;y;1;m} := R_{a;y;3;m} = 2.167 \text{ kN}$$

$$M_{T;3;Ed;z;1;m} := \frac{H_{T;3;1;d;m} \cdot l_d}{4} = 6.502 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatěžovací stav č.2

Maximální posouvající síla pak nastává v případě, kdy se obě kola nachází na jednom nosníku přičemž jedno kolo je přímo nad podporou.



Skupina zatížení č.2

$$R_{a;y;4;m} := \frac{H_{T;3;1;d;m} \cdot (1.6 + 6)}{6} = 5.491 \text{ kN}$$

$$R_{b;y;4;m} := \frac{H_{T;3;1;d;m} \cdot 4.4}{6} = 3.179 \text{ kN}$$

$$V_{T;3;Ed;y;2;m} := R_{a;y;4;m} = 5.491 \text{ kN}$$

$$M_{T;3;Ed;z;2;m} := R_{b;y;4;m} \cdot 1.6 \text{ m} = 5.086 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

6.2.3 PŘEHLED VYPOČTENÝCH NÁVRHOVÝCH HODNOT ZATÍŽENÍ

Výsledné posouvající síly ve svislém směru $V_{i,z}$ [kN]				
Zatížení	Značka	Skupina zatížení		
		Mezní stav únosnosti		
		1	5	6
Vlastní tíha jeřábu a Zatížení kladkostroje	$Q_c + Q_H$	105,42	95,076	95,076
Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	0,376	-	-
Příčení mostu jeřábu	H_s, S	-	0	-
Zrychlení kočky	H_{T3}	-	-	0
Síly na nárazník	H_B	-	-	-
Celkem		105,796	95,076	95,076

Výsledné ohybové momenty v ose y $M_{i,y}$ [kNm]				
Zatížení	Značka	Skupina zatížení		
		Mezní stav únosnosti		
		1	5	6
Vlastní tíha jeřábu a Zatížení kladkostroje	$Q_c + Q_H$	126,819	114,570	114,570
Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	1,128	-	-
Příčení mostu jeřábu	H_s, S	-	0	-
Zrychlení kočky	H_{T3}	-	-	0
Síly na nárazník	H_B	-	-	-
Celkem		127,947	114,570	114,570

Výsledné posouvající síly ve vodorovném směru $V_{i,y}$ [kN]				
Zatížení	Značka	Skupina zatížení		
		Mezní stav únosnosti		
		1	5	6
Vlastní tíha jeřábu a Zatížení kladkostroje	$Q_c + Q_H$	0	0	0
Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	7,767	-	-
Příčení mostu jeřábu	H_s, S	-	10,516	-
Zrychlení kočky	H_{T3}	-	-	5,491
Síly na nárazník	H_B	-	-	-
Celkem		7,767	10,516	5,491

Created with

Výsledné ohybové momenty v ose z $M_{i,z}$ [kNm]				
Zatížení	Značka	Skupina zatížení		
		Mezní stav únosnosti		
		1	5	6
Vlastní tíha jeřábu a Zatížení kladkostroje	Qc + QH	0	0	0
Zrychlení mostu jeřábu	H _L , H _T	23,3	-	-
Příčení mostu jeřábu	H _s , S	-	31,549	-
Zrychlení kočky	H _{T3}	-	-	6,502
Síly na nárazník	HB	-	-	-
Celkem		23,3	31,549	6,502

Výsledné návrhové hodnoty zatížení

Vnitřní síla	Skupina zatížení		
	1	5	6
$N_{i,Ed}$ [kN]	8,057	-	-
$V_{i,z,Ed}$ [kN]	105,796	95,076	95,076
$M_{i,y,Ed}$ [kNm]	127,947	114,57	114,57
$V_{i,y,Ed}$ [kN]	7,767	10,516	5,491
$M_{i,z,Ed}$ [kNm]	23,3	31,549	6,502

$$N_{1;Ed,m} := 8.057 \text{ kN}$$

$$V_{1;z;Ed,m} := 105.796 \text{ kN}$$

$$V_{5;z;Ed,m} := 95.076 \text{ kN}$$

$$V_{6;z;Ed,m} := 95.076 \text{ kN}$$

$$V_{1;y;Ed,m} := 7.767 \text{ kN}$$

$$V_{5;y;Ed,m} := 10.516 \text{ kN}$$

$$V_{6;y;Ed,m} := 5.491 \text{ kN}$$

$$M_{1;z;Ed,m} := 23.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{5;z;Ed,m} := 31.549 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{6;z;Ed,m} := 6.502 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{1;y;Ed,m} := 127.947 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{5;y;Ed,m} := 114.57 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{6;y;Ed,m} := 114.57 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

6.3 NÁVRH HLAVNÍHO NOSNÍKU JEŘÁBOVÉ DRÁHY - pro 6,3t jeřáb

Materiál

Ocel S355

$$E := 210000 \text{ MPa}$$

$$G := 81000 \text{ MPa}$$

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

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

modul pružnosti v tahu

modul pružnosti ve smyku

mez kluzu

mez pevnosti

Díčí součinitele spolehlivosti

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

$$\gamma_{M1} := 1.0$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

Navrhni hlavní nosník jeřábové dráhy jako svařovaný profil HEA 260 + 2x L90x9

$$b_{HEA,m} := 260 \text{ mm}$$

$$h_{,m} := 250 \text{ mm}$$

$$t_{w,m} := 7.5 \text{ mm}$$

$$t_{f,m} := 12.5 \text{ mm}$$

$$d_{,m} := 177 \text{ mm}$$

$$h_{w,m} := d_{,m} = 177 \text{ mm}$$

$$m_{,m} := 92.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$r_{HEA,m} := 24 \text{ mm}$$

$$b_{,m} := 440 \text{ mm}$$

$$e_{z,m} := 99 \text{ mm}$$

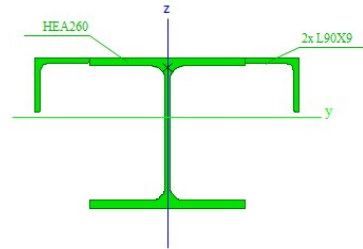
$$e_{y,m} := \frac{b_{,m}}{2} = 220 \text{ mm}$$

$$A_{L,m} := 1550 \text{ mm}^2$$

$$r_{L,m} := 11 \text{ mm}$$

$$t_{L,m} := 9 \text{ mm}$$

$$b_{L,m} := 90 \text{ mm}$$



$$A_{,m} := 11796 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z,m} := 2876 \text{ mm}^2$$

$$W_{el,y,m} := 857.47 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,z,m} := 711.73 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y,m} := 1064 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z,m} := 1034.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_{y,m} := 105 \text{ mm}$$

$$i_{z,m} := 115 \text{ mm}$$

$$I_{y,m} := 12966 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{z,m} := 15658 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{t,m} := 45.505 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{w,m} := 1192.8 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

Zatřídění stojiny

$$c_{s,m} := d_{,m}$$

$$x_{,m} := \frac{N_{1;Ed,m}}{t_{w,m} \cdot f_y} = 3.026 \text{ mm}$$

$$\alpha_{,m} := \frac{0.5 \cdot d_{,m} + x_{,m}}{d_{,m}} = 0.517$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{c_{s,m}}{t_{w,m}} = 23.6 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = -400.239 \quad \text{--> Stojina splňuje podmínky 1. třídy}$$

Zatřídění pásnice

$$c_{p;h,m} := \frac{b_{,m}}{2} - \frac{t_{w,m}}{2} - r_{HEA,m} - r_{L,m} - t_{L,m} = 172.25 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{p;h,m}}{t_{L,m}} = 19.139 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26.849 \quad \text{--> Pásnice splňuje podmínky 1. třídy}$$

$$c_{p;L,m} := b_{L,m} - r_{L,m} - t_{L,m} = 70 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{p;L,m}}{t_{L,m}} = 7.778 \leq 10 \cdot \varepsilon = 8.136$$

--> Svislá část L průřezu splňuje podmínky 2. třídy

6.4 POSOUZENÍ HLAVNÍHO NOSNÍKU JEŘÁBOVÉ DRÁHY

6.4.1 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI MSP

Statický model nosníku jeřábové dráhy je prostý nosník o rozpětí 6 m. Nosník jeřábové dráhy je svařovaného profilu HEA260 + 2x L90x9.

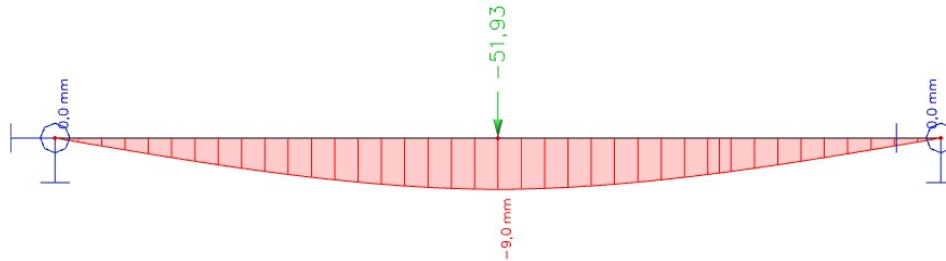
Svislá deformace

$$\delta_{lim;z;m} := \min\left(\frac{l_d}{600}, 25 \text{ mm}\right) = 10 \text{ mm}$$

$$F_{k;m} := Q_{C;r;max;m} + Q_{H;r;max;m} = 51.933 \text{ kN}$$

. Výpočet je proveden pomocí softwaru Scia Engineer.

Zatěžovací stav



$$\delta_{1;z;m} := 9.0 \text{ mm} \quad \leq \quad \delta_{lim;z;m} = 10 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Vodorovná deformace

Maximální dovolený vodorovný průhyb ve směru osy y

$$\delta_{lim;y;m} := \frac{l_d}{600} = 10 \text{ mm}$$

Mezní stav použitelnosti pro skupinu zatížení č. 1

$$H_{T;1;char;m} := \varphi_5 \cdot H_{T;1;m} = 11.506 \text{ kN}$$

$$H_{T;2;char;m} := \varphi_5 \cdot H_{T;2;m} = 4.667 \text{ kN}$$

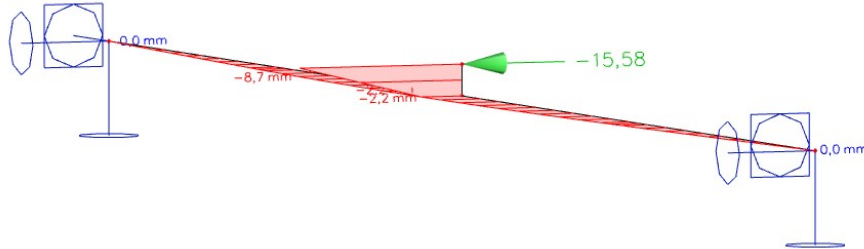
Mezní stav použitelnosti pro skupinu zatížení č. 5

$$H_{S;1;1;T;char;m} := 1.0 \cdot H_{S;1;1;T;m} = 6.32 \text{ kN}$$

$$H_{S;2;1;T;char;m} := 1.0 \cdot H_{S;2;1;T;m} = 15.58 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující})$$

Mezní stav použitelnosti pro skupinu zatížení č. 6

$$H_{T3;1;char;m} := 1.0 \cdot H_{T3;1;m} = 3.211 \text{ kN}$$



$$\delta_{y;m} := 8.7 \text{ mm} \leq \delta_{lim;y;m} = 10 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

6.4.2 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI MSÚ

Napětí ve spodních vláknech

$$\sigma_{1;s;Ed;m} := \frac{M_{1;y;Ed;m}}{I_{y;m}} \cdot e_{z;m} = 97.692 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{5;s;Ed;m} := \frac{M_{5;y;Ed;m}}{I_{y;m}} \cdot e_{z;m} = 87.478 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{6;s;Ed;m} := \frac{M_{6;y;Ed;m}}{I_{y;m}} \cdot e_{z;m} = 87.478 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max;s;Ed;m} := \max(\sigma_{1;s;Ed;m}, \sigma_{5;s;Ed;m}, \sigma_{6;s;Ed;m}) = 97.692 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max;s;Ed;m} = 97.692 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Napětí v horních vláknech

$$\sigma_{1;h;Ed;m} := \frac{M_{1;y;Ed;m}}{I_{y;m}} \cdot e_{z;m} + \frac{M_{1;z;Ed;m}}{I_{z;m}} \cdot e_{y;m} + \frac{N_{1;Ed;m}}{A_{,m}} = 131.112 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{5;h;Ed;m} := \frac{M_{5;y;Ed;m}}{I_{y;m}} \cdot e_{z;m} + \frac{M_{5;z;Ed;m}}{I_{z;m}} \cdot e_{y;m} = 131.806 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{6;h;Ed;m} := \frac{M_{6;y;Ed;m}}{I_{y;m}} \cdot e_{z;m} + \frac{M_{6;z;Ed;m}}{I_{z;m}} \cdot e_{y;m} = 96.614 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max;h;Ed;m} := \max(\sigma_{1;h;Ed;m}, \sigma_{5;h;Ed;m}, \sigma_{6;h;Ed;m}) = 131.806 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max;h;Ed;m} = 131.806 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Interakce klopení a kroucení

Klopení

Bezrozměrný parametr kroucení

$$k_w := 1 \quad k_z := 1$$

$$k_{wt,m} := \frac{\pi}{k_w \cdot l_d} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_{w,m}}{G \cdot I_{t,m}}} = 1.365$$

Bezrozměrný parametr působivosti zatížení vzhledem ke středu smyku

$$z_{s,m} := 83 \text{ mm} \quad z_{a,m} := 99 \text{ mm} \quad z_{g,m} := z_{a,m} + h_k - z_{s,m} = 101 \text{ mm}$$

$$\zeta_{g,m} := \frac{\pi \cdot z_{g,m}}{k_z \cdot l_d} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_{z,m}}{G \cdot I_{t,m}}} = 1.58$$

Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

$$z_j = z_s - 0.5 \cdot \int_A (y^2 + z^2) \cdot z \, dA$$

$$z_{j,m} := 106.871 \text{ mm}$$

$$\zeta_{j,m} := \frac{\pi \cdot z_{j,m}}{k_z \cdot l_d} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_{z,m}}{G \cdot I_{t,m}}} = 1.671$$

Bezrozměrný kritický moment

$$C_{1,0} := 1.35 \quad C_{1,1} := 1.36$$

$$C_1 := C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot k_{wt,m} = 1.364$$

$$C_2 := 0.55$$

$$C_3 := 0.41$$

$$\mu_{cr,m} := \frac{C_1}{k_z} \cdot \left(\sqrt{1 + k_{wt,m}^2 + (C_2 \cdot \zeta_{g,m} - C_3 \cdot \zeta_{j,m})^2} - (C_2 \cdot \zeta_{g,m} - C_3 \cdot \zeta_{j,m}) \right) = 2.071$$

Kritický moment

$$M_{y;cr,m} := \mu_{cr,m} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_{z,m} \cdot G \cdot I_{t,m}}}{l_d} = (1.194 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT,m} := \sqrt{\frac{W_{el;y,m} \cdot f_y}{M_{y;cr,m}}} = 0.505$$

Součinitel klopení

$$\frac{h_{,m}}{b_{,m}} = 0.568 < 2 \Rightarrow \alpha_{LT} := 0.34 \quad (\text{křivka b}) \quad (\text{pro svařované průřezy})$$

$$\phi_{LT,m} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT,m} - 0.2) + \lambda_{LT,m}^2) = 0.679$$

$$\chi_{LT,m} := \frac{1}{\phi_{LT,m} + \sqrt{\phi_{LT,m}^2 - \lambda_{LT,m}^2}} = 0.882$$

Kroucení

$$e_{z1,m} := e_{z,m} + h_k - z_{s,m} = 101 \text{ mm}$$

$$e_{y1,m} := 0.25 \cdot b_{k,m} = 13.75 \text{ mm}$$

Parametr tuhosti při kroucení

$$L := 6 \text{ m}$$

$$K_{t,m} := L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot I_{t,m}}{E \cdot I_{w,m}}} = 2.302$$

Rozdělovací parametr

$$\alpha := 3.7 \quad \beta := 1.08$$

$$\kappa_{,m} := \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_{t,m}}\right)^2} = 0.273$$

Bimoment vázaného kroucení

$$B_{1,Ed,m} := (M_{1,z;Ed,m} \cdot e_{y1,m} + M_{1,y;Ed,m} \cdot e_{z1,m}) \cdot (1 - \kappa_{,m}) = 9.629 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$B_{5,Ed,m} := (M_{5,z;Ed,m} \cdot e_{y1,m} + M_{5,y;Ed,m} \cdot e_{z1,m}) \cdot (1 - \kappa_{,m}) = 8.729 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$B_{6,Ed,m} := (M_{6,z;Ed,m} \cdot e_{y1,m} + M_{6,y;Ed,m} \cdot e_{z1,m}) \cdot (1 - \kappa_{,m}) = 8.479 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

POSOUZENÍ INTERAKCE KLOPENÍ A KROUCENÍ

$$\omega_{max,m} := \frac{b_{,m} \cdot h_{,m}}{4} = (2.75 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk,m} := \frac{I_{w,m}}{\omega_{max,m}} \cdot f_y = 15.398 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Zatěžovací stav 1

$$k_{1;w;m} := 0.7 - \frac{0.2 \cdot B_{1;Ed;m}}{\frac{B_{Rk;m}}{\gamma_{M1}}} = 0.575$$

$$k_{1;z;m} := 1 - \frac{M_{1;z;Ed;m}}{W_{el;z;m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.908$$

$$k_{1;a;m} := \frac{1}{1 - \frac{M_{1;y;Ed;m}}{M_{y;cr;m}}} = 1.12$$

$$\frac{M_{1;y;Ed;m}}{\chi_{LT;m} \cdot W_{pl;y;m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{1;z;Ed;m}}{W_{pl;z;m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{1;w;m} \cdot k_{1;z;m} \cdot k_{1;a;m} \cdot B_{1;Ed;m}}{\frac{B_{Rk;m}}{\gamma_{M1}}} = 0.8131 \quad \leq 1$$

VYHOVUJE

Zatěžovací stav 5

$$k_{5;w;m} := 0.7 - \frac{0.2 \cdot B_{5;Ed;m}}{\frac{B_{Rk;m}}{\gamma_{M1}}} = 0.587$$

$$k_{5;z;m} := 1 - \frac{M_{5;z;Ed;m}}{W_{el;z;m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.875$$

$$k_{5;a;m} := \frac{1}{1 - \frac{M_{5;y;Ed;m}}{M_{y;cr;m}}} = 1.106$$

$$\frac{M_{5;y;Ed;m}}{\chi_{LT;m} \cdot W_{pl;y;m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{5;z;Ed;m}}{W_{pl;z;m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{5;w;m} \cdot k_{5;z;m} \cdot k_{5;a;m} \cdot B_{5;Ed;m}}{\frac{B_{Rk;m}}{\gamma_{M1}}} = 0.752 \quad \leq 1$$

VYHOVUJE

Zatěžovací stav 6

$$k_{6;w;m} := 0.7 - \frac{0.2 \cdot B_{6;Ed;m}}{B_{Rk;m}} = 0.59$$

$$k_{6;z;w;m} := 1 - \frac{M_{6;z;Ed;m}}{W_{el;z;m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.974$$

$$k_{6;a;m} := \frac{1}{1 - \frac{M_{6;y;Ed;m}}{M_{y;cr;m}}} = 1.106$$

$$\frac{M_{6;y;Ed;m}}{\chi_{LT;m} \cdot W_{pl;y;m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{6;z;Ed;m}}{W_{pl;z;m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{6;w;m} \cdot k_{6;z;w;m} \cdot k_{6;a;m} \cdot B_{6;Ed;m}}{B_{Rk;m}} = 0.712 \quad \leq 1$$

VYHOVUJE

Interakce klopení, kroucení a vzpěru

Vzpěrné délky

$$L_{cr,y} := l_d = (6 \cdot 10^3) \text{ mm} \quad L_{cr,z} := l_d = (6 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Kritické štíhlosti

$$\lambda_{y;m} := \frac{L_{cr,y}}{i_{y;m}} = 57.143 \quad \lambda_{z;m} := \frac{L_{cr,z}}{i_{z;m}} = 52.174$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 76.399$$

$$\lambda_{y,m} := \frac{\lambda_{y;m}}{\lambda_1} = 0.748 \quad \rightarrow \quad \chi_{y;m} := 0.755 \quad (\text{vzpěrnostní křivka b})$$

$$\lambda_{z,m} := \frac{\lambda_{z;m}}{\lambda_1} = 0.683 \quad \rightarrow \quad \chi_{z;m} := 0.737 \quad (\text{vzpěrnostní křivka c})$$

Vzpěrná únosnost

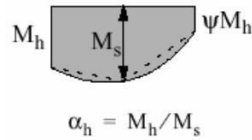
$$N_{b;Rd;y;m} := \frac{\chi_{y;m} \cdot A_{,m} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = (3.162 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{b;Rd;z;m} := \frac{\chi_{z;m} \cdot A_{,m} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = (3.086 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Součinitele ekvivalentního konstantního momentu

$$C_{my} := 0.90$$

$$C_{mz} := 0.90 \quad \alpha_h := 0$$



$$C_{mLT} := 0.90 + 0.10 \cdot \alpha_h = 0.9$$

Interakční součinitele

$$k_{yy,m} := \min \left(C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,m} - 0.2) \cdot \frac{N_{1;Ed,m}}{N_{b;Rd;y,m}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{1;Ed,m}}{N_{b;Rd;y,m}} \right) \right) = 0.901$$

$$k_{zy,m} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z,m}}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{1;Ed,m}}{N_{b;Rd;z,m}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{1;Ed,m}}{N_{b;Rd;z,m}} \right) = 1$$

POSOUZENÍ INTERAKCE KLOPENÍ, KROUCENÍ A VZPĚRU

Skupina zatížení č.1

$$\frac{N_{1;Ed,m}}{N_{b;Rd;y,m}} + k_{yy,m} \cdot \frac{M_{1;y;Ed,m}}{\chi_{LT,m} \cdot W_{pl;y,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{1;z;Ed,m}}{W_{pl;z,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{1;w,m} \cdot k_{1;zw,m} \cdot k_{1;a,m} \cdot B_{1;Ed,m}}{\frac{B_{Rk,m}}{\gamma_{M1}}} = 0.771 \leq 1$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{1;Ed,m}}{N_{b;Rd;z,m}} + k_{zy,m} \cdot \frac{M_{1;y;Ed,m}}{\chi_{LT,m} \cdot W_{pl;y,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{1;z;Ed,m}}{W_{pl;z,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{1;w,m} \cdot k_{1;zw,m} \cdot k_{1;a,m} \cdot B_{1;Ed,m}}{\frac{B_{Rk,m}}{\gamma_{M1}}} = 0.809 \leq 1$$

VYHOVUJE

Skupina zatížení č.5

$$k_{yy,m} \cdot \frac{M_{5;y;Ed,m}}{\chi_{LT,m} \cdot W_{pl;y,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{5;z;Ed,m}}{W_{pl;z,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{5;w,m} \cdot k_{5;zw,m} \cdot k_{5;a,m} \cdot B_{5;Ed,m}}{\frac{B_{Rk,m}}{\gamma_{M1}}} = 0.709 \leq 1$$

VYHOVUJE

$$k_{zy,m} \cdot \frac{M_{5;y;Ed,m}}{\chi_{LT,m} \cdot W_{pl;y,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{5;z;Ed,m}}{W_{pl;z,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{5;w,m} \cdot k_{5;zw,m} \cdot k_{5;a,m} \cdot B_{5;Ed,m}}{\frac{B_{Rk,m}}{\gamma_{M1}}} = 0.743 \leq 1$$

VYHOVUJE

Skupina zatížení č.6

$$k_{yy,m} \cdot \frac{M_{6;y;Ed,m}}{\chi_{LT,m} \cdot W_{pl;y,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{6;z;Ed,m}}{W_{pl;z,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{6;w,m} \cdot k_{6;zw,m} \cdot k_{6;a,m} \cdot B_{6;Ed,m}}{B_{Rk,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.676 \leq 1$$

VYHOVUJE

$$k_{zy,m} \cdot \frac{M_{6;y;Ed,m}}{\chi_{LT,m} \cdot W_{pl;y,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{C_{mz} \cdot M_{6;z;Ed,m}}{W_{pl;z,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{6;w,m} \cdot k_{6;zw,m} \cdot k_{6;a,m} \cdot B_{6;Ed,m}}{B_{Rk,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.71 \leq 1$$

VYHOVUJE

Lokální tlakové a smykové napětí

Moment setrvačnosti kolejničky k její vlastní vodorovné ose je roven hodnotě $I_{x,m} = (3.095 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$, moment setrvačnosti I_r , ale zahrnuje opotřeбенí kolejničky rovné 25% tloušťky materiálu pod pojižděným povrchem.

$$I_r := 2.79 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

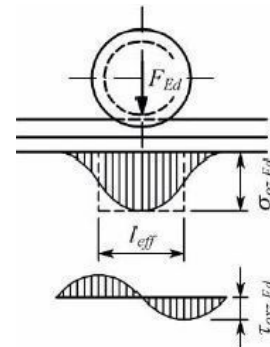
$$h_k = 85 \text{ mm} \quad b_r := 100 \text{ mm} \quad (\text{šířka paty kolejničky})$$

$$b_{eff,m} := b_r + 0.75 \cdot h_k + t_{f,m} = 176.25 \text{ mm}$$

$$I_{f;eff,m} := \frac{1}{12} \cdot b_{eff,m} \cdot t_{f,m}^3 = (2.869 \cdot 10^4) \text{ mm}^4$$

Účinná roznášecí délka pásnice

$$l_{eff,m} := 3.25 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_r + I_{f;eff,m}}{t_{w,m}}} = 234.537 \text{ mm}$$



POSOUZENÍ MAXIMÁLNÍHO SVISLÉHO NAPĚTÍ PRO MAXIMÁLNÍ SVISLOU SÍLU F_1

$$\sigma_{oz;Ed,m} := \frac{F_{1,m}}{l_{eff,m} \cdot t_{w,m}} = 44.5 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

LOKÁLNÍ SMYKOVÉ NAPĚTÍ - uvažuje se jako 20% maximálního svislého napětí

$$\tau_{oxz;Ed,m} := 0.2 \cdot \sigma_{oz;Ed,m} = 8.9 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 204.959 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

INTERAKCE NORMÁLOVÉHO A SMYKOVÉHO NAPĚTÍ

$$\sqrt{\sigma_{oz;Ed,m}^2 + 3 \cdot \tau_{oxz;Ed,m}^2} = 47.094 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Interakce lokálního boulení a ohybového momentu

Lokální boulení

Jedná se o štíhlou stojinu, proto je potřeba posoudit, zda při lokálním zatížení nedojde ke ztrátě stability vlivem boulení. Návrhová zatěžovací síla F_{Ed} bude síla vyvozená skupinou zatížení č.1, jelikož se jedná o sílu největší.

Součinitel boulení

$$a := 6000 \text{ mm} \quad (\text{vzdálenost výtuh - výtuhu nad podporami})$$

$$k_{f,m} := 6 + 2 \cdot \left(\frac{h_{w,m}}{a} \right)^2 = 6.002$$

Kritická síla při lokálním boulení

$$F_{cr,m} := 0.9 \cdot k_{f,m} \cdot E \cdot \frac{t_{w,m}^3}{h_{w,m}} = (2.704 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Roznášecí délka na pásnici

$$s_{s,m} := l_{eff,m} - 2 \cdot t_{f,m} = 209.537 \text{ mm}$$

$$m_{1,m} := \frac{b_{HEA,m}}{t_{w,m}} = 34.667$$

$$m_{2,m} := 0$$

Účinná zatížená délka

$$l_{y,m} := s_{s,m} + 2 \cdot t_{f,m} \cdot \left(1 + \sqrt{m_{1,m} + m_{2,m}} \right) = 381.733 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{F,m} := \sqrt{\frac{l_{y,m} \cdot t_{w,m} \cdot f_y}{F_{cr,m}}} = 0.613$$

Součinitel lokálního boulení

$$\chi_{F,m} := \frac{0.5}{\lambda_{F,m}} = 0.815 \leq 1.0$$

Účinná délka

$$L_{eff,m} := \chi_{F,m} \cdot l_{y,m} = 311.301 \text{ mm}$$

Únosnost při lokálním boulení stojiny

$$F_{Rd,m} := \frac{f_y \cdot L_{eff,m} \cdot t_{w,m}}{\gamma_{M1}} = 828.838 \text{ kN}$$

POSOUZENÍ SPOLEHLIVOSTI PRO LOKÁLNÍ BOULENÍ

$$F_{Ed,m} := F_{1,m} = 78.276 \text{ kN} \quad \leq \quad F_{Rd,m} = 828.838 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

INTERAKCE LOKÁLNÍHO BOULENÍ A OHYBOVÉHO MOMENTU

$$M_{Ed,m} := M_{1,y;Ed,m} = 127.947 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{pl;Rd,m} := W_{pl;y,m} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 377.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{F_{Ed,m}}{F_{Rd,m}} + 0.8 \cdot \frac{M_{Ed,m}}{M_{pl;Rd,m}} = 0.365 \quad \leq 1.4$$

VYHOVUJE

Globální smykové napětí

Při výpočtu globálního smykového napětí zanedbáme smykové napětí od kroucení a budeme uvažovat extrémní návrhovou posouvající sílu $V_{1,z;Ed}$, která je vyvozena skupinou zatížení č.1

Statický moment horní pásnice k těžišťové ose y

$$S_{f;y,m} := b_{,m} \cdot t_{f,m} \cdot \left(e_{z,m} - \frac{t_{f,m}}{2} \right) = (5.101 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

POSOUZENÍ

$$\tau_{v;Ed,m} := \frac{V_{1,z;Ed,m} \cdot S_{f;y,m}}{I_{y,m} \cdot t_{w,m}} = 55.498 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 204.959 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

6.4.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI FAT (Únava)

Doporučené hodnoty dílčích součinitelů únavové pevnosti

Metoda hodnocení	Důsledky porušení	
	Mírné	závažné
Přípustná poškození	1,00	1,15
Bezpečná životnost	1,15	1,35

$$\gamma_{Mf} := 1.15$$

Kategorie detailů pro posouzení na únavu

Popis detailu	Odkaz na ČSN EN 1993-1-9	Kategorie detailu
Základní materiál horní pásnice v místě přivařených vodících plechů kolejnice	Tab. 8.5. č.6	56
Základní materiál stojiny s přivařenou výztuhou v místě podpor	Tab. 8.4. č.7	80
Základní materiál horní pásnice v místě přivařených L profilů	Tab. 8.2.	112

Rozhodující bude posouzení **Základního materiálu horní pásnice v místě přivařených vodících plechů kolejnice.**

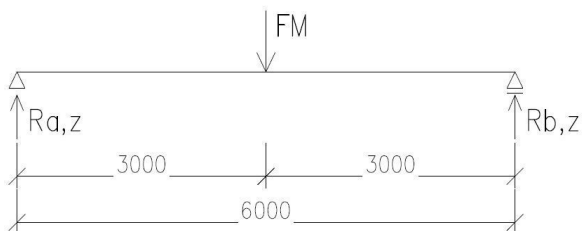
Referenční únavová pevnost

$$\Delta\sigma_C := 56 \text{ MPa}$$

Břemeno představující konstantní rozkmit proměnlivého zatížení v ekvivalentním návrhovém spektru

$$F_{M,m} := Q_{e;\sigma;m} = 34.623 \text{ kN} \quad (\text{viz str. 49})$$

Pro výpočet ekvivalentního ohybového momentu bude uvažován zatěžovací stav vyvolující největší ohybový moment, tj. ZS1



$$R_{ú;a;z;m} := \frac{F_{M,m}}{2} = 17.312 \text{ kN}$$

$$R_{ú;b;z;m} := R_{ú;a;z;m} = 17.312 \text{ kN}$$

$$\Delta V_{E2;m} := R_{ú;a;z;m} = 17.312 \text{ kN}$$

$$\Delta M_{E2;m} := \frac{R_{ú;a;z;m} \cdot l_d}{4} = 25.968 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ekvivalentní konstantní rozkmit jmenovitého napětí

$$\Delta\sigma_{E2;m} := \frac{\Delta M_{E2;m}}{W_{el;y;m}} = 30.284 \text{ MPa}$$

Únavové poškození

$$\gamma_{Ff} := 1.0$$

$$D_{\sigma;m} := \gamma_{Ff}^3 \cdot \Delta\sigma_{E2;m}^3 \cdot \left(\frac{\gamma_{Mf}}{\Delta\sigma_C} \right)^3 = 0.241 \leq 1.0$$

VYHOVUJE

POSOUZENÍ STOJINY PRO ROZKMIT HLAVNÍHO NAPĚTÍ OD OHYBOVÉHO MOMENTU A POSOUVAJÍCÍ SÍLY

Referenční únavová pevnost

$$\Delta\sigma_C := 80 \text{ MPa}$$

Rozhodující vnitřní síly

$$\Delta V_{E2;m} = 17.312 \text{ kN}$$

$$\Delta M_{E2;m} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ekvivalentní konstantní rozkmit jmenovitého napětí

z=z-ová souřadnice posuzovaného detailu (spoj pásnice - stojina)

$$z_{,m} := \frac{h_{,m} - 2 \cdot t_{f,m}}{2} = 112.5 \text{ mm}$$

$$\Delta\sigma_{E2;m_i} := \frac{\Delta M_{E2;m}}{I_{y,m}} \cdot z_{,m} = 0 \text{ MPa}$$

Ekvivalentní konstantní rozkmit jmenovitého smykového napětí

$$S_{y;m} := \frac{h_{;m} - t_{f;m}}{2} \cdot t_{f;m} \cdot b_{;m} = (6.531 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\tau_{E2;m} := \frac{\Delta V_{E2;m} \cdot S_{y;m}}{I_{y;m} \cdot t_{w;m}} = 11.627 \text{ MPa}$$

Rozkmit hlavního napětí

$$\Delta\sigma_{eq;E2;m} := \frac{1}{2} \cdot \left(\Delta\sigma_{E2;m} + \sqrt{\Delta\sigma_{E2;m}^2 + 4 \cdot \tau_{E2;m}^2} \right) = 11.627 \text{ MPa}$$

Únavové poškození

$$D_{\sigma;m} := \gamma_{Ff}^3 \cdot \Delta\sigma_{eq;E2;m}^3 \cdot \left(\frac{\gamma_{Mf}}{\Delta\sigma_C} \right)^3 = 0.005 \leq 1.0$$

VYHOVUJE

7. HLAVNÍ RÁMOVÁ VAZBA

7.1 NÁVRH PŘÍČNÉ VAZBY

ZATÍŽENÍ

Zatěžovací šířka je rovna vzdálenosti hlavních ráků $a = 6 \text{ m}$

a) Plášť

$$q_{k;plášť} = 0.152 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Střecha

$$g_{k;střecha} := q_{k;střecha;s1} \cdot a = 3.528 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Stěna

$$g_{k;plášť} := q_{k;plášť} \cdot a = 0.912 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Markýza

$$g_{k;střecha;m} := q_{k;střecha;m} \cdot a = 0.625 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

b) Sníh

$$s_1 := s_{1s} \cdot a = 8.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$s_2 := s_{2s} \cdot a = 9.504 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{Navátí sněhu})$$

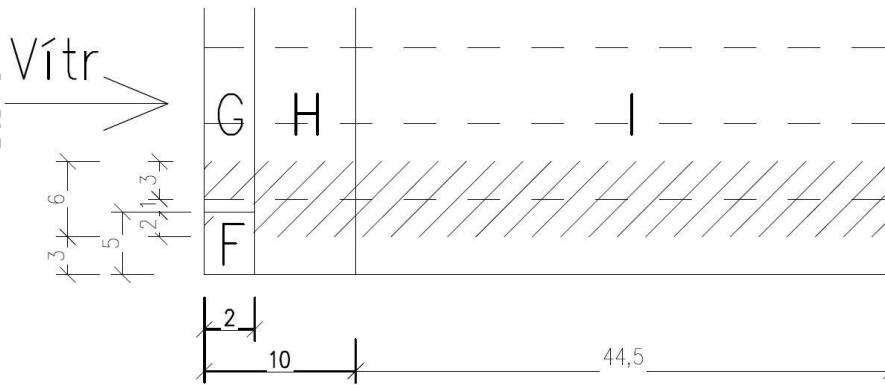
$$s_3 := s_{3s} \cdot a = 11.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{Výjimečné navátí sněhu v úžlabí})$$

Markýza

$$s_{1m} := s_{1;m} \cdot a = 8.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$s_{2m} := s_{2;m} \cdot a = 21.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{Navátí sněhu})$$

c) Vítr příčný



$$w_{eF} := -1.447 \text{ kPa}$$

$$w_{eH} := -0.563 \text{ kPa}$$

$$w_{eD} := 0.563 \text{ kPa}$$

$$w_{eG} := -0.965 \text{ kPa}$$

$$w_{eI} := -0.161 \text{ kPa}$$

$$w_{eE} := -0.241 \text{ kPa}$$

$$w_1 := \frac{w_{eF} \cdot 2 \text{ m} + w_{eG} \cdot 4 \text{ m}}{6 \text{ m}} \cdot 6 \text{ m} = -6.754 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

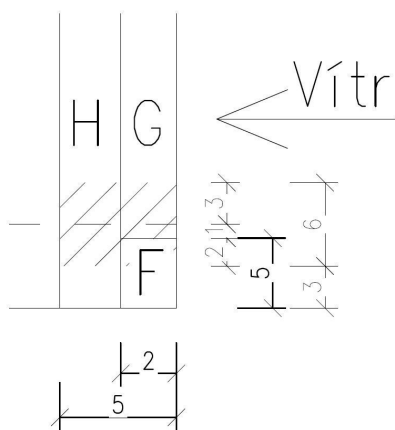
$$w_2 := w_{eH} \cdot 6 \text{ m} = -3.378 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_3 := w_{eI} \cdot 6 \text{ m} = -0.966 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{s1} := w_{eD} \cdot 6 \text{ m} = 3.378 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{s2} := w_{eE} \cdot 6 \text{ m} = -1.446 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Markýza



Na horní povrch

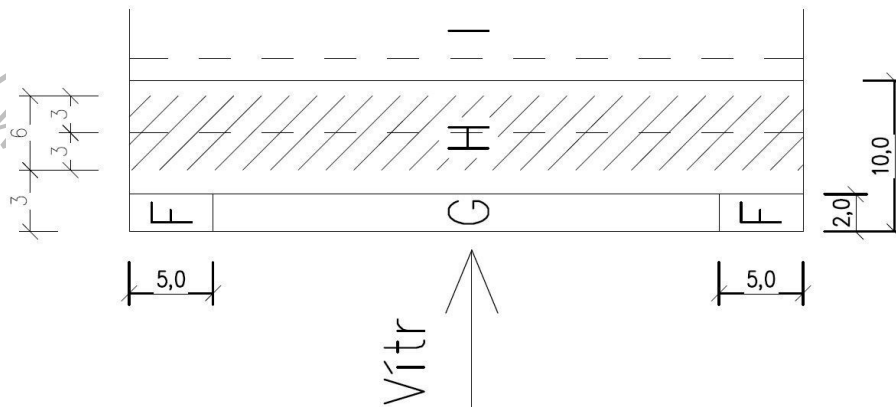
$$w_{1,mar} := w_1 = -6.754 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{2,mar} := w_2 = -3.378 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Na spodní povrch

$$w_{s1,mar} := w_{s1} = 3.378 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

d) Vítr podélný



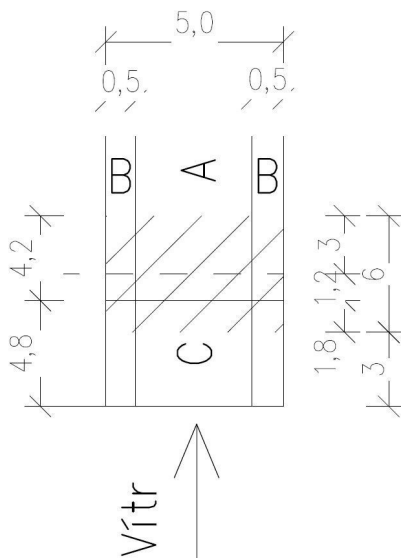
$$w_{eA} := -0.965 \text{ kPa}$$

$$w_{eB} := -0.643 \text{ kPa}$$

$$w_4 := w_{eH} \cdot 6 \text{ m} = -3.378 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{s3} := \frac{w_{eA} \cdot 1.3 \text{ m} + w_{eB} \cdot 4.7 \text{ m}}{6 \text{ m}} \cdot 6 \text{ m} = -4.277 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Markýza



Pod markýzou složený materiál (větší zatížení)

$$w_{eA;mar} := -1.206 \text{ kPa}$$

$$w_{eB;mar} := -1.447 \text{ kPa}$$

$$w_{eC;mar} := -1.769 \text{ kPa}$$

$$w_{3;mar} := \frac{w_{eB;mar} \cdot 4.2 \text{ m} + w_{eC;mar} \cdot 1.8 \text{ m}}{6 \text{ m}} \cdot 6 \text{ m} = -9.262 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{4;mar} := \frac{w_{eA;mar} \cdot 4.2 \text{ m} + w_{eC;mar} \cdot 1.8 \text{ m}}{6 \text{ m}} \cdot 6 \text{ m} = -8.249 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

e) Zatížení od jeřábu

Pro každý zatěžovací stav bude jeřáb umístěn do takové polohy, která vyvozuje maximální svislé a vodorovné reakce v místě uložení na sloupy rámu.

Velikosti sil převzaty z kapitoly **5.1.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ**

Jelikož je rám zatížen dvěma jeřáby, je třeba uvažovat 2 zatěžovací stavy.

1. Obě kočky jsou najeté maximálně vpravo
2. Kočky jsou najeté maximálně ke střednímu sloupu

Lod' s 20t jeřábem

ZATĚŽOVACÍ STAV 1

Charakteristické svislé síly od kol

$$F_{k;1,max} := \varphi_1 \cdot Q_{C;r,max} + \varphi_2 \cdot Q_{H;r,max} = 165.613 \text{ kN}$$

$$F_{k;1;(max)} := \varphi_1 \cdot Q_{C;r,max}' + \varphi_2 \cdot Q_{H;r,max}' = 53.909 \text{ kN}$$

Charakteristické podélné síly

$$H_{L;k} := \varphi_5 \cdot H_{L;i} = 13.197 \text{ kN}$$

Charakteristické příčné síly

$$H_{T;1;k} := \varphi_5 \cdot H_{T;1} = 26.694 \text{ kN}$$

$$H_{T;2;k} := \varphi_5 \cdot H_{T;2} = 8.81 \text{ kN}$$

ZATĚŽOVACÍ STAV 5

Charakteristické svislé síly od kol

$$F_{k;1,max} := \varphi_4 \cdot Q_{C;r,max} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r,max} = 148.117 \text{ kN}$$

$$F_{k;1;(max)} := \varphi_4 \cdot Q_{C;r,max}' + \varphi_4 \cdot Q_{H;r,max}' = 48.883 \text{ kN}$$

Charakteristické svislé síly od přičení mostu

$$H_{S;1;1;T} = 14.665 \text{ kN}$$

$$H_{S;2;1;T} = 44.435 \text{ kN}$$

ZATĚŽOVACÍ STAV 6

Charakteristické svislé síly od kol

$$F_{k;1,max} := \varphi_4 \cdot Q_{C;r,max} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r,max} = 148.117 \text{ kN}$$

$$F_{k;1;(max)} := \varphi_4 \cdot Q_{C;r,max}' + \varphi_4 \cdot Q_{H;r,max}' = 48.883 \text{ kN}$$

Charakteristické svislé síly od zrychlení kočky

$$H_{T3;1} = 10.462 \text{ kN}$$

$$H_{T3;2} = 0.538 \text{ kN}$$

Lod' s 6,3t jeřábem

Pro každý zatěžovací stav bude jeřáb umístěn do takové polohy, která vyvozuje maximální svislé a vodorovné reakce v místě uložení na sloupy rámu.

Velikosti sil převzaty z kapitoly **6.1.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ**

Jelikož je rám zatížen dvěma jeřáby, je třeba uvažovat 2 zatěžovací stavy.

1. Obě kočky jsou najeté maximálně vpravo
2. Kočky jsou najeté maximálně ke střednímu sloupu

ZATĚŽOVACÍ STAV 1

Charakteristické svislé síly od kol

$$F_{k;1;max;m} := \varphi_1 \cdot Q_{C;r;max;m} + \varphi_2 \cdot Q_{H;r;max;m} = 57.982 \text{ kN}$$

$$F_{k;1;m;(max)} := \varphi_1 \cdot Q_{C;r;max';m} + \varphi_2 \cdot Q_{H;r;max';m} = 23.207 \text{ kN}$$

Charakteristické podélné síly

$$H_{L;k;m} := \varphi_5 \cdot H_{L;i;m} = 5.968 \text{ kN}$$

Charakteristické příčné síly

$$H_{T;1;k;m} := \varphi_5 \cdot H_{T;1;m} = 11.506 \text{ kN}$$

$$H_{T;2;k;m} := \varphi_5 \cdot H_{T;2;m} = 4.667 \text{ kN}$$

ZATĚŽOVACÍ STAV 5

Charakteristické svislé síly od kol

$$F_{k;1;max;m} := \varphi_4 \cdot Q_{C;r;max;m} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r;max;m} = 51.933 \text{ kN}$$

$$F_{k;1;m;(max)} := \varphi_4 \cdot Q_{C;r;max';m} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r;max';m} = 21.067 \text{ kN}$$

Charakteristické svislé síly od příčení mostu

$$H_{S;1;1;T;m} = 6.32 \text{ kN}$$

$$H_{S;2;1;T;m} = 15.58 \text{ kN}$$

ZATĚŽOVACÍ STAV 6

Charakteristické svislé síly od kol

$$F_{k;1;max;m} := \varphi_4 \cdot Q_{C;r;max;m} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r;max;m} = 51.933 \text{ kN}$$

$$F_{k;1;m;(max)} := \varphi_4 \cdot Q_{C;r;max';m} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r;max';m} = 21.067 \text{ kN}$$

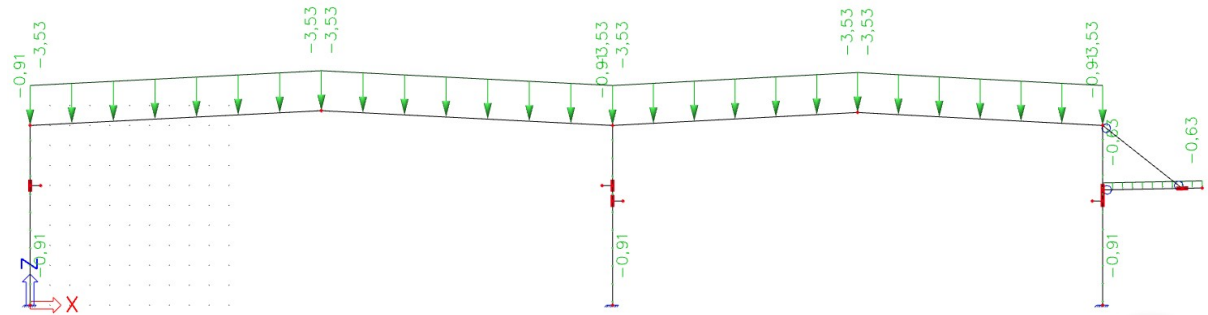
Charakteristické svislé síly od zrychlení kočky

$$H_{T3;1;m} = 3.211 \text{ kN}$$

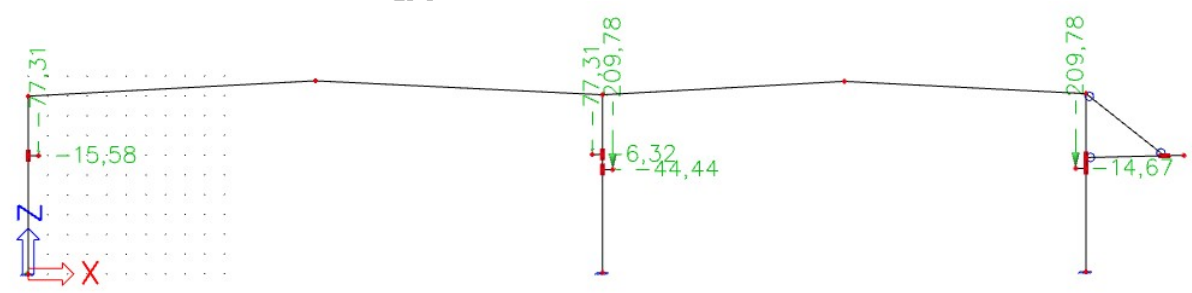
$$H_{T3;2;m} = 0.124 \text{ kN}$$

Created

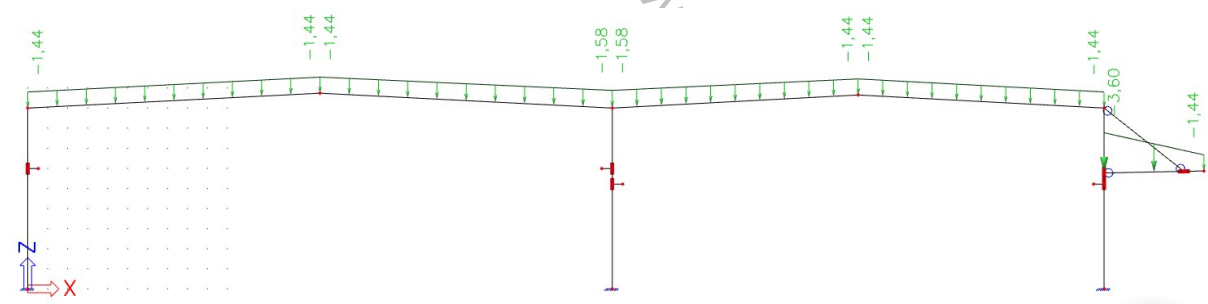
ZS1 - Vlastní tíha
Vlastní tíhu počítá Scia Engineer



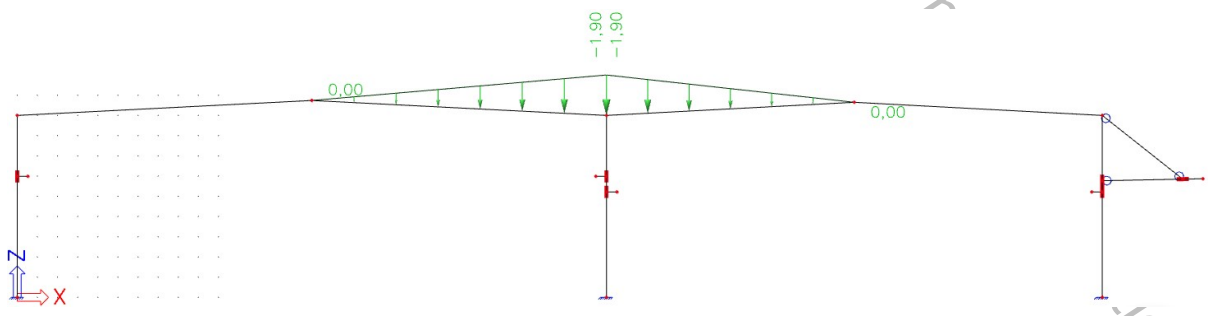
ZS3 - Reakce od JD (stále)



ZS4 - Sníh

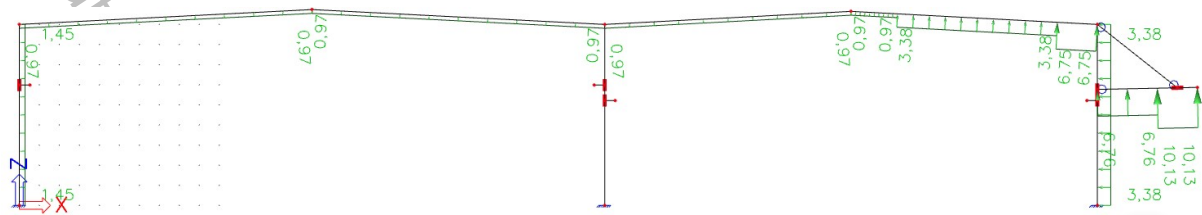


ZS5 - Sníh (výjimečné navátí)

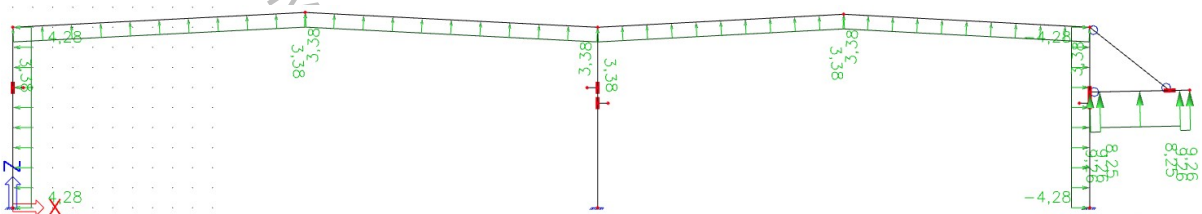


Creap

ZS6 - Vitr příčný



ZS7 - Vitr podélný



KOMBINACE

MSÚ

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSÚ-KZS1	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS6 - Vitr příčný	1,500
			ZS7 - Vitr podélný	1,500
MSÚ-KZS2	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS7 - Vitr podélný	1,500
			ZS4 - Snih	1,500
MSÚ-KZS3	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,350
			ZS2 - Stálé zatížení	1,350
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,350
			ZS4 - Snih	1,500
			ZS5 - Snih - navátí	1,500
MSÚ-KZS4	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,350
			ZS2 - Stálé zatížení	1,350
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,350
			ZS4 - Snih	0,750
			ZS6 - Vitr příčný	0,900
MSÚ-KZS5	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,350
			ZS2 - Stálé zatížení	1,350
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,350
			ZS4 - Snih	0,750
			ZS6 - Vitr příčný	0,900
MSÚ-KZS6	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,350
			ZS2 - Stálé zatížení	1,350
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,350
			ZS4 - Snih	0,750
			ZS6 - Vitr příčný	0,900
MSÚ-KZS7	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,350
			ZS2 - Stálé zatížení	1,350
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,350
			ZS5 - Snih - navátí	1,500
			ZS6 - Vitr příčný	0,900
MSÚ-KZS8	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,350
			ZS2 - Stálé zatížení	1,350
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,350
			ZS5 - Snih - navátí	0,750
			ZS6 - Vitr příčný	1,500
MSÚ-KZS9	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,350
			ZS2 - Stálé zatížení	1,350
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,350
			ZS4 - Snih	1,500
			ZS7 - Vitr podélný	0,900
MSÚ-KZS10	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,350
			ZS2 - Stálé zatížení	1,350
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,350
			ZS4 - Snih	0,750
			ZS7 - Vitr podélný	1,500
MSÚ-KZS11	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,350
			ZS2 - Stálé zatížení	1,350
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,350
			ZS5 - Snih - navátí	1,500
			ZS7 - Vitr podélný	0,900
MSÚ-KZS12	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,350
			ZS2 - Stálé zatížení	1,350
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,350
			ZS5 - Snih - navátí	0,750
			ZS7 - Vitr podélný	1,500

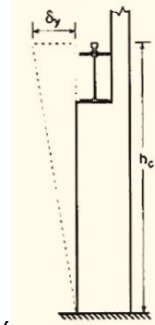
MSP

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSP-KZS1	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS6 - Vitr příčný	1,000
			ZS7 - Vitr podélný	1,000
MSP-KZS2	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS7 - Vitr podélný	1,000
			ZS4 - Snih	1,000
MSP-KZS3	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS7 - Vitr podélný	1,000
			ZS4 - Snih	1,000
MSP-KZS4	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS5 - Snih - navátí	1,000
			ZS6 - Vitr příčný	1,000
MSP-KZS5	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS4 - Snih	0,500
			ZS6 - Vitr příčný	0,500
MSP-KZS6	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS4 - Snih	0,500
			ZS6 - Vitr příčný	1,000
MSP-KZS7	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS5 - Snih - navátí	1,000
			ZS6 - Vitr příčný	0,500
MSP-KZS8	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS5 - Snih - navátí	0,500
			ZS6 - Vitr příčný	1,000
MSP-KZS9	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS4 - Snih	1,000
			ZS7 - Vitr podélný	0,500
MSP-KZS10	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS4 - Snih	0,500
			ZS7 - Vitr podélný	1,000
MSP-KZS11	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS5 - Snih - navátí	1,000
			ZS7 - Vitr podélný	0,500
MSP-KZS12	Lineární - použitelnost		ZS1 - Vlastní tíha	1,000
			ZS2 - Stálé zatížení	1,000
			ZS3 - Reakce od JD (stálé)	1,000
			ZS5 - Snih - navátí	0,500
			ZS7 - Vitr podélný	1,000

7.1.1 VÝBĚR STATICKÉHO SCHÉMATU

ZÁKLADOVÁ PATKA

U kloubově uloženého rámu by docházelo k velikým vodorovným průhybům sloupů rámu. Jelikož je zde omezení pro vodorovný průhyb jeřábových drah, kdy tento průhyb nesmí přesáhnout $h_c/400$, bude zvolena patka vetknutá. Provedení vetknuté patky je sice pracnější, ale průřezy sloupů budou menší, než by byly u patky kloubové.



Lod' s 6,3t jeřábem

$$h_{c;1} := 6.35 \text{ m}$$

$$\frac{h_{c;1}}{400} = 15.875 \text{ mm}$$

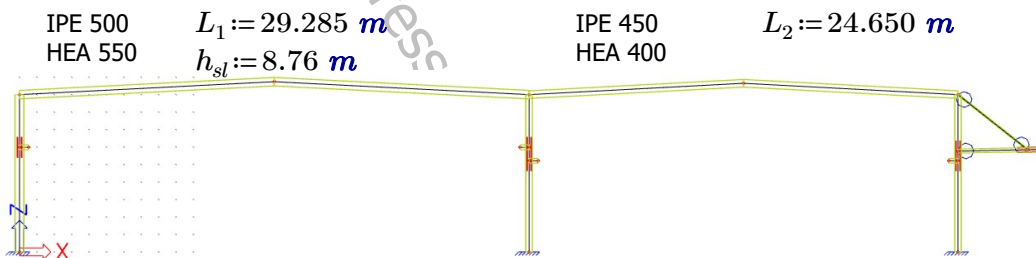
Lod' s 20t jeřábem

$$h_{c;2} := 5.63 \text{ m}$$

$$\frac{h_{c;2}}{400} = 14.075 \text{ mm}$$

--> tyto hodnoty jsou pro vodorovný průhyb sloupů v místě JD omezující.

Varianta A - Rám z válcovaných průřezů



Vodorovný průhyb sloupu v místě JD

$$w_{sl;A} := 15.3 \text{ mm} < 15.875 \text{ mm}$$

$$w_{sl;A} := 10 \text{ mm} < 14.075 \text{ mm}$$

Maximální vodorovný průhyb sloupu

$$w_{max;sl;A} := 22.8 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm}$$

$$w_{max;sl;A} := 15.7 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm}$$

Svislý průhyb příčle

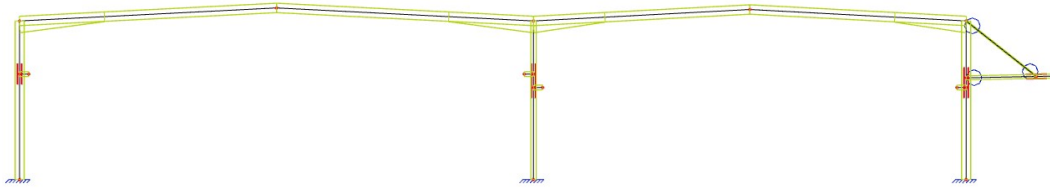
$$w_{max;p;A} := 114.3 \text{ mm} < \frac{L_1}{250} = 117.14 \text{ mm}$$

$$w_{max;p;A} := 81.5 \text{ mm} < \frac{L_2}{250} = 98.6 \text{ mm}$$

Varianta B - Rám z válcovaných průřezů s náběhem přičle

IPE 500 + úpalek IPE 500 (v=450 mm)
HEA 550

IPE 450 + úpalek IPE 450 (v=400 mm)
HEA 400



Vodorovný průhyb sloupu v místě JD

$$w_{sl;B} := 14.5 \text{ mm} < 15.875 \text{ mm}$$

$$w_{sl;B} := 8.9 \text{ mm} < 14.075 \text{ mm}$$

Maximální vodorovný průhyb sloupu

$$w_{max;sl;B} := 18.0 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm}$$

$$w_{max;sl;B} := 12.9 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm}$$

Svislý průhyb přičle

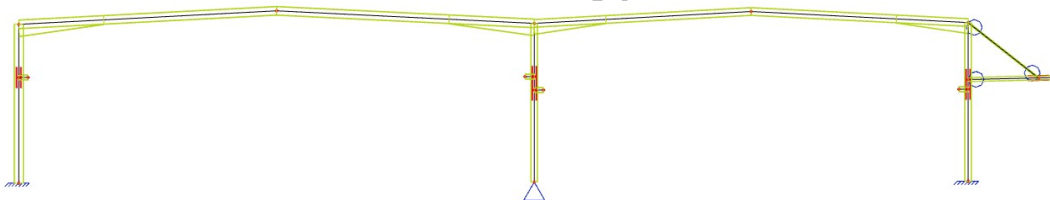
$$w_{max;p;B} := 72.8 \text{ mm} < \frac{L_1}{250} = 117.14 \text{ mm}$$

$$w_{max;p;B} := 52.5 \text{ mm} < \frac{L_2}{250} = 98.6 \text{ mm}$$

Varianta C - Rám z válcovaných průřezů s náběhem přičle a kloubovou patkou na prostředním sloupu

IPE 500 + úpalek IPE 500 (v=450 mm)
HEA 550

IPE 450 + úpalek IPE 450 (v=400 mm)
HEA 400



Vodorovný průhyb sloupu v místě JD

$$w_{sl;C} := 16.3 \text{ mm} \not< 15.875 \text{ mm}$$

$$w_{sl;C} := 26.0 \text{ mm} \not< 14.075 \text{ mm}$$

Maximální vodorovný průhyb sloupu

$$w_{max;sl;C} := 25.8 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm}$$

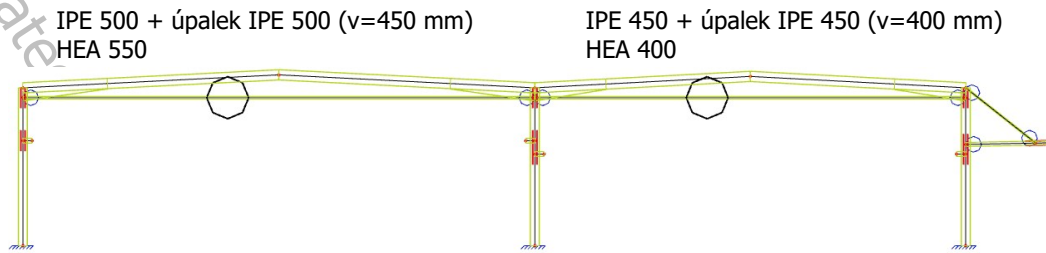
$$w_{max;sl;C} := 26.9 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm}$$

Svislý průhyb přičle

$$w_{max;p;C} := 67.7 \text{ mm} < \frac{L_1}{250} = 117.14 \text{ mm}$$

$$w_{max;p;C} := 56.4 \text{ mm} < \frac{L_2}{250} = 98.6 \text{ mm}$$

Varianta D - Rám s ocelovým táhlem



Vodorovný průhyb sloupu v místě JD

$$w_{sl;D} := 11.0 \text{ mm} < 15.875 \text{ mm}$$

$$w_{sl;D} := 7.1 \text{ mm} < 14.075 \text{ mm}$$

Maximální vodorovný průhyb sloupu

$$w_{max;sl;D} := 13.8 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm}$$

$$w_{max;sl;D} := 11.0 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm}$$

Svislý průhyb přičle

$$w_{max;p;D} := 54.4 \text{ mm} < \frac{L_1}{250} = 117.14 \text{ mm}$$

$$w_{max;p;D} := 35.6 \text{ mm} < \frac{L_2}{250} = 98.6 \text{ mm}$$

Na limitní průhyby nevyhověla jen varianta C. Ale stejně je u ostatních potřeba zvětšit průřezy kvůli meznímu stavu únosnosti.

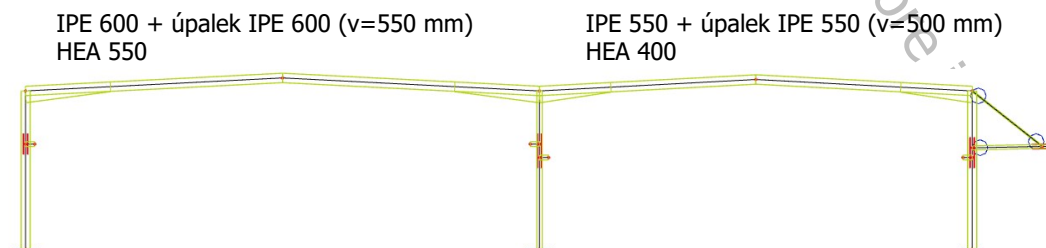
Varianta A není nejvhodnější, protože i přes poměrně masivní průřez vychází největší průhyby a bylo by třeba ještě výrazně zvětšovat jednotlivé průřezy.

Varianta B, zde jsou díky náběhům menší deformace, ale je o trochu pracnější než varianta A.

Varianta D má díky táhlu oproti variantě B zase o něco menší deformace a je pracnější než předchozí varianty, zároveň by ale měla být úspornější co se týče materiálu.

Pro návrh konstrukce z pohledu pracnosti **volím variantu B.**

Optimalizace varianty B



Předběžné posouzení MSÚ

	Využití krajního sloupu profilu HEA 550	Využití vnitřního sloupu profilu HEA 400	Využití příčle IPE 600	Využití příčle IPE 550	Využití markízy IPE 180	Využití táhla markízy F80x4
KZS1	0,21	0,32	0,47	0,42	0,65	0,89
KZS2	0,15	0,28	0,13	0,22	0,8	0,84
KZS3	0,37	0,46	0,99	0,98	0,59	0,05
KZS4	0,28	0,44	0,89	0,9	0,08	0,02
KZS5	0,32	0,45	0,94	0,97	0,05	0,28
KZS6	0,29	0,44	0,72	0,76	0,48	0,77
KZS7	0,26	0,45	0,74	0,79	0,35	0,51
KZS8	0,28	0,44	0,65	0,67	0,63	0,88
KZS9	0,25	0,42	0,71	0,75	0,06	0,25
KZS10	0,23	0,4	0,33	0,39	0,63	0,72
KZS11	0,22	0,42	0,49	0,57	0,44	0,48
KZS12	0,21	0,4	0,27	0,35	0,78	0,83

Tato optimalizace je velice zjednodušená a mezní stavy jsou posouzeny předběžně.

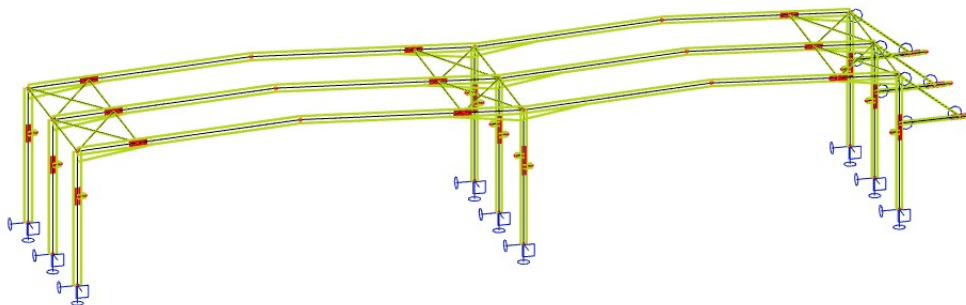
7.1.2 PROVĚŘENÍ DEFORMACÍ NA 3D MODELU KONSTRUKCE

Pro ověření deformací konstrukce byl sestaven model ze tří vnitřních vazeb.

Varianta B - Rám z válcovaných průřezů s náběhem příčle 3D

IPE 500 + úpalek IPE 500 (v=450 mm)
HEA 550

IPE 450 + úpalek IPE 450 (v=400 mm)
HEA 400

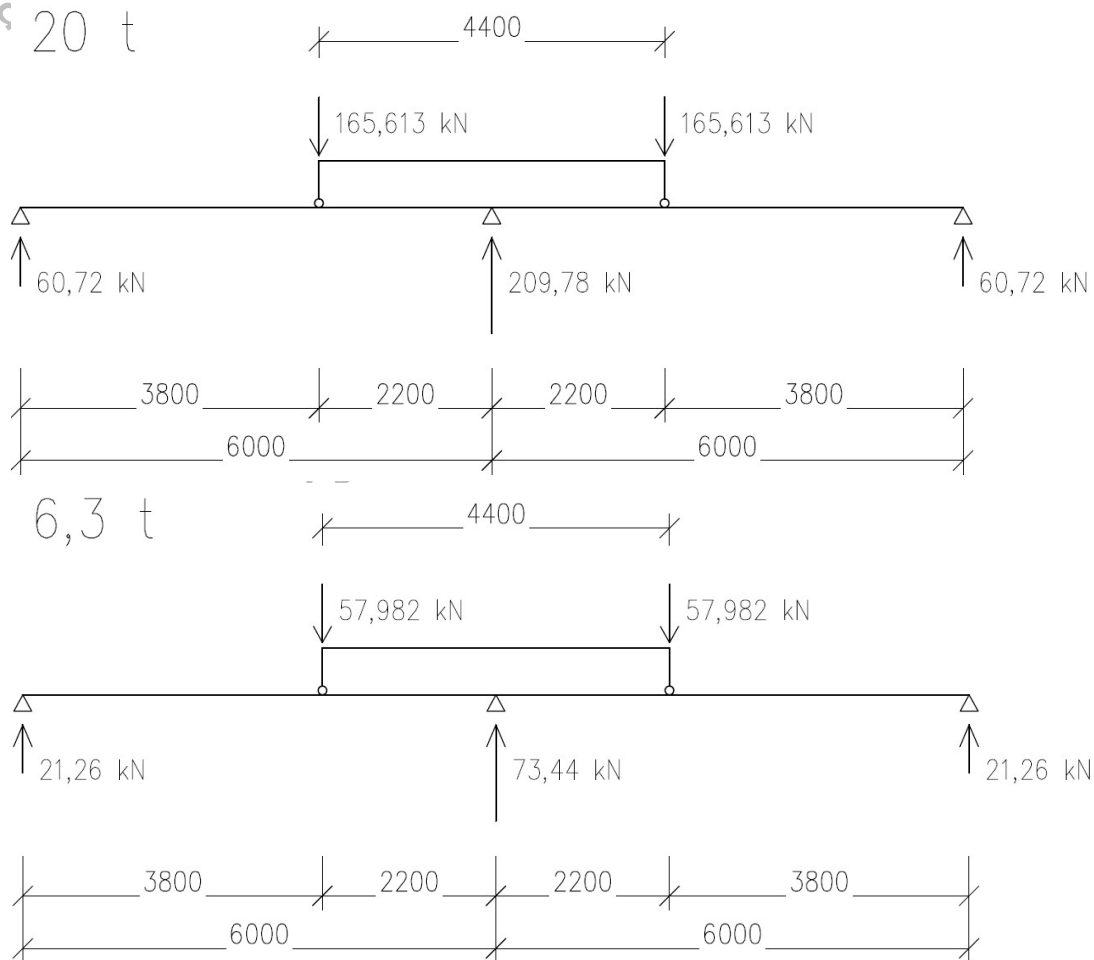


Na 3D konstrukci, byly použity stejné zatěžovací stavy a kombinace jako v případě 2D konstrukce a výsledné deformace jsou porovnány ze stejné kombinace.

Ztužení jednotlivých vazeb je navrženo předběžně podle štíhlosti

$$\frac{6000}{250} = 24 \quad \text{-->} \quad \text{Návrh: Kruhová trubka 76x3,2}$$

Zatížení od jeřábové dráhy



$H_{S;1;1;T}$ a $H_{S;2;1;T}$ uvažovány jen na prostřední zatížené vazbě
- bezpečné zjednodušení

Vodorovný průhyb sloupu v místě JD

$$w_{sl;B} := 14.5 \text{ mm} < \frac{h_{c;1}}{400} = 15.875 \text{ mm} \quad w_{sl;B} := 8.9 \text{ mm} < \frac{h_{c;2}}{400} = 14.075 \text{ mm}$$

$$w_{sl;B;3D} := 10.1 \text{ mm} \quad w_{sl;B;3D} := 3.2 \text{ mm}$$

Maximální vodorovný průhyb sloupu

$$w_{max;sl;B} := 18.0 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm} \quad w_{max;sl;B} := 12.9 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm}$$

$$w_{max;sl;B;3D} := 11.2 \text{ mm} \quad w_{max;sl;B;3D} := 4.6 \text{ mm}$$

Svislý průhyb přičle

$$w_{max;p;B} := 72.8 \text{ mm} < \frac{L_1}{250} = 117.14 \text{ mm} \quad w_{max;p;B} := 52.5 \text{ mm} < \frac{L_2}{250} = 98.6 \text{ mm}$$

$$w_{max;p;B;3D} := 76.7 \text{ mm} \quad w_{max;p;B;3D} := 50.8 \text{ mm}$$

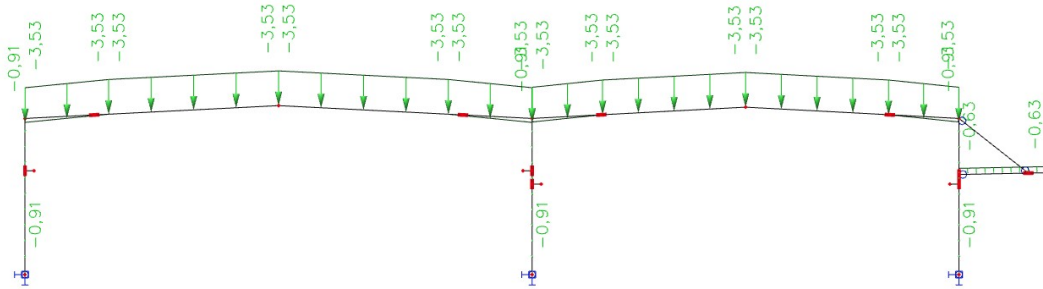
Optimalizace varianty B 3D

Zatěžovací stavy

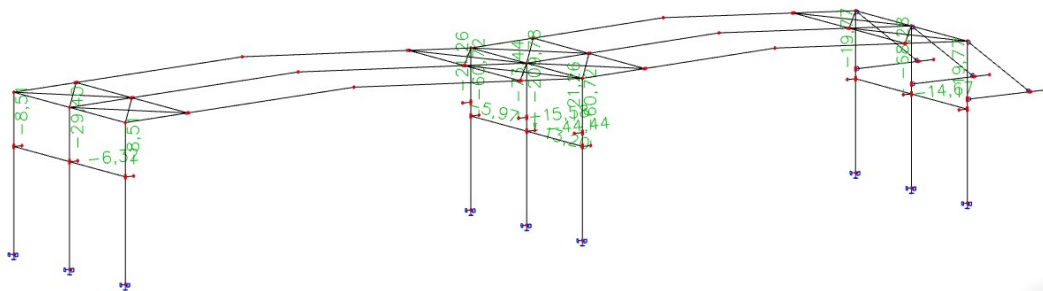
ZS1 - Vlastní tíha

Vlastní tíhu počítá Scia Engineer

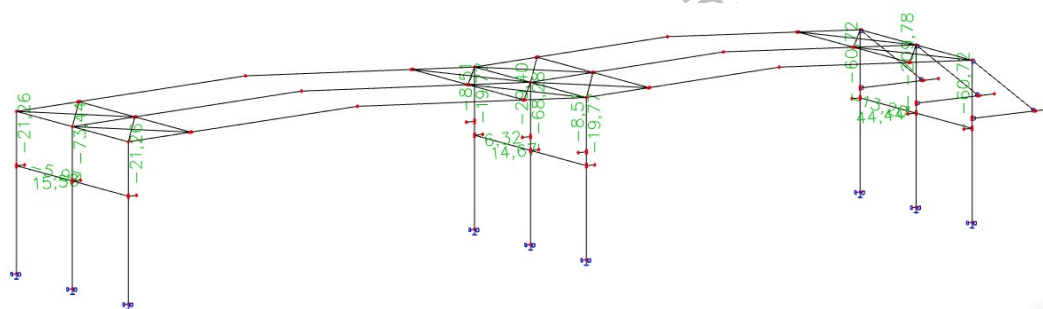
ZS2 - Stálé zatížení



ZS3 - Reakce od JD (stálé)_prostřední sloup

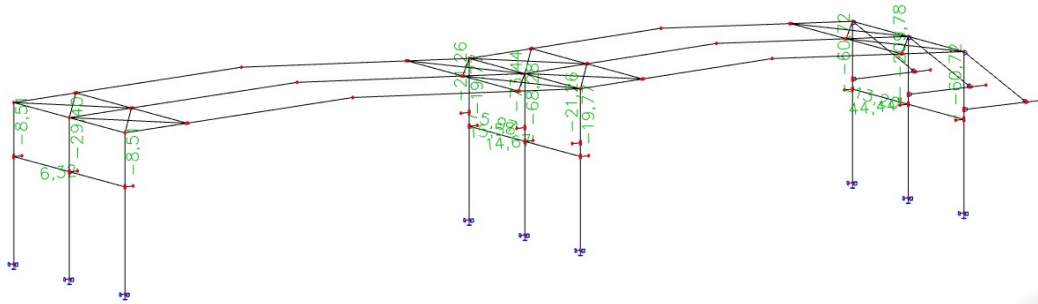


ZS4 - Reakce od JD (stálé)_krajní sloupy

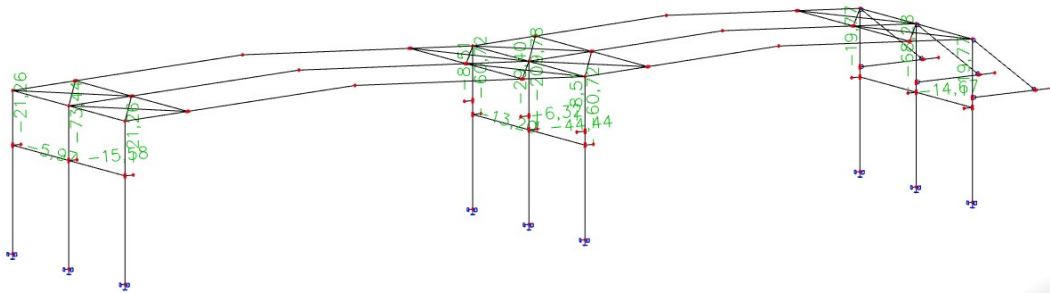


Crew

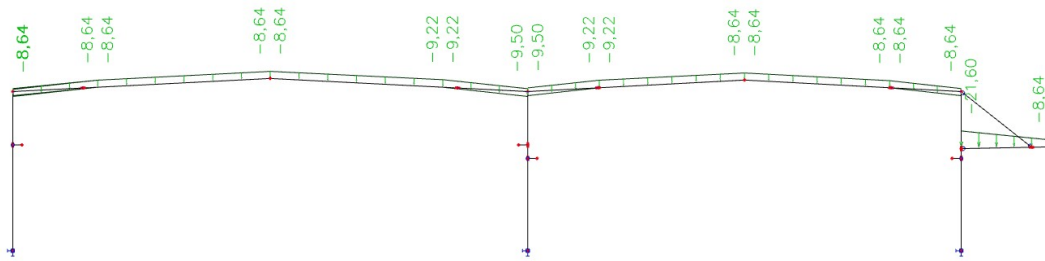
ZS5 - Reakce od JD (stálé) P



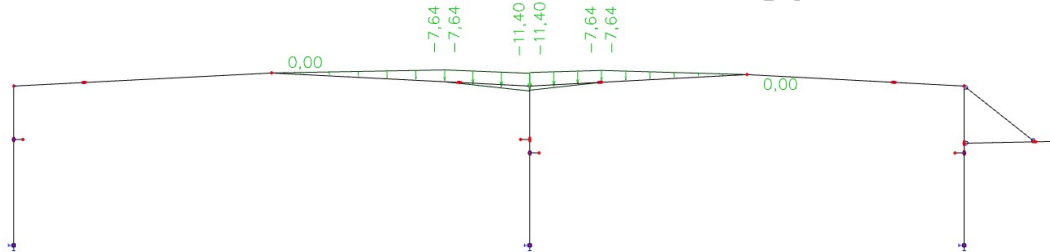
ZS6 - Reakce od JD (stálé) L



ZS7 - Sníh



ZS8 - Sníh - návětí

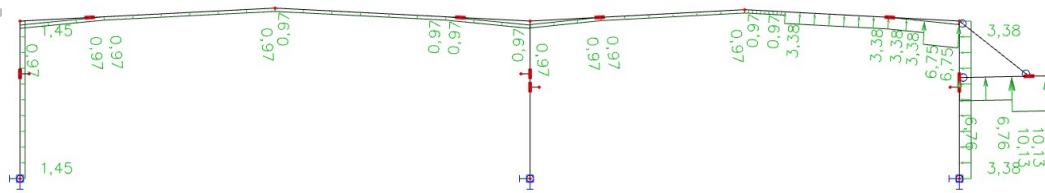


See v

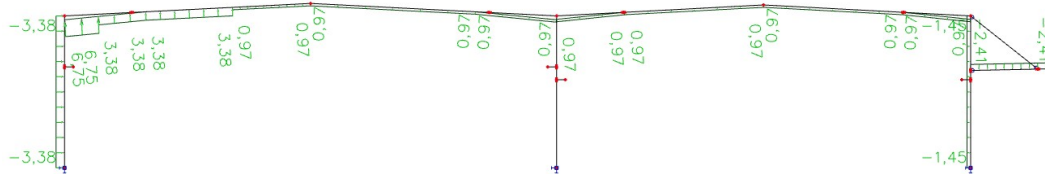
d.com

Information.

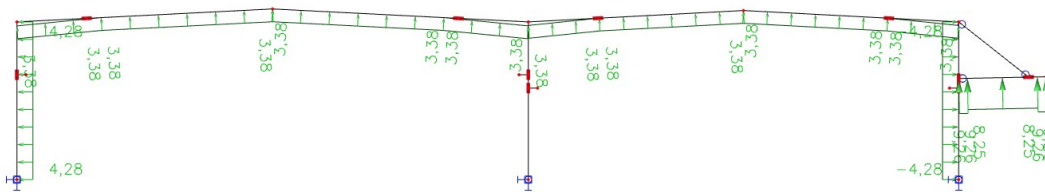
ZS9 - Vitr přičný L



ZS10 - Vitr přičný P



ZS11 - Vitr podélný



Vodorovný průhyb sloupu v místě JD

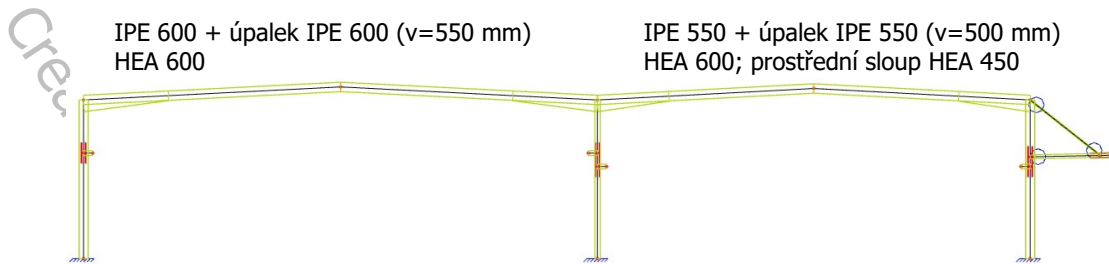
$$w_{sl;B;3D} := 13.5 \text{ mm} < \frac{h_{c;1}}{400} = 15.875 \text{ mm} \quad w_{sl;B;3D} := 13.0 \text{ mm} < \frac{h_{c;2}}{400} = 14.075 \text{ mm}$$

Maximální vodorovný průhyb sloupu

$$w_{max;sl;B;3D} := 14.5 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm} \quad w_{max;sl;B;3D} := 18.1 \text{ mm} < \frac{h_{sl}}{150} = 58.4 \text{ mm}$$

Svislý průhyb přičle

$$w_{max;p;B;3D} := 111.4 \text{ mm} < \frac{L_1}{250} = 117.14 \text{ mm} \quad w_{max;p;B;3D} := 50.5 \text{ mm} < \frac{L_2}{250} = 98.6 \text{ mm}$$



Předběžné posouzení MSÚ

	Využití krajního sloupu profilu IPE 450	Využití vnitřního sloupu profilu IPE 400	Využití příčle IPE 500	Využití příčle IPE 450	Využití markízy IPE 180	Využití táhla markízy F80x4
KZS1	0,18	0,29	0,39	0,10	0,65	0,90
KZS2	0,34	0,06	0,40	0,11	0,65	0,90
KZS3	0,21	0,27	0,40	0,10	0,65	0,90
KZS4	0,27	0,14	0,30	0,28	0,03	0,02
KZS5	0,06	0,27	0,02	0,02	0,80	0,85
KZS6	0,38	0,04	0,03	0,16	0,80	0,85
KZS7	0,11	0,38	0,02	0,08	0,80	0,85
KZS8	0,38	0,09	0,10	0,17	0,80	0,85
KZS9	0,44	0,43	1,11	0,69	0,58	0,05
KZS10	0,57	0,19	1,13	0,74	0,58	0,05
KZS11	0,46	0,40	1,14	0,73	0,58	0,05
KZS12	0,57	0,26	1,11	0,79	0,58	0,05
KZS13	0,34	0,42	0,84	0,61	0,07	0,03
KZS14	0,52	0,15	0,85	0,65	0,07	0,03
KZS15	0,36	0,51	0,87	0,59	0,07	0,03
KZS16	0,53	0,24	0,83	0,66	0,07	0,03
KZS17	0,41	0,42	0,98	0,55	0,02	0,28
KZS18	0,55	0,15	0,99	0,68	0,05	0,28
KZS19	0,43	0,40	1,01	0,63	0,05	0,28
KZS20	0,56	0,25	0,88	0,70	0,58	0,05
KZS21	0,33	0,40	0,75	0,48	0,48	0,77
KZS22	0,51	0,10	0,76	0,52	0,48	0,77
KZS23	0,38	0,40	0,77	0,46	0,48	0,77
KZS24	0,52	0,21	0,59	0,53	0,36	0,03
KZS25	0,31	0,41	0,71	0,51	0,35	0,51
KZS26	0,52	0,11	0,72	0,55	0,35	0,51
KZS27	0,32	0,50	0,73	0,50	0,35	0,51
KZS28	0,51	0,22	0,62	0,57	0,07	0,03
KZS29	0,28	0,40	0,61	0,41	0,63	0,89
KZS30	0,49	0,08	0,62	0,45	0,63	0,89
KZS31	0,35	0,49	0,63	0,40	0,63	0,89
KZS32	0,50	0,20	0,51	0,47	0,07	0,03
KZS33	0,29	0,41	0,69	0,48	0,06	0,25
KZS34	0,54	0,10	0,71	0,52	0,06	0,25
KZS35	0,35	0,51	0,72	0,47	0,06	0,25
KZS36	0,54	0,21	0,68	0,54	0,06	0,25
KZS37	0,13	0,39	0,25	0,21	0,63	0,72
KZS38	0,54	0,05	0,25	0,26	0,63	0,72
KZS39	0,22	0,50	0,28	0,20	0,63	0,72
KZS40	0,54	0,16	0,24	0,26	0,63	0,72
KZS41	0,18	0,40	0,42	0,35	0,44	0,48
KZS42	0,54	0,07	0,43	0,39	0,44	0,48
KZS43	0,22	0,51	0,44	0,34	0,44	0,48
KZS44	0,54	0,19	0,43	0,37	0,44	0,48
KZS45	0,10	0,39	0,11	0,15	0,78	0,84
KZS46	0,52	0,04	0,09	0,18	0,78	0,84
KZS47	0,19	0,51	0,15	0,13	0,78	0,84
KZS48	0,52	0,16	0,17	0,25	0,78	0,84

Tato optimalizace je velice zjednodušená a mezní stavy jsou posouzeny předběžně.

7.1.3 SLOUP 1

Rámové imperfekce

Součinitel zohledňující výšku rámu $h_{sl} := 8.76 \text{ m}$

$$\alpha_h := \frac{2}{\sqrt{h_{sl}}} = 0.676 \quad \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1$$

Součinitel zohledňující počet sloupů v řadě $m := 3$

$$\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 0.816$$

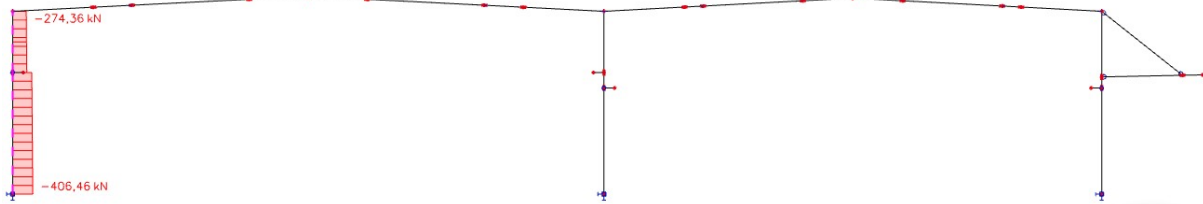
Úhel natočení sloupů $\theta_0 := \frac{1}{200}$

$$\theta := \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 0.003$$

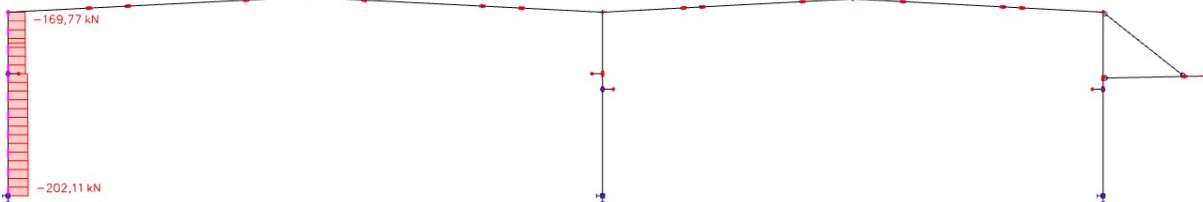
Výpočet vnitřních sil

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

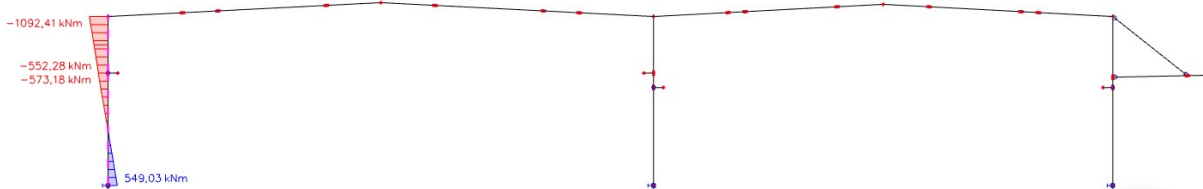
Normálová síla - NK_KZS10



Posouvající síla - NK_KZS19



Moment y - NK_KZS9



7.1.3.1 Posouzení sloupu 1

Oba krajní sloupy rámové vazby jsou stejného průřezu.

Uvažované vnitřní síly pro posouzení

$$\begin{aligned} N_{Ed;sl1;1} &:= 406.46 \text{ kN} & N_{Ed;sl1;2} &:= 274.36 \text{ kN} \\ V_{Ed;sl1} &:= 202.11 \text{ kN} \\ M_{Ed;y;sl1} &:= 1092.41 \text{ kN}\cdot\text{m} & M_{Ed;z;sl1} &:= 0 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

HEA 600

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

ocel S355

$$\begin{aligned} h_{HEA600} &:= 590 \text{ mm} & b_{HEA600} &:= 300 \text{ mm} & r_{HEA600} &:= 27 \text{ mm} \\ t_{w;sl1} &:= 13.0 \text{ mm} & t_{f;sl1} &:= 25.0 \text{ mm} & d_{sl1} &:= 486 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{y;sl1} &:= 141200 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & I_{z;sl1} &:= 11270 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \\ i_{y;sl1} &:= 250 \text{ mm} & i_{z;sl1} &:= 70.5 \text{ mm} \\ w_{y;el;sl1} &:= 4787 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 & w_{y;pl;sl1} &:= 5350 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ w_{z;el;sl1} &:= 751.4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 & w_{z;pl;sl1} &:= 1156 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ I_{t;sl1} &:= 397.8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & I_{w;sl1} &:= 8978 \cdot 10^9 \text{ mm}^6 \\ A_{sl1} &:= 22650 \text{ mm}^2 & A_{vz;sl1} &:= 9321 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU SLOUPU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ TLAKU A OHYBU

$$\chi_{sl1} := \frac{N_{Ed;sl1;1}}{t_{w;sl1} \cdot f_y} = 88.074 \text{ mm} \quad \alpha_{c;sl1} := \frac{d_{sl1} + \chi_{sl1}}{2} = 287.037 \text{ mm}$$

$$\alpha_{sl1} := \frac{\alpha_{c;sl1}}{d_{sl1}} = 0.591 \quad \rightarrow \alpha > 0.5$$

ZATŘÍDĚNÍ STOJINY

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d_{sl1}}{t_{w;sl1}} = 37.385 \quad \varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{sl1} - 1} = 48.247 \quad 37.385 < 48.271 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy průřezu je splněna.

ZATŘÍDĚNÍ PÁSNICE

$$\frac{c}{t_{f;sl1}} = 4.66 \quad h_{sl} := 8.76 \text{ m} \\ c := b_{HEA600} \cdot 0.5 - t_{w;sl1} \cdot 0.5 - r_{HEA600} = 116.5 \text{ mm}$$

$$9 \cdot \varepsilon = 7.323 \quad 4.66 < 7.323 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy průřezu je splněna.

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Pro vzpěr v rovině rámu (vybočení kolmo k ose y) se použije vzpěrná délka $L_{cr;y;sl1}$ v délce rámového sloupu a z roviny rámu se použije $L_{cr;z;sl1}$ v délce rámového sloupu k nosníku JD, sloup rámu je zajištěn v patce proti posunům.

ŠTÍHLOSTI SLOUPU

$$L_{cr;y;sl1} := h_{sl} = 8.76 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;sl1} := 5.75 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;sl1} := \frac{L_{cr;y;sl1}}{i_{y;sl1}} = 35.04$$

$$\lambda_{z;sl1} := \frac{L_{cr;z;sl1}}{i_{z;sl1}} = 81.56$$

PŘÍŘAZENÍ KŘIVEK VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$\frac{h_{HEA600}}{b_{HEA600}} = 1.967 > 1.2$$

$$t_{f;sl1} = 25 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose y-y --> křivka a; z-z --> křivka b

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{y;sl1_} := \frac{\lambda_{y;sl1}}{\lambda_1} = 0.459 \quad \text{-->} \quad \chi_{y;sl1} := 0.936$$

$$\lambda_{z;sl1_} := \frac{\lambda_{z;sl1}}{\lambda_1} = 1.068 \quad \text{-->} \quad \chi_{z;sl1} := 0.553$$

VLIV KLOPENÍ

$$L_{sl1} := L_{cr;y;sl1} = 8.76 \text{ m}$$

$$\text{průběh momentu: } C_{1,0} := 2.55$$

$$C_{1,1} := 2.85$$

$$\text{součinitele vzpěrné délky (vetknutí a kloub)} \quad k_w := 0.7$$

$$k_y := 0.7$$

$$k_z := 1.0$$

$$k_{wt} := \frac{\pi}{k_w \cdot L_{sl1}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_{w;sl1}}{G \cdot I_{t;sl1}}} = 1.239$$

$$C_{1;sl1} := C_{1;0} + (C_{1;1} - C_{1;0}) \cdot k_{wt} = 2.922$$

$$k_{wt} \geq 1.0 \rightarrow C_{1;sl1} := C_{1;1} = 2.85$$

$$C_{1;sl1} = 2.85 \quad \square \leq \square \quad C_{1;1} = 2.85$$

$$\mu_{cr;sl1} := \frac{C_{1;sl1}}{k_z} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2} = 4.538$$

$$M_{cr;sl1} := \mu_{cr;sl1} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_{z;sl1} \cdot G \cdot I_{t;sl1}}}{L_{sl1}} = (4.495 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;y;sl1} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;sl1} \cdot f_y}{M_{cr;sl1}}} = 0.65$$

$$\chi_{LT;sl1} := 0.870 \quad (\text{tabulka, křivka a})$$

$$\chi_{LT;sl1} = 0.87 \quad \square \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;sl1} = 0.87 \quad \square \leq \square \quad \frac{1}{\lambda_{LT;y;sl1}^2} = 2.367$$

POSOUZENÍ SLOUPU NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

Pod JD

$$\psi_{sl1;1} := \frac{549.03 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-573.18 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.958$$

$$C_{my} = 0.9$$

$$C_{m;LT;sl1;1} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl1;1}, 0.4) = 0.4$$

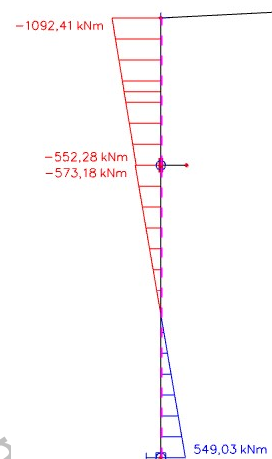
Nad JD

$$\psi_{sl1;2} := \frac{-573.18 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-1092.41 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.525$$

$$C_{my} = 0.9$$

$$C_{m;LT;sl1;2} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl1;2}, 0.4) = 0.81$$

Dále bezpečně uvažuji $C_{m;LT;sl1;2}$ nad JD



CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;sl1} := A_{sl1} \cdot f_y = (8.041 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;sl1} := w_{y;pl;sl1} \cdot f_y = (1.899 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;sl1} := \min \left(C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;sl1} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;sl1;1}}{\chi_{y;sl1} \cdot \frac{N_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;sl1;1}}{\chi_{y;sl1} \cdot \frac{N_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.913$$

$$k_{zy;sl1} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;sl1}}{(C_{m;LT;sl1;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl1;1}}{\chi_{z;sl1} \cdot \frac{N_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{m;LT;sl1;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl1;1}}{\chi_{z;sl1} \cdot \frac{N_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.984$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;sl1;1}}{\chi_{y;sl1} \cdot \frac{N_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;sl1} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl1}}{\chi_{LT;sl1} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} = 0.657 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;sl1;1}}{\chi_{z;sl1} \cdot \frac{N_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;sl1} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl1}}{\chi_{LT;sl1} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} = 0.742 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKA ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;sl1;1}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;sl1}}{\gamma_{M0}} = 0.626 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

$$V_{Rd;sl1} := \frac{A_{vz;sl1} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = (1.91 \cdot 10^3) \text{ kN} \quad \geq V_{Ed;sl1} = 202.11 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{Ed;sl1} = 202.11 \text{ kN} \quad < 0.5 \cdot V_{Rd;sl1} = 955.213 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost vyhovuje s velkou rezervou a protože se jedná o malý smyk, není třeba zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu.

KROUCENÍ

Posouzení namáhání na účinek kroucení způsobený vodorovnou silou $H_{L;k}$.

$$l_{konzola} := 600 \text{ mm}$$

$$h_{JD1} := 5.75 \text{ m}$$

$$R_{b;z;sl1} := \frac{H_{L;k;m} \cdot h_{JD1}}{h_{sl}} = 3.917 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;z;sl1;k} := R_{b;z;sl1} \cdot (h_{sl} - h_{JD1}) = 11.792 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{sl1} := \frac{h_{HEA600}}{2} + l_{konzola} = 895 \text{ mm}$$

$$K_{t;sl1} := L_{sl1} \cdot \sqrt{\frac{G \cdot I_{t;sl1}}{E \cdot I_{w;sl1}}} = 3.621$$

Kroutící zatížení obecné, vetknutí --> $\alpha := 6.9$ a $\beta := 1.14$

$$\kappa_{sl1} := \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_{t;sl1}}\right)^2} = 0.21$$

$$B_{Ed;sl1} := M_{Ed;z;sl1;k} \cdot e_{sl1} \cdot (1 - \kappa_{sl1}) = 8.341 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$\omega_{max;sl1} := \frac{h_{HEA600} \cdot b_{HEA600}}{4} = (4.425 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk;sl1} := \frac{I_{w;sl1} \cdot f_y}{\omega_{max;sl1}} = 72.027 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$k_{w;sl1} := 0.7 - \frac{0.2 \cdot B_{Ed;sl1}}{\frac{B_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} = 0.677$$

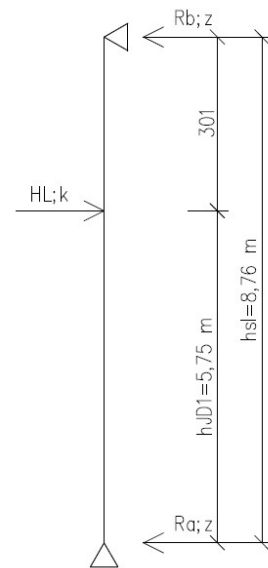
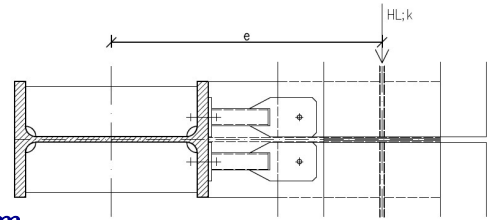
$$k_{zw;sl1} := 1 - \frac{M_{Ed;z;sl1}}{w_{z;pl;sl1} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1$$

$$k_{a;sl1} := \frac{1}{1 - \frac{M_{Ed;y;sl1}}{M_{cr;sl1}}} = 1.321$$

POSOUZENÍ KROUCENÍ

$$\frac{k_{w;sl1} \cdot k_{zw;sl1} \cdot k_{a;sl1} \cdot B_{Ed;sl1}}{\frac{B_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} = 0.104 \quad \square \leq 1.0$$

VYHOVUJE



PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{k_{w;sl1} \cdot k_{zw;sl1} \cdot k_{a;sl1} \cdot B_{Ed;sl1}}{\frac{B_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} + \frac{N_{Ed;sl1;1}}{\chi_{y;sl1} \cdot \frac{N_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;sl1} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl1}}{\chi_{LT;sl1} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} = 0.761 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{k_{w;sl1} \cdot k_{zw;sl1} \cdot k_{a;sl1} \cdot B_{Ed;sl1}}{\frac{B_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} + \frac{N_{Ed;sl1;1}}{\chi_{z;sl1} \cdot \frac{N_{Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;sl1} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl1}}{\chi_{LT;sl1} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl1}}{\gamma_{M1}}} = 0.845 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

VLIV TEPLoty NA KONSTRUKCI

Konstrukce byla zatížena a posouzena bez vlivu působení tepelné roztažnosti. Je tedy potřeba zkontrolovat zda-li teplota, která působí na halu neovlivní negativně posudek.

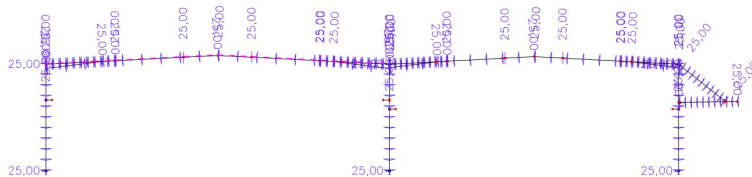
Maximální teplotní stavy:

- ZS12 - Teplota+ $T := 40^\circ\text{C}$ ($\Delta T_1 := 25^\circ\text{C}$)

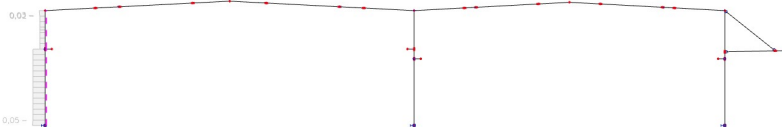
- ZS13 - Teplota- $T := 0^\circ\text{C}$ ($\Delta T_2 := -15^\circ\text{C}$)

Konstrukce skladovací haly je dimenzována při montážní teplotě $T := 15^\circ\text{C}$

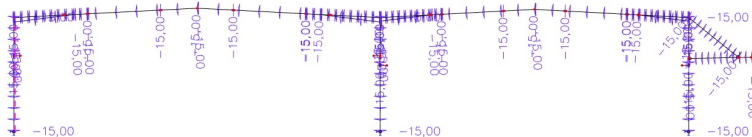
ZS12 - Teplota+



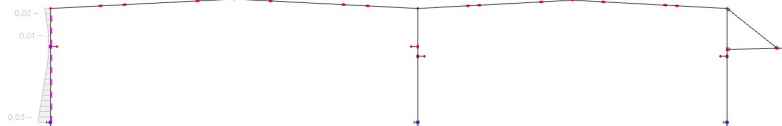
Posouzení MSÚ



ZS13 - Teplota-



Posouzení MSÚ



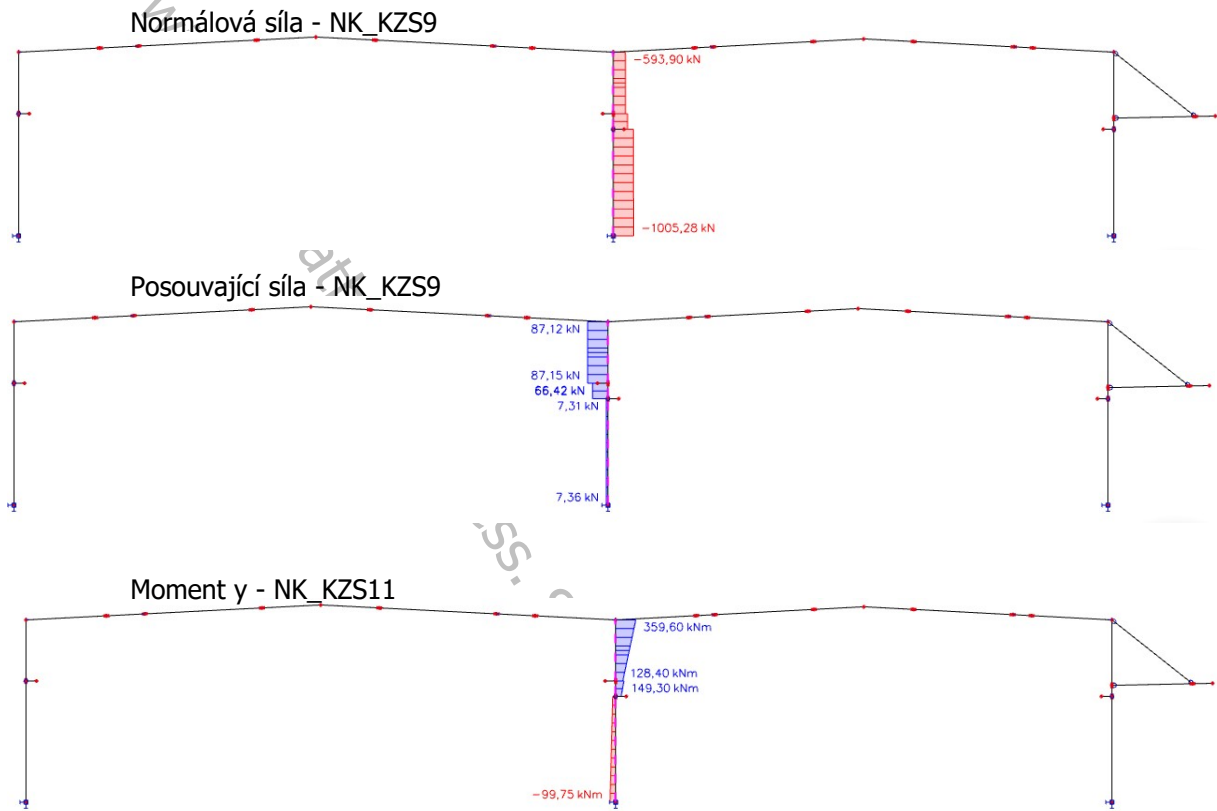
Maximální využití průřezu sloupu bez předchozího uvážení teploty je 84,5%.
Maximální využití průřezu od teploty je 5% (ZS12), průřez má tedy dostatečnou rezervu.

PRŮŘEZ SLOUPU HEA 600 --> VYHOVUJE

7.1.4 SLOUP 2

Výpočet vnitřních sil

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.



7.1.4.1 Posouzení sloupu 2

Prostřední sloup jiného průřezu než krajní sloupy.

Uvažované vnitřní síly pro posouzení

$$N_{Ed;sl2;1} := 1005.28 \text{ kN} \quad N_{Ed;sl2;2} := 593.90 \text{ kN}$$

$$V_{Ed;sl2} := 87.15 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;y;sl2} := 359.60 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed;z;sl2} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

HEA 450

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

ocel S355

$$h_{HEA450} := 440 \text{ mm} \quad b_{HEA450} := 300 \text{ mm} \quad r_{HEA450} := 27 \text{ mm}$$

$$t_{w;sl2} := 11.5 \text{ mm} \quad t_{f;sl2} := 21.0 \text{ mm} \quad d_{sl2} := 344 \text{ mm}$$

$$I_{y;sl2} := 63720 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{y;sl2} := 189 \text{ mm}$$

$$w_{y;el;sl2} := 2896 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;el;sl2} := 631.0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{t;sl2} := 243.8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A_{sl2} := 17800 \text{ mm}^2$$

$$I_{z;sl2} := 9465 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{z;sl2} := 72.9 \text{ mm}$$

$$w_{y;pl;sl2} := 3216 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;pl;sl2} := 965.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{w;sl2} := 4148 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$A_{vz;sl2} := 6578 \text{ mm}^2$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU SLOUPU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ TLAKU A OHYBU

$$\chi_{sl2} := \frac{N_{Ed;sl2;1}}{t_{w;sl2} \cdot f_y} = 246.241 \text{ mm} \quad \alpha_{c;sl2} := \frac{d_{sl2} + \chi_{sl2}}{2} = 295.121 \text{ mm}$$

$$\alpha_{sl2} := \frac{\alpha_{c;sl2}}{d_{sl2}} = 0.858 \quad \rightarrow \alpha > 0.5$$

ZATŘÍDĚNÍ STOJINY

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d_{sl2}}{t_{w;sl2}} = 29.913 \quad \varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{sl2} - 1} = 31.734 \quad 29.913 < 31.136 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy průřezu je splněna.

ZATŘÍDĚNÍ PÁSNICE

$$\frac{c_{sl2}}{t_{f;sl2}} = 5.583 \quad h_{sl} := 8.76 \text{ m} \\ c_{sl2} := b_{HEA450} \cdot 0.5 - t_{w;sl2} \cdot 0.5 - r_{HEA450} = 117.25 \text{ mm}$$

$$9 \cdot \varepsilon = 7.323 \quad 5.583 < 7.323 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy průřezu je splněna.

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Pro vzpěr v rovině rámu (vybočení kolmo k ose y) se použije vzpěrná délka $L_{cr;y;sl2}$ v délce rámového sloupu a z roviny rámu se použije $L_{cr;z;sl2}$ v délce rámového sloupu k nosníku JD, sloup rámu je zajištěn v patce proti posunům.

ŠTÍHLOSTI SLOUPU

$$L_{cr;y;sl2} := h_{sl} = 8.76 \text{ m} \\ L_{cr;z;sl2} := 4.99 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;sl2} := \frac{L_{cr;y;sl2}}{i_{y;sl2}} = 46.349$$

$$\lambda_{z;sl2} := \frac{L_{cr;z;sl2}}{i_{z;sl2}} = 68.45$$

PŘÍRAZENÍ KŘIVEK VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$\frac{h_{HEA450}}{b_{HEA450}} = 1.467 > 1.2$$

$$t_{f;sl2} = 21 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose y-y --> křivka a; z-z --> křivka b

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{y;sl2} := \frac{\lambda_{y;sl2}}{\lambda_1} = 0.607 \quad \rightarrow \quad \chi_{y;sl2} := 0.886$$

$$\lambda_{z;sl2} := \frac{\lambda_{z;sl2}}{\lambda_1} = 0.896 \quad \rightarrow \quad \chi_{z;sl2} := 0.661$$

VLIV KLOPENÍ

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$M_{cr;sl2} := 5182.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;y;sl2} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;sl2} \cdot f_y}{M_{cr;sl2}}} = 0.469$$

$$\chi_{LT;sl2} := 0.933 \quad (\text{tabulka, křivka a})$$

$$\chi_{LT;sl2} = 0.933 \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;sl2} = 0.933 \leq \frac{1}{\lambda_{LT;y;sl2}^2} = 4.54$$

POSOUZENÍ SLOUPU NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

Pod JD

$$\psi_{sl2;1} := \frac{-50.56 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-88.85 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.569$$

$$C_{my} = 0.9$$

$$C_{m;LT;sl2;1} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl2;1}, 0.4) = 0.828$$

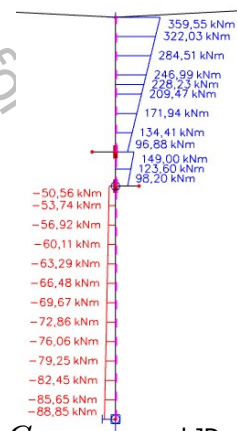
Nad JD

$$\psi_{sl2;2} := \frac{149.0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{359.55 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.414$$

$$C_{my} = 0.9$$

$$C_{m;LT;sl2;2} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl2;2}, 0.4) = 0.766$$

Dále bezpečně uvažuji $C_{m;LT;sl2;2}$ nad JD



CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;sl2} := A_{sl2} \cdot f_y = (6.319 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;sl2} := w_{y;pl;sl2} \cdot f_y = (1.142 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;sl2} := \min \left(C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;sl2} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;sl2;1}}{\chi_{y;sl2} \cdot \frac{N_{Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;sl2;1}}{\chi_{y;sl2} \cdot \frac{N_{Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.966$$

$$k_{zy;sl2} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;sl2}}{(C_{m;LT;sl2;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl2;1}}{\chi_{z;sl2} \cdot \frac{N_{Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{m;LT;sl2;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl2;1}}{\chi_{z;sl2} \cdot \frac{N_{Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.958$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;sl2;1}}{\chi_{y;sl2} \cdot \frac{N_{Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;sl2} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl2}}{\chi_{LT;sl2} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} = 0.506 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;sl2;1}}{\chi_{z;sl2} \cdot \frac{N_{Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;sl2} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl2}}{\chi_{LT;sl2} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} = 0.564 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKA ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;sl2;1}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;sl2}}{\gamma_{M0}} = 0.474 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

$$V_{Rd;sl2} := \frac{A_{vz;sl2} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = (1.348 \cdot 10^3) \text{ kN} \quad \geq \quad V_{Ed;sl2} = 87.15 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{Ed;sl2} = 87.15 \text{ kN} \quad < \quad 0.5 \cdot V_{Rd;sl2} = 674.111 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost vyhovuje s velkou rezervou a protože se jedná o malý smyk, není třeba zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu.

KROUCENÍ

Posouzení namáhání na účinek kroucení způsobený vodorovnou silou $H_{L;k}$.

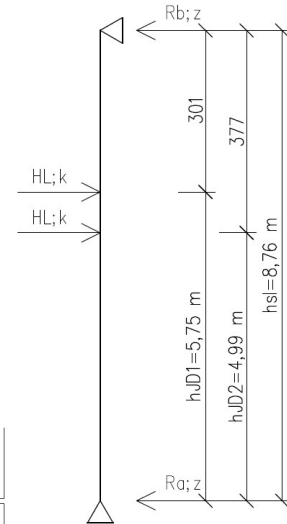
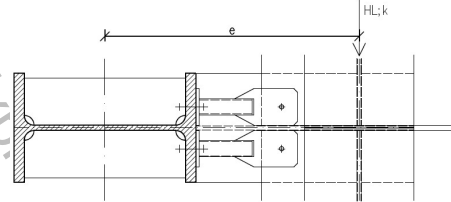
$$l_{konzola} := 600 \text{ mm} \quad h_{JD1} = 5.75 \text{ m} \quad h_{JD2} := 4.99 \text{ m}$$

$$R_{b;z;sl2} := \frac{H_{L;k;m} \cdot h_{JD1} + H_{L;k} \cdot h_{JD2}}{h_{sl}} = 11.435 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;z;sl2;k} := R_{b;z;sl2} \cdot (h_{sl} - h_{JD2}) = 43.109 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{sl2} := \frac{h_{HEA450}}{2} + l_{konzola} = 820 \text{ mm}$$

$$K_{t;sl2} := L_{sl1} \cdot \sqrt{\frac{G \cdot I_{t;sl2}}{E \cdot I_{w;sl2}}} = 4.171$$



Kroutící zatížení obecné, vetknutí --> $\alpha := 6.9$ a $\beta := 1.14$

$$\kappa_{sl2} := \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_{t;sl2}}\right)^2} = 0.258$$

$$B_{Ed;sl2} := M_{Ed;z;sl2;k} \cdot e_{sl2} \cdot (1 - \kappa_{sl2}) = 26.231 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$\omega_{max;sl2} := \frac{h_{HEA450} \cdot b_{HEA450}}{4} = (3.3 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk;sl2} := \frac{I_{w;sl2} \cdot f_y}{\omega_{max;sl2}} = 44.622 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$k_{w;sl2} := 0.7 - \frac{0.2 \cdot B_{Ed;sl2}}{B_{Rk;sl2}} = 0.582$$

$$k_{zw;sl2} := 1 - \frac{M_{Ed;z;sl2}}{w_{z;pl;sl2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1$$

$$k_{a;sl2} := \frac{1}{1 - \frac{\gamma_{M1}}{M_{Ed;y;sl2}}} = 1.075$$

POSOUZENÍ KROUCENÍ

$$\frac{k_{w;sl2} \cdot k_{zw;sl2} \cdot k_{a;sl2} \cdot B_{Ed;sl2}}{B_{Rk;sl2} \cdot \gamma_{M1}} = 0.368 \quad \leq 1.0$$

VYHOVUJE

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{k_{w;sl2} \cdot k_{zw;sl2} \cdot k_{a;sl2} \cdot B_{Ed;sl2}}{\frac{B_{Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} + \frac{N_{Ed;sl2;1}}{\chi_{y;sl2} \cdot \frac{N_{Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;sl2} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl2}}{\chi_{LT;sl2} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} = 0.873 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{k_{w;sl2} \cdot k_{zw;sl2} \cdot k_{a;sl2} \cdot B_{Ed;sl2}}{\frac{B_{Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} + \frac{N_{Ed;sl2;1}}{\chi_{z;sl2} \cdot \frac{N_{Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;sl2} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl2}}{\chi_{LT;sl2} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl2}}{\gamma_{M1}}} = 0.932 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

VLIV TEPLoty NA KONSTRUKCI

Konstrukce byla zatížena a posouzena bez vlivu působení tepelné roztažnosti. Je tedy potřeba zkontrolovat zda-li teplota, která působí na halu neovlivní negativně posudek.

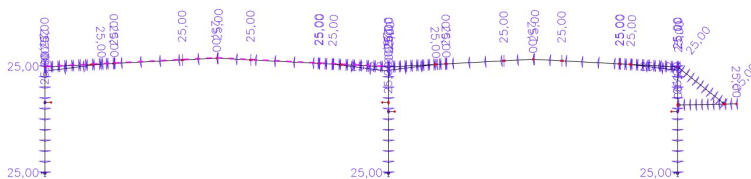
Maximální teplotní stavy:

- ZS12 - Teplota+ $T := 40^\circ\text{C}$ ($\Delta T_1 := 25^\circ\text{C}$)

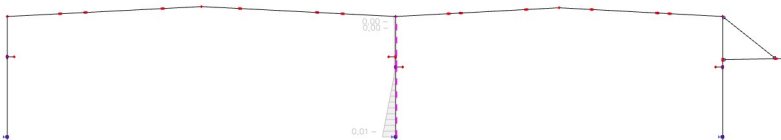
- ZS13 - Teplota- $T := 0^\circ\text{C}$ ($\Delta T_2 := -15^\circ\text{C}$)

Konstrukce skladovací haly je dimenzována při montážní teplotě $T := 15^\circ\text{C}$

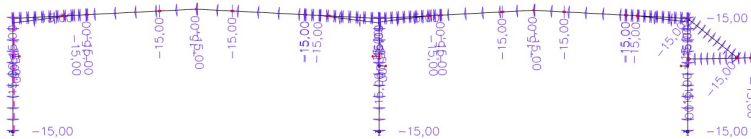
ZS12 - Teplota+



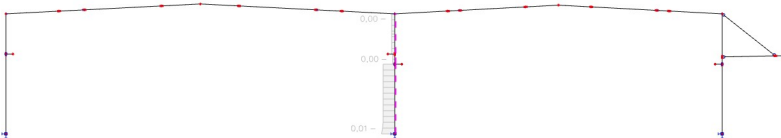
Posouzení MSÚ



ZS13 - Teplota-



Posouzení MSÚ



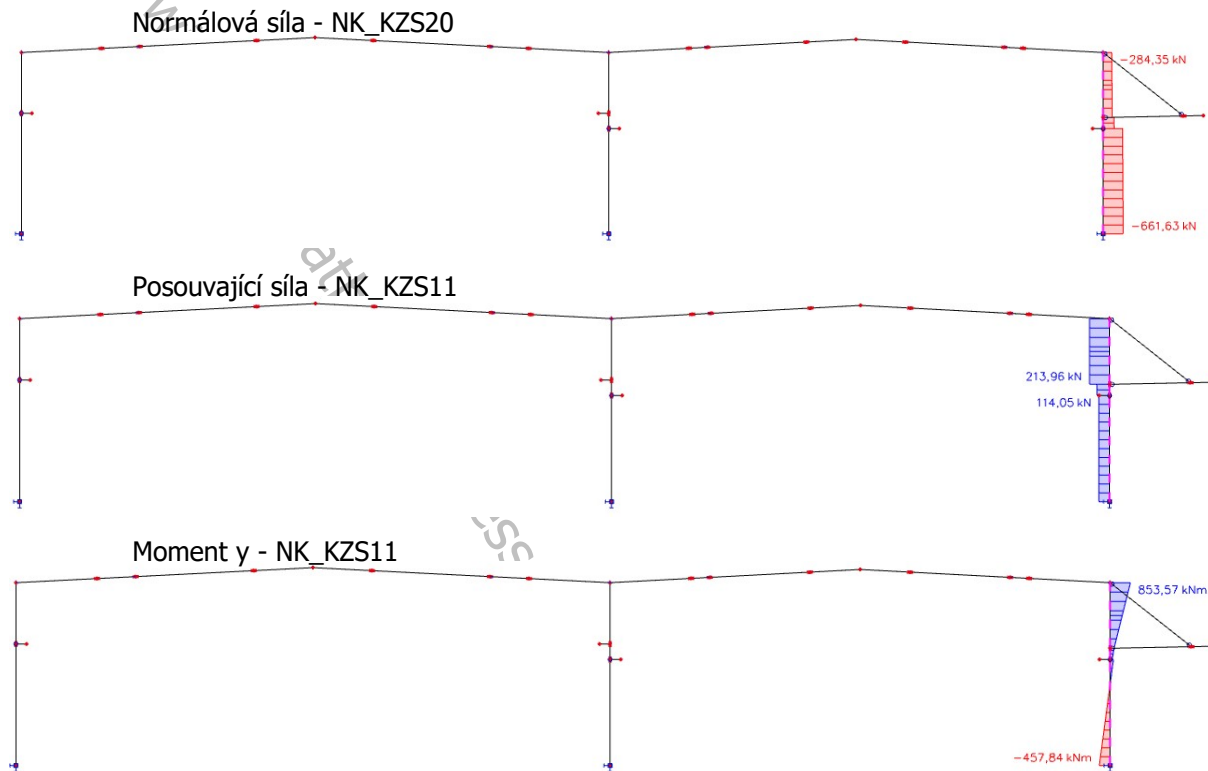
Maximální využití průřezu sloupu bez předchozího uvážení teploty je 93,2%.
Maximální využití průřezu od teploty je 1% (ZS12), průřez má tedy dostatečnou rezervu.

PRŮŘEZ SLOUPU HEA 450 --> VYHOVUJE

7.1.5 SLOUP 3

Výpočet vnitřních sil

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.



7.1.5.1 Posouzení sloupu 3

Oba krajní sloupy rámové vazby jsou stejného průřezu.

Uvažované vnitřní síly pro posouzení

$$N_{Ed;sl3;1} := 661.63 \text{ kN} \quad N_{Ed;sl3;2} := 284.35 \text{ kN}$$

$$V_{Ed;sl3} := 213.96 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;y;sl3} := 853.57 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{Ed;z;sl3} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

HEA 600

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

ocel S355

$$h_{HEA600} := 590 \text{ mm} \quad b_{HEA600} := 300 \text{ mm} \quad r_{HEA600} := 27 \text{ mm}$$

$$t_{w;sl3} := 13.0 \text{ mm} \quad t_{f;sl3} := 25.0 \text{ mm} \quad d_{sl3} := 486 \text{ mm}$$

$$I_{y;sl3} := 141200 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{y;sl3} := 250 \text{ mm}$$

$$W_{y;el;sl3} := 4787 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{z;el;sl3} := 751.4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{t;sl3} := 397.8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A_{sl3} := 22650 \text{ mm}^2$$

$$I_{z;sl3} := 11270 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{z;sl3} := 70.5 \text{ mm}$$

$$W_{y;pl;sl3} := 5350 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{z;pl;sl3} := 1156 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{w;sl3} := 8978 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$A_{vz;sl3} := 9321 \text{ mm}^2$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU SLOUPU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ TLAKU A OHYBU

$$\chi_{sl3} := \frac{N_{Ed;sl3;1}}{t_{w;sl3} \cdot f_y} = 143.365 \text{ mm} \quad \alpha_{c;sl3} := \frac{d_{sl3} + \chi_{sl3}}{2} = 314.683 \text{ mm}$$

$$\alpha_{sl3} := \frac{\alpha_{c;sl3}}{d_{sl3}} = 0.647 \quad \rightarrow \alpha > 0.5$$

ZATŘÍDĚNÍ STOJINY

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d_{sl3}}{t_{w;sl3}} = 37.385 \quad \varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{sl3} - 1} = 43.437 \quad 37.385 < 43.486 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy průřezu je splněna.

ZATŘÍDĚNÍ PÁSNICE

$$\frac{c_{sl3}}{t_{f;sl3}} = 4.66 \quad h_{sl} := 8.76 \text{ m} \\ c_{sl3} := b_{HEA600} \cdot 0.5 - t_{w;sl3} \cdot 0.5 - r_{HEA600} = 116.5 \text{ mm}$$

$$9 \cdot \varepsilon = 7.323 \quad 4.66 < 7.323 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy průřezu je splněna.

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Pro vzpěr v rovině rámu (vybočení kolmo k ose y) se použije vzpěrná délka $L_{cr;y;sl3}$ v délce rámového sloupu a z roviny rámu se použije $L_{cr;z;sl3}$ v délce rámového sloupu k nosníku JD, sloup rámu je zajištěn v patce proti posunům.

ŠTÍHLOSTI SLOUPU

$$L_{cr;y;sl3} := h_{sl} = 8.76 \text{ m} \\ L_{cr;z;sl3} := 4.99 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;sl3} := \frac{L_{cr;y;sl3}}{i_{y;sl3}} = 35.04$$

$$\lambda_{z;sl3} := \frac{L_{cr;z;sl3}}{i_{z;sl3}} = 70.78$$

PŘÍRAZENÍ KŘIVEK VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$\frac{h_{HEA450}}{b_{HEA450}} = 1.467 > 1.2$$

$$t_{f;sl3} = 25 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose y-y --> křivka a; z-z --> křivka b

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{y;sl3_} := \frac{\lambda_{y;sl3}}{\lambda_1} = 0.459 \quad \rightarrow \quad \chi_{y;sl3} := 0.936$$

$$\lambda_{z;sl3_} := \frac{\lambda_{z;sl3}}{\lambda_1} = 0.926 \quad \rightarrow \quad \chi_{z;sl3} := 0.642$$

VLIV KLOPENÍ

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$M_{cr;sl3} := 7002.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;y;sl3_} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;sl3} \cdot f_y}{M_{cr;sl3}}} = 0.521$$

$$\chi_{LT;sl3} := 0.918 \quad (\text{tabulka, křivka a})$$

$$\chi_{LT;sl3} = 0.918 \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;sl3} = 0.918 \leq \frac{1}{\lambda_{LT;y;sl3_}^2} = 3.687$$

POSOUZENÍ SLOUPU NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

Pod JD

$$\psi_{sl3;1} := \frac{137.59 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-457.84 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.301$$

$$C_{my} = 0.9$$

$$C_{m;LT;sl3;1} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl3;1}, 0.4) = 0.48$$

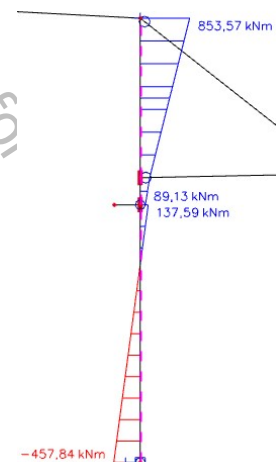
Nad JD

$$\psi_{sl3;2} := \frac{137.59 \text{ kN} \cdot \text{m}}{853.57 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.161$$

$$C_{my} = 0.9$$

$$C_{m;LT;sl3;2} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl3;2}, 0.4) = 0.664$$

Dále bezpečně uvažuji $C_{m;LT;sl3;2}$ nad JD.



CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;sl3} := A_{sl3} \cdot f_y = (8.041 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;sl3} := w_{y;pl;sl3} \cdot f_y = (1.899 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;sl3} := \min \left(C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;sl3} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;sl3;1}}{\chi_{y;sl3} \cdot \frac{N_{Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;sl3;1}}{\chi_{y;sl3} \cdot \frac{N_{Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.92$$

$$k_{zy;sl3} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \chi_{z;sl3}}{(C_{m;LT;sl3;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl3;1}}{\chi_{z;sl3} \cdot \frac{N_{Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{m;LT;sl3;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl3;1}}{\chi_{z;sl3} \cdot \frac{N_{Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.971$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;sl3;1}}{\chi_{y;sl3} \cdot \frac{N_{Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;sl3} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl3}}{\chi_{LT;sl3} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} = 0.539 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;sl3;1}}{\chi_{z;sl3} \cdot \frac{N_{Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;sl3} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl3}}{\chi_{LT;sl3} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} = 0.604 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKA ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;sl3;1}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;sl3}}{\gamma_{M0}} = 0.532 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

$$V_{Rd;sl3} := \frac{A_{vz;sl3} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = (1.91 \cdot 10^3) \text{ kN} \quad \geq \quad V_{Ed;sl3} = 213.96 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{Ed;sl3} = 213.96 \text{ kN} \quad < \quad 0.5 \cdot V_{Rd;sl3} = 955.213 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost vyhovuje s velkou rezervou a protože se jedná o malý smyk, není třeba zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu.

KROUCENÍ

Posouzení namáhání na účinek kroucení způsobený vodorovnou silou $H_{L;k}$.

$$l_{konzola} := 600 \text{ mm}$$

$$h_{JD2} = 4.99 \text{ m}$$

$$R_{b;z;sl3} := \frac{H_{L;k} \cdot h_{JD2}}{h_{sl}} = 7.517 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;z;sl3;k} := R_{b;z;sl3} \cdot (h_{sl} - h_{JD2}) = 28.34 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e_{sl3} := \frac{h_{HEA600}}{2} + l_{konzola} = 895 \text{ mm}$$

$$K_{t;sl3} := L_{sl1} \cdot \sqrt{\frac{G \cdot I_{t;sl3}}{E \cdot I_{w;sl3}}} = 3.621$$

Kroutící zatížení obecné, větknutí --> $\alpha := 6.9$ a $\beta := 1.14$

$$\kappa_{sl3} := \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_{t;sl3}}\right)^2} = 0.21$$

$$B_{Ed;sl3} := M_{Ed;z;sl3;k} \cdot e_{sl3} \cdot (1 - \kappa_{sl3}) = 20.047 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$\omega_{max;sl3} := \frac{h_{HEA600} \cdot b_{HEA600}}{4} = (4.425 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk;sl3} := \frac{I_{w;sl3} \cdot f_y}{\omega_{max;sl3}} = 72.027 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$k_{w;sl3} := 0.7 - \frac{0.2 \cdot B_{Ed;sl3}}{B_{Rk;sl3}} = 0.644$$

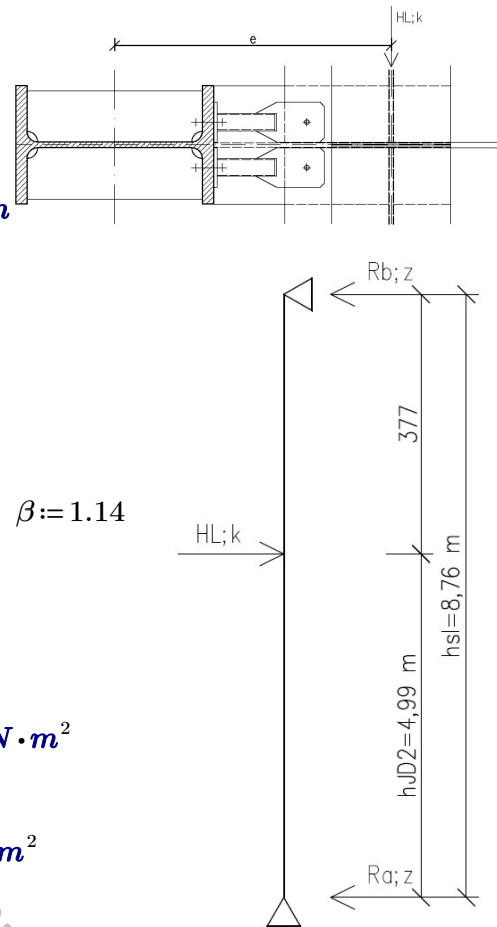
$$k_{zw;sl3} := 1 - \frac{M_{Ed;z;sl3}}{w_{z;p;sl3} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1$$

$$k_{a;sl3} := \frac{1}{1 - \frac{M_{Ed;y;sl3}}{M_{cr;sl3}}} = 1.139$$

POSOUZENÍ KROUCENÍ

$$\frac{k_{w;sl3} \cdot k_{zw;sl3} \cdot k_{a;sl3} \cdot B_{Ed;sl3}}{\frac{B_{Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} = 0.204 \quad \square \leq 1.0$$

VÝHOVUJE



PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{k_{w;sl3} \cdot k_{zw;sl3} \cdot k_{a;sl3} \cdot B_{Ed;sl3}}{\frac{B_{Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} + \frac{N_{Ed;sl3;1}}{\chi_{y;sl3} \cdot \frac{N_{Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;sl3} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl3}}{\chi_{LT;sl3} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} = 0.743 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{k_{w;sl3} \cdot k_{zw;sl3} \cdot k_{a;sl3} \cdot B_{Ed;sl3}}{\frac{B_{Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} + \frac{N_{Ed;sl3;1}}{\chi_{z;sl3} \cdot \frac{N_{Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;sl3} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl3}}{\chi_{LT;sl3} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl3}}{\gamma_{M1}}} = 0.808 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

VLIV TEPLoty NA KONSTRUKCI

Konstrukce byla zatížena a posouzena bez vlivu působení tepelné roztažnosti. Je tedy potřeba zkontrolovat zda-li teplota, která působí na halu neovlivní negativně posudek.

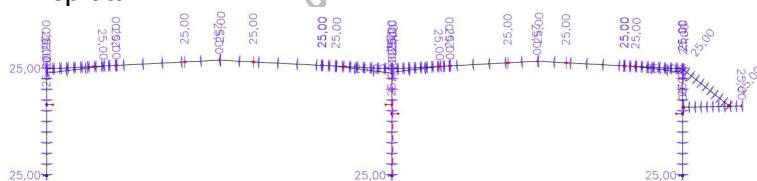
Maximální teplotní stavy:

- ZS12 - Teplota+ $T := 40^\circ\text{C}$ ($\Delta T_1 := 25^\circ\text{C}$)

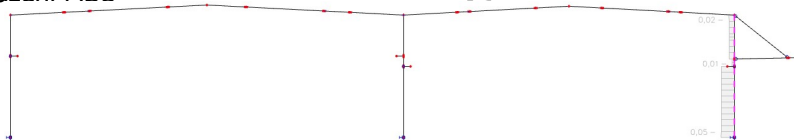
- ZS13 - Teplota- $T := 0^\circ\text{C}$ ($\Delta T_2 := -15^\circ\text{C}$)

Konstrukce skladovací haly je dimenzována při montážní teplotě $T := 15^\circ\text{C}$

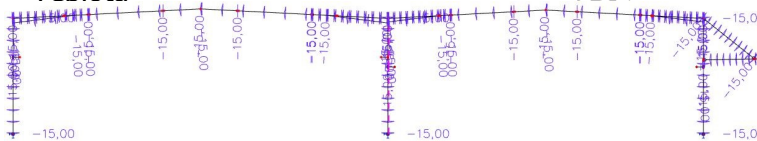
ZS12 - Teplota+



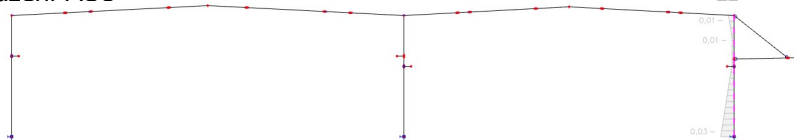
Posouzení MSÚ



ZS13 - Teplota-



Posouzení MSÚ

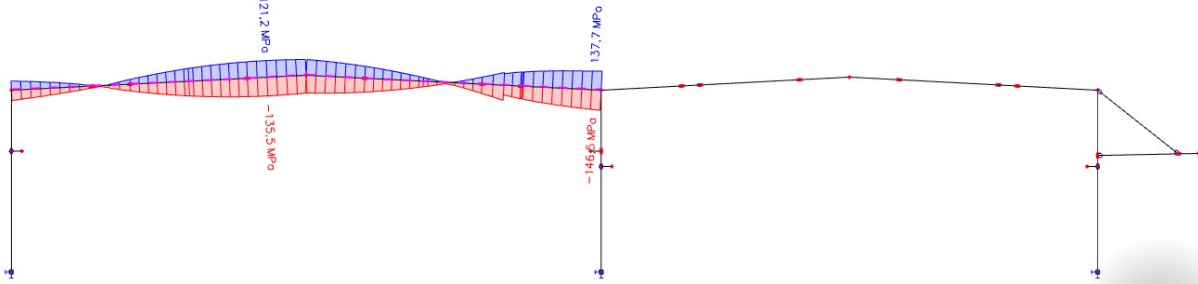


Maximální využití průřezu sloupu bez předchozího uvážení teploty je 80,8%.
Maximální využití průřezu od teploty je 5% (ZS12), průřez má tedy dostatečnou rezervu.

PRŮŘEZ SLOUPU HEA 600 --> VYHOVUJE

7.1.6 PŘÍČLE 1

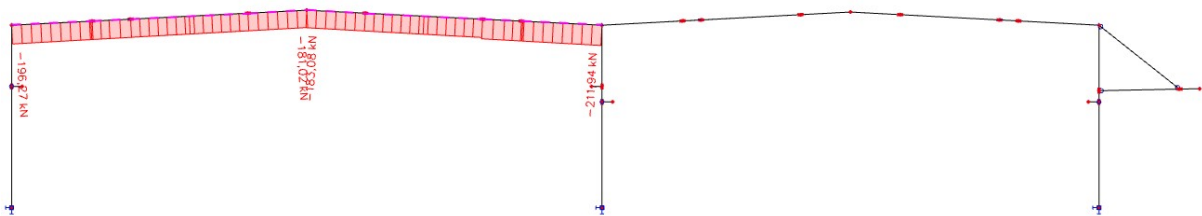
Maximální napětí



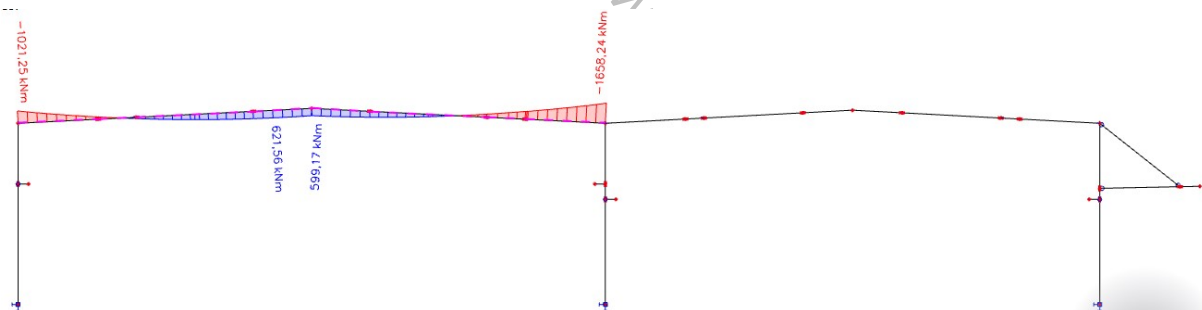
Výpočet vnitřních sil

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS11



Moment y - NK_KZS11



7.1.6.1 Posouzení příčle 1

Uvažované vnitřní síly pro posouzení průřezu s náběhem

$$N_{Ed;př1;1} := 211.94 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;y;př1;1} := 1658.24 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;z;př1;1} \approx 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

IPE 750x134

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

ocel S355

$$h_{př1} := 753 \text{ mm}$$

$$b_{př1} := 263 \text{ mm}$$

$$i_{y;př1} := 297 \text{ mm}$$

$$i_{z;př1} := 53 \text{ mm}$$

$$w_{y;el;př1} := 4018 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{y;pl;př1} := 4644 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{př1} := 17100 \text{ mm}^2$$

Průřez 1. třídy.

IPE 750x134 + 700

$$h_{přn1} := 1453 \text{ mm}$$

$$b_{přn1} := 263 \text{ mm}$$

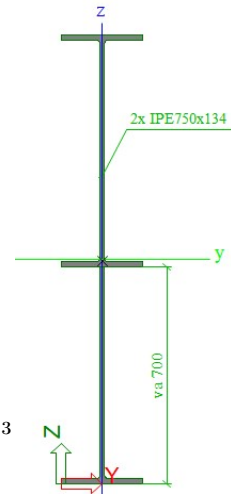
$$i_{y;přn1} := 494 \text{ mm}$$

$$i_{z;přn1} := 49 \text{ mm}$$

$$w_{y;el;přn1} := 9892 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{y;pl;přn1} := 12109 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{přn1} := 29497 \text{ mm}^2$$



Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Pro vybočení v rovině rámu (vybočení kolmo k ose y) se použije vzpěrná délka

$L_{cr;y;př1}$ v hodnotě celého rozpětí rámu, pro vybočení z roviny uvažují

$$L_{cr;z;př1} = 5.91 \text{ m}$$

ŠTÍHLOSTI PŘÍČLE

$$L_{cr;y;př1} := 29.285 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;př1} := 5.91 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;př1} := \frac{L_{cr;y;př1}}{i_{y;přn1}} = 59.281$$

$$\lambda_{z;př1} := \frac{L_{cr;z;př1}}{i_{z;přn1}} = 120.612$$

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI

$$\lambda_{y;př1_} := \frac{\lambda_{y;př1}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0.776 \quad \rightarrow \quad \chi_{y;př1} := 0.807 \quad (\text{křivka a})$$

$$\lambda_{z;př1_} := \frac{\lambda_{z;př1}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 1.579 \quad \rightarrow \quad \chi_{z;př1} := 0.314 \quad (\text{křivka b})$$

VLIV KLOPENÍ

Pro výpočet součinitele klopení bude bezpečně uvažováno s průřezovým modulem průřezu s náběhem.

Kritický moment

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$M_{cr;př1} := 8132.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITELE KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;přn1} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;přn1} \cdot f_y}{M_{cr;př1}}} = 0.727$$

$$\frac{h_{přn1}}{b_{přn1}} = 5.525 > 2, \text{ platí (křivka klopení d)}$$

$$\chi_{LT;přn1} := 0.624$$

$$\chi_{LT;přn1} = 0.624 \quad \square \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;přn1} = 0.624 \quad \square \leq \square \frac{1}{\lambda_{LT;přn1}^2} = 1.892$$

POSOUZENÍ PŘÍČLE NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

$$M_{Ed;L;př1,1} := -1021.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;P;př1,1} := -1658.24 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{př1,1} := 621.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi_{př1,1} := \frac{M_{Ed;L;př1,1}}{M_{Ed;P;př1,1}} = 0.616$$

$$\alpha_{s;př1,1} := \frac{M_{př1,1}}{M_{Ed;P;př1,1}} = -0.375 \quad -1 \leq \alpha_{s;př1,1} \leq 0 \quad \text{a} \quad 0 \leq \psi_{př1,1} \leq 1$$

$$C_{my;př1} := \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s;př1,1}, 0.4) = 0.4$$

$$M_{Ed;L;př1,2} := -253.46 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;P;př1,2} := -1658.24 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi_{př1,2} := \frac{M_{Ed;L;př1,2}}{M_{Ed;P;př1,2}} = 0.153$$

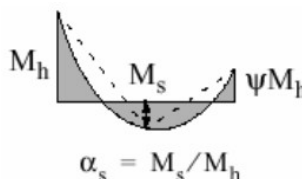
$$-1 \leq \psi_{př1,2} \leq 1$$

$$C_{mLT;př1} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{př1,2}, 0.4) = 0.661$$

CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;př1} := A_{př1} \cdot f_y = (6.071 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;př1} := w_{y;pl;přn1} \cdot f_y = (4.299 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$



INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;př1} := \min \left(C_{my;př1} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;př1} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;př1;1}}{\chi_{y;př1} \cdot \frac{N_{Rk;př1}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my;př1} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;př1;1}}{\chi_{y;př1} \cdot \frac{N_{Rk;př1}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.41$$

$$k_{zy;př1} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;př1}}{(C_{mLT;př1} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;př1;1}}{\chi_{z;př1} \cdot \frac{N_{Rk;př1}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT;př1} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;př1;1}}{\chi_{z;př1} \cdot \frac{N_{Rk;př1}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.973$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;př1;1}}{\chi_{y;př1} \cdot \frac{N_{Rk;př1}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;př1} \cdot \frac{M_{Ed;y;př1;1}}{\chi_{LT;př1} \cdot \frac{M_{y;Rk;př1}}{\gamma_{M1}}} = 0.297 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;př1;1}}{\chi_{z;př1} \cdot \frac{N_{Rk;př1}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;př1} \cdot \frac{M_{Ed;y;př1;1}}{\chi_{LT;př1} \cdot \frac{M_{y;Rk;př1}}{\gamma_{M1}}} = 0.713 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKA ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;př1;1}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;př1;1}}{\gamma_{M0}} = 0.421 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

VLIV TEPLoty NA KONSTRUKCI

Konstrukce byla zatížena a posouzena bez vlivu působení tepelné roztažnosti. Je tedy potřeba zkontrolovat zda-li teplota, která působí na halu neovlivní negativně posudek.

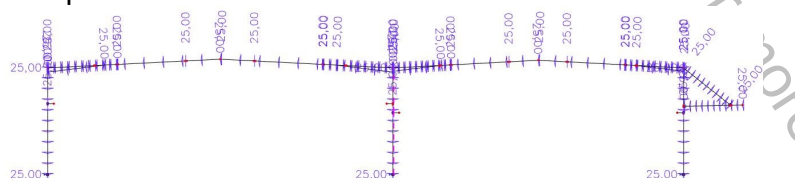
Maximální teplotní stavy:

- ZS12 - Teplota+ $T := 40^\circ\text{C}$ ($\Delta T_1 := 25^\circ\text{C}$)

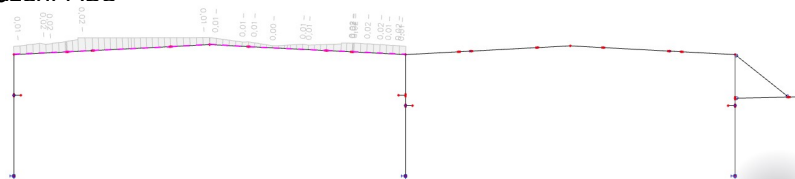
- ZS13 - Teplota- $T := 0^\circ\text{C}$ ($\Delta T_2 := -15^\circ\text{C}$)

Konstrukce skladovací haly je dimenzována při montážní teplotě $T := 15^\circ\text{C}$

ZS12 - Teplota+

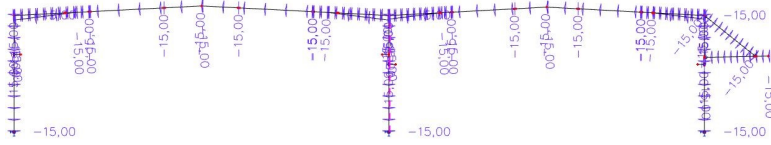


Posouzení MSÚ

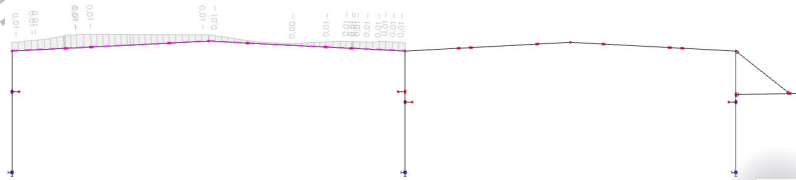


Created with
Autodesk Express

ZS13 - Teplota-



Posouzení MSÚ

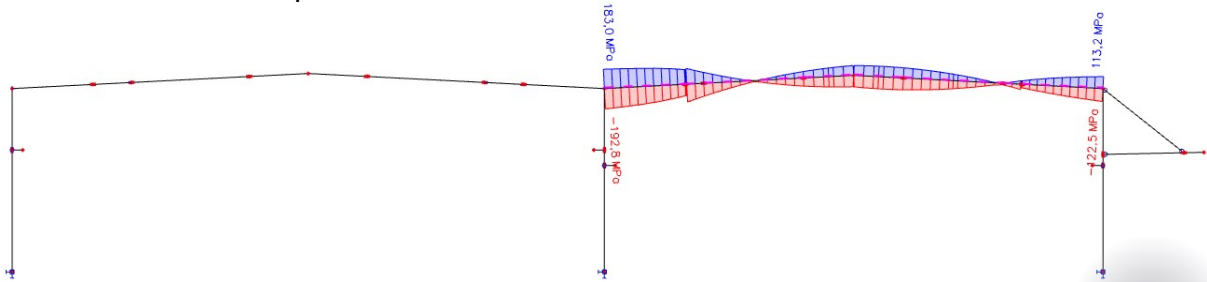


Maximální využití průřezu příčle bez předchozího uvažování teploty je 71,3%.
Maximální využití průřezu od teploty je 2% (ZS12), průřez má tedy dostatečnou rezervu.

PRŮŘEZ PŘÍČLE IPE 750x134 S NÁBĚHEM 700 - VYHOVUJE

7.1.7 PŘÍČLE 2

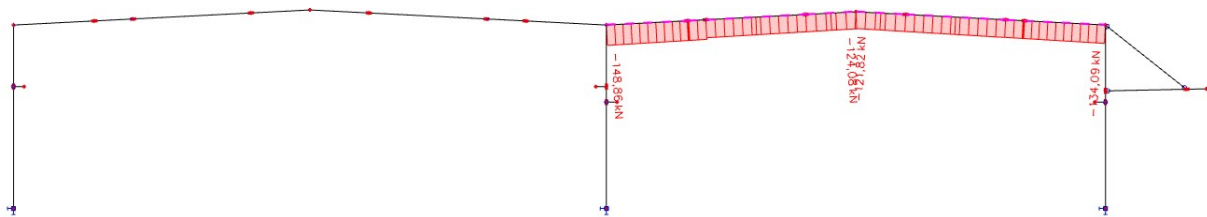
Maximální napětí



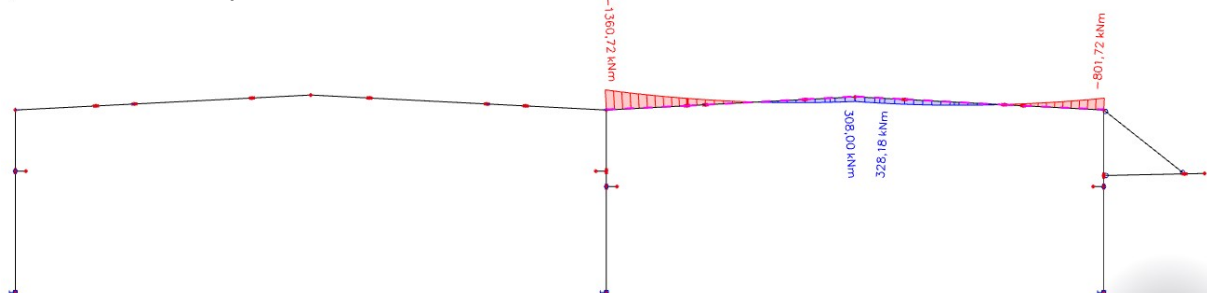
Výpočet vnitřních sil

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS12



Moment y - NK_KZS12



7.1.7.1 Posouzení příčle 2

Uvažované vnitřní síly pro posouzení průřezu s náběhem

$$N_{Ed;př2;1} := 148.86 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;y;př2;1} := 1360.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;z;př2;1} \approx 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

IPE 600

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

ocel S355

$$h_{př2} := 600 \text{ mm}$$

$$b_{př2} := 220 \text{ mm}$$

$$i_{y;př2} := 243 \text{ mm}$$

$$i_{z;př2} := 56 \text{ mm}$$

$$w_{y;el;př2} := 3069 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{y;pl;př2} := 3512 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{př2} := 15600 \text{ mm}^2$$

Průřez 1. třídy.

IPE 600 + 550

$$h_{přn2} := 1150 \text{ mm}$$

$$b_{přn2} := 220 \text{ mm}$$

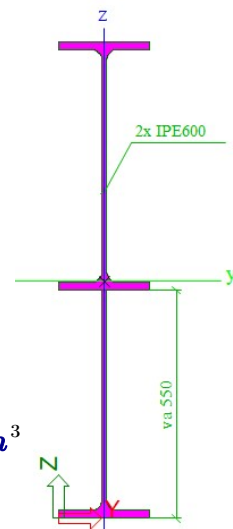
$$i_{y;přn2} := 399 \text{ mm}$$

$$i_{z;přn2} := 44 \text{ mm}$$

$$w_{y;el;přn2} := 7279 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{y;pl;přn2} := 8739.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{přn2} := 26411 \text{ mm}^2$$



Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Pro vybočení v rovině rámu (vybočení kolmo k ose y) se použije vzpěrná délka

$L_{cr;y;př2}$ v hodnotě celého rozpětí rámu, pro vybočení z roviny uvažují

$$L_{cr;z;př2} = 4.94 \text{ m}$$

ŠTÍHLOSTI PŘÍČLE

$$L_{cr;y;př2} := 24.650 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;př2} := 4.94 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;př2} := \frac{L_{cr;y;př2}}{i_{y;přn2}} = 61.779$$

$$\lambda_{z;př2} := \frac{L_{cr;z;př2}}{i_{z;přn2}} = 112.273$$

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI

$$\lambda_{y;př2-} := \frac{\lambda_{y;př2}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0.809 \quad \rightarrow \quad \chi_{y;př2} := 0.790 \quad (\text{křivka a})$$

$$\lambda_{z;př2-} := \frac{\lambda_{z;př2}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 1.469 \quad \rightarrow \quad \chi_{z;př2} := 0.354 \quad (\text{křivka b})$$

VLIV KLOPENÍ

Pro výpočet součinitele klopení bude bezpečně uvažováno s průřezovým modulem průřezu s náběhem.

Kritický moment

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$M_{cr;př2} := 5802 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;přn2} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;přn2} \cdot f_y}{M_{cr;př2}}} = 0.731$$

$$\frac{h_{přn2}}{b_{přn2}} = 5.227 > 2, \text{ platí (křivka klopení d)}$$

$$\chi_{LT;přn2} := 0.624$$

$$\chi_{LT;přn2} = 0.624 \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;přn2} = 0.624 \leq \frac{1}{\lambda_{LT;přn2}^2} = 1.87$$

POSOUZENÍ PŘÍČLE NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

$$M_{Ed;L;př2;1} := -1360.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;P;př2;1} := -801.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{př2;1} := 328.18 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi_{př2;1} := \frac{M_{Ed;P;př2;1}}{M_{Ed;L;př2;1}} = 0.589$$

$$\alpha_{s;př2;1} := \frac{M_{př2;1}}{M_{Ed;L;př2;1}} = -0.241 \quad -1 \leq \alpha_{s;př2;1} \leq 0 \quad \text{a} \quad 0 \leq \psi_{př2;1} \leq 1$$

$$C_{m;př2} := \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s;př2;1}, 0.4) = 0.4$$

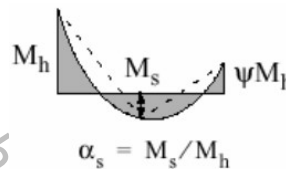
$$M_{Ed;L;př2;2} := -1360.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;P;př2;2} := -344.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi_{př2;2} := \frac{M_{Ed;P;př2;2}}{M_{Ed;L;př2;2}} = 0.254$$

$$-1 \leq \psi_{př2;2} \leq 1$$

$$C_{mLT;př2} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{př2;2}, 0.4) = 0.701$$



CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;př2} := A_{př2} \cdot f_y = (5.538 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;př2} := w_{y;pl;přn2} \cdot f_y = (3.103 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;př2} := \min \left(C_{my;př2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;př2} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;př2;1}}{\chi_{y;př2} \cdot \frac{N_{Rk;př2}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my;př2} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;př2;1}}{\chi_{y;př2} \cdot \frac{N_{Rk;př2}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.408$$

$$k_{zy;př2} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;př2}}{(C_{mLT;př2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;př2;1}}{\chi_{z;př2} \cdot \frac{N_{Rk;př2}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT;př2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;př2;1}}{\chi_{z;př2} \cdot \frac{N_{Rk;př2}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.983$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;př2;1}}{\chi_{y;př2} \cdot \frac{N_{Rk;př2}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;př2} \cdot \frac{M_{Ed;y;př2;1}}{\chi_{LT;přn2} \cdot \frac{M_{y;Rk;př2}}{\gamma_{M1}}} = 0.321 \quad \blacksquare \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;př2;1}}{\chi_{z;př2} \cdot \frac{N_{Rk;př2}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;př2} \cdot \frac{M_{Ed;y;př2;1}}{\chi_{LT;přn2} \cdot \frac{M_{y;Rk;př2}}{\gamma_{M1}}} = 0.767 \quad \blacksquare \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKY ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;př2;1}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;př2;1}}{\gamma_{M0}} = 0.465 \quad \blacksquare \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

VLIV TEPLoty NA KONSTRUKCI

Konstrukce byla zatížena a posouzena bez vlivu působení tepelné roztažnosti. Je tedy potřeba zkontrolovat zda-li teplota, která působí na halu neovlivní negativně posudek.

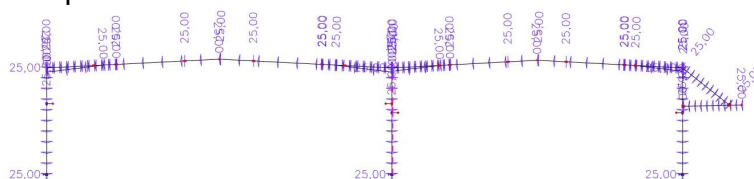
Maximální teplotní stavy:

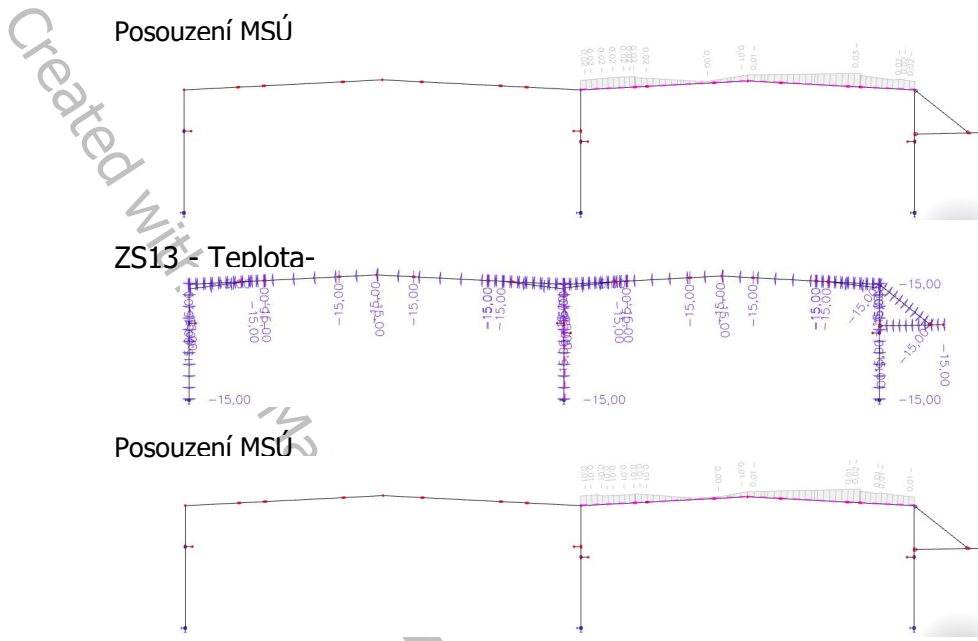
- ZS12 - Teplota+ $T := 40^\circ\text{C}$ ($\Delta T_1 := 25^\circ\text{C}$)

- ZS13 - Teplota- $T := 0^\circ\text{C}$ ($\Delta T_2 := -15^\circ\text{C}$)

Konstrukce skladovací haly je dimenzována při montážní teplotě $T := 15^\circ\text{C}$

ZS12 - Teplota+





Maximální využití průřezu příčle bez předchozího uvážení teploty je 76,7%.
 Maximální využití průřezu od teploty je 3% (ZS12), průřez má tedy dostatečnou rezervu.

PRŮŘEZ PŘÍČLE IPE 600 S NÁBĚHEM 550 - VYHOVUJE

7.1.8 KONZOLA JEŘÁBOVÉ DRÁHY PRO 6,3t JEŘÁB

7.1.8.1 Posouzení konzoly 1

$l_{konzola} = 600 \text{ mm}$ $f_y = 355 \text{ MPa}$

HEA 180

$w_{pl;y;kn} := 324.9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ $A_{vz;kn} := 1447 \text{ mm}^2$

VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu SCIA Engineer

$V_{ed;kn1} := 73.44 \text{ kN}$

$M_{ed;kn1} := 38.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$

MOMENTOVÁ ÚNOSNOST

$M_{Rd;kn1} := w_{pl;y;kn} \cdot f_y = 115.34 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{ed;kn1} = 38.56 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \leq \quad M_{Rd;kn1} = 115.34 \text{ kN} \cdot \text{m}$

VYHOVUJE

SMYKOVÁ ÚNOSNOST

$$V_{pl;Rd;kn1} := \frac{A_{vz;kn} \cdot f_y}{\sqrt{3}} = 296.576 \text{ kN}$$

$$V_{ed;kn1} = 73.44 \text{ kN} \quad \leq \quad 0.5 \cdot V_{pl;Rd;kn1} = 148.288 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

--> malý smyk, interakci smyku s ohybem není třeba posuzovat

7.1.8.2 Posouzení konzoly 1 MSP

$$\delta_{kn1} := 1.4 \text{ mm} \quad \leq \quad \delta_{lim} := \frac{l_{konzola}}{250} = 2.4 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

7.1.9 KONZOLA JEŘÁBOVÉ DRÁHY PRO 20t JEŘÁB

7.1.9.1 Posouzení konzoly 2

$$\text{HEA 220} \quad l_{konzola} = 600 \text{ mm} \quad f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$w_{pl;y;kn} := 568.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad A_{vz;kn} := 2067 \text{ mm}^2$$

VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu SCIA Engineer

$$V_{ed;kn2} := 209.78 \text{ kN}$$

$$M_{ed;kn2} := 110.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

MOMENTOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd;kn2} := w_{pl;y;kn} \cdot f_y = 201.818 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{ed;kn2} = 110.13 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \leq \quad M_{Rd;kn2} = 201.818 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

VYHOVUJE

SMYKOVÁ ÚNOSNOST

$$V_{pl;Rd;kn2} := \frac{A_{vz;kn} \cdot f_y}{\sqrt{3}} = 423.651 \text{ kN}$$

$$V_{ed;kn2} = 209.78 \text{ kN} \quad \leq \quad 0.5 \cdot V_{pl;Rd;kn2} = 211.825 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

--> malý smyk, interakci smyku s ohybem není třeba posuzovat

7.1.9.2 Posouzení konzoly 2 MSP

$$\delta_{kn2} := 2.0 \text{ mm} \leq \delta_{lim} := \frac{l_{konzola}}{250} = 2.4 \text{ mm}$$

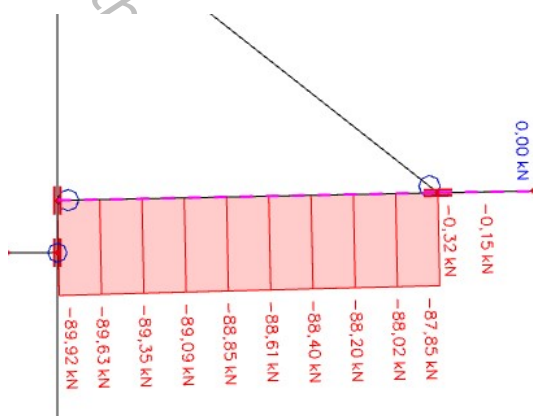
VYHOVUJE

7.1.10 NOSNÍK MARKÝZY

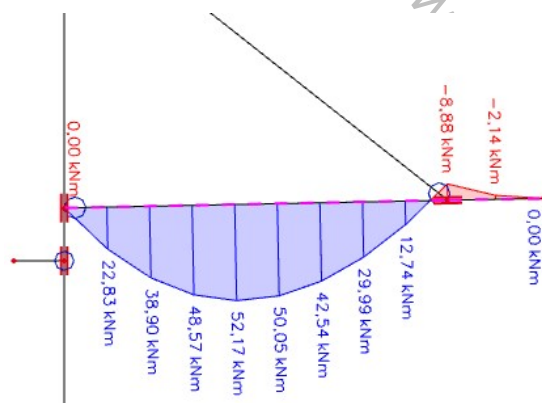
Výpočet vnitřních sil

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS20



Moment y - NK_KZS20



7.1.10.1 Posouzení nosníku markýzy

Uvažované vnitřní síly

$$N_{Ed,mar} := 89.92 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y;mar} := 52.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,z;mar} \approx 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

IPE 270

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

ocel S355

$$h_{mar} := 270 \text{ mm}$$

$$b_{mar} := 135 \text{ mm}$$

$$i_{y;mar} := 112 \text{ mm}$$

$$i_{z;mar} := 30.2 \text{ mm}$$

$$w_{y;el;mar} := 428.9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{y;pl;mar} := 484.0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{mar} := 4595 \text{ mm}^2$$

Průřez 1. třídy.

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Pro vybočení v rovině rámu (vybočení kolmo k ose y) se použije vzpěrná délka

$L_{cr;y;mar}$ v hodnotě rozpětí k závěsu markýzy.

ŠTÍHLOSTI

$$L_{cr;y;mar} := 3.9 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;mar} := 3.9 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;mar} := \frac{L_{cr;y;mar}}{i_{y;mar}} = 34.821$$

$$\lambda_{z;mar} := \frac{L_{cr;z;mar}}{i_{z;mar}} = 129.139$$

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI

$$\lambda_{y;mar_} := \frac{\lambda_{y;mar}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0.456 \quad \rightarrow \quad \chi_{y;mar} := 0.936 \quad (\text{křivka a})$$

$$\lambda_{z;mar_} := \frac{\lambda_{z;mar}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 1.69 \quad \rightarrow \quad \chi_{z;mar} := 0.281 \quad (\text{křivka b})$$

VLIV KLOPENÍ

Kritický moment

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$M_{cr;mar} := 143.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

V detailu připojení závěsu markýzy, je zabráněno natočení.

SOUČINITELE KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;mar_} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;mar} \cdot f_y}{M_{cr;mar}}} = 1.094$$

$$\frac{h_{mar}}{b_{mar}} = 2 > 2, \text{ platí (křivka klopení b)}$$

$$\chi_{LT;mar} := 0.603$$

$$\chi_{LT;mar} = 0.603 \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;mar} = 0.603 \leq \frac{1}{\lambda_{LT;mar_}^2} = 0.836$$

POSOUZENÍ NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

$$M_{Ed;L;mar1} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;P;mar1} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

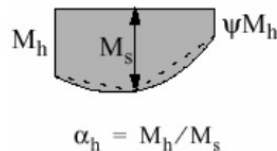
$$M_{mar1} := 52.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi_{mar1} := 0$$

$$\alpha_{s;mar1} := \frac{M_{Ed;L;mar1}}{M_{mar1}} = 0 \quad -1 \leq \alpha_{s;mar1} \leq 0 \quad \text{a} \quad 0 \leq \psi_{mar1} \leq 1$$

$$C_{my;mar} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_{s;mar1} = 0.95$$

$$C_{mLT;mar} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_{s;mar1} = 0.95$$



CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;mar} := A_{mar} \cdot f_y = (1.631 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;mar} := w_{y;pl;mar} \cdot f_y = 171.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;mar} := \min \left(C_{my;mar} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;mar_} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{y;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my;mar} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{y;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.964$$

$$k_{zy;mar} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;mar_}}{(C_{mLT;mar} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{z;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT;mar} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{z;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.972$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{y;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;mar} \cdot \frac{M_{Ed;y;mar}}{\chi_{LT;mar} \cdot \frac{M_{y;Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} = 0.544 \quad \square \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{z;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;mar} \cdot \frac{M_{Ed;y;mar}}{\chi_{LT;mar} \cdot \frac{M_{y;Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} = 0.686 \quad \square \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKA ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

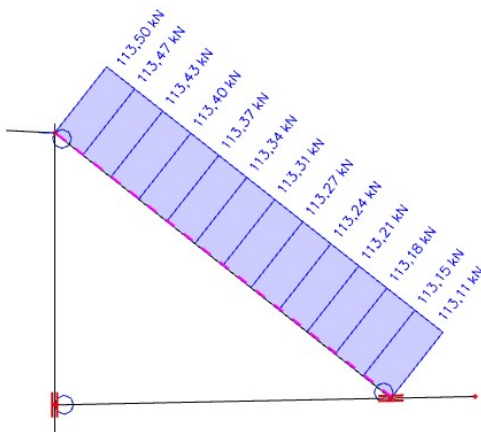
$$\frac{N_{Ed;mar}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;mar}}{\gamma_{M0} \cdot \frac{M_{y;Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} = 0.359 \quad \square \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PRŮŘEZ NOSNÍKU MARKÝZY IPE 270 --> VYHOVUJE

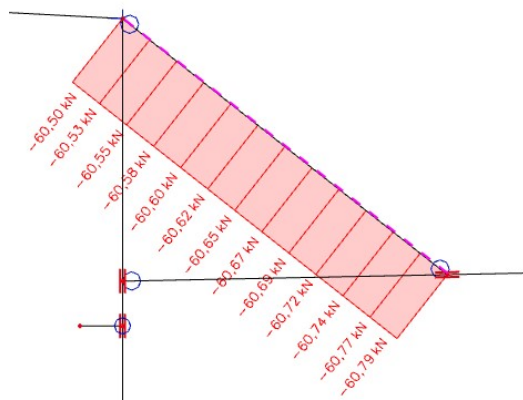
7.1.11 TÁHLO MARKÝZY

Vnitřní síly

Normálová síla - NK_KZS20



$$N_{Ed;tm,t} := 113.50 \text{ kN}$$



$$N_{Ed;tm,c} := 60.79 \text{ kN}$$

Čtvercová trubka 80x80x4,0

$$A_{tm} := 1200 \text{ mm}^2$$

$$I_{;tm} := 114 \cdot 10^4 \cdot \text{mm}^4$$

TAHOVÁ ÚNOSNOST TRUBKY

$$N_{pl;Rd;tm} := \frac{A_{tm} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 426 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;tm;t} = 113.5 \text{ kN} \quad \leq \quad N_{pl;Rd;tm} = 426 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

TLAKOVÁ ÚNOSNOST TRUBKY SE VZPĚREM

$$L_{cr;tm} := 4.79 \text{ m}$$

Kritická síla

$$F_{cr;tm} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_{;tm}}{L_{cr;tm}^2} = 102.98 \text{ kN}$$

POMĚRNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_{tm_} := \sqrt{\frac{A_{tm} \cdot f_y}{F_{cr;tm}}} = 2.034$$

Součinitel odečten z tabulky podle $\alpha := 0.49$ (křivka vzpěrné pevnosti c)

$$\chi_{tm} := 0.191$$

TLAKOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{c;Rd;tm} := \frac{\chi_{tm} \cdot A_{tm} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 81.366 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;tm;c} = 60.79 \text{ kN} \quad \leq \quad N_{c;Rd;tm} = 81.366 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed;tm;c}}{N_{c;Rd;tm}} = 0.747 \quad \leq 1.0$$

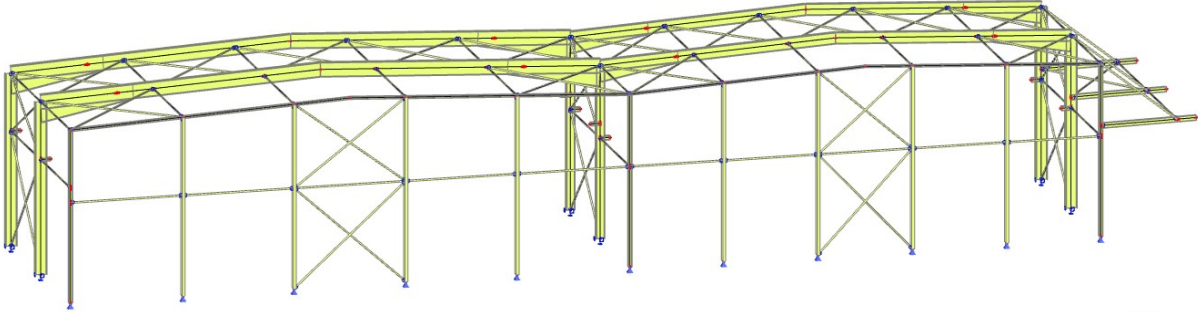
ČTVERCOVÁ TRUBKA 80x80x4,0 --> VYHOVUJE

Created

8. ŠTÍTOVÁ VAZBA

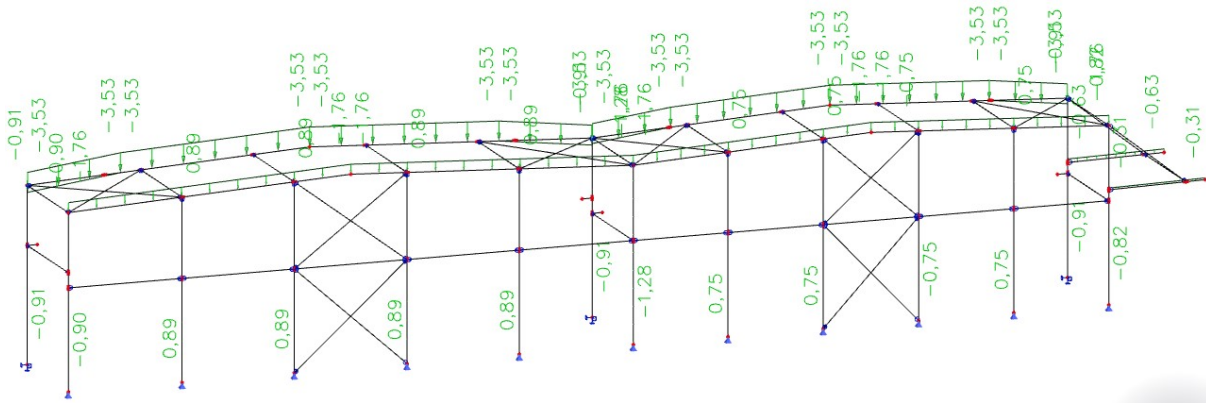
8.1 NÁVRH PRVKŮ ŠTÍTOVÉ VAZBY

Schéma konstrukce

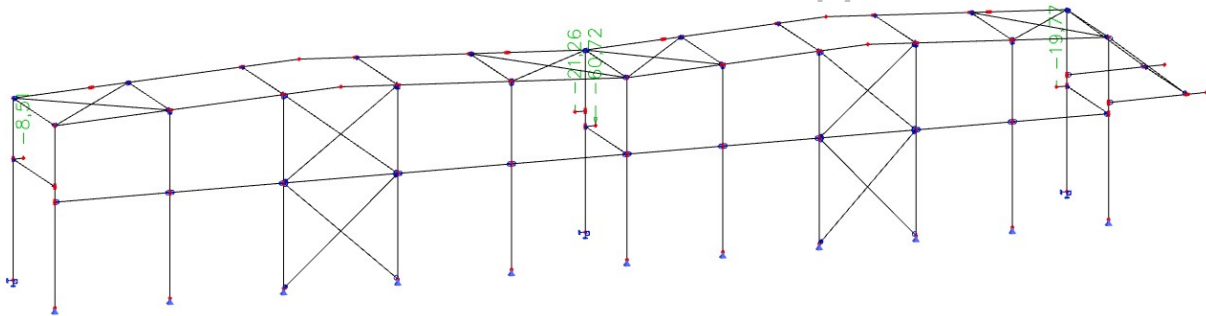


Vlastní tíha
Vlastní tíha pomocí Scia Engineer.

Stálé zatížení



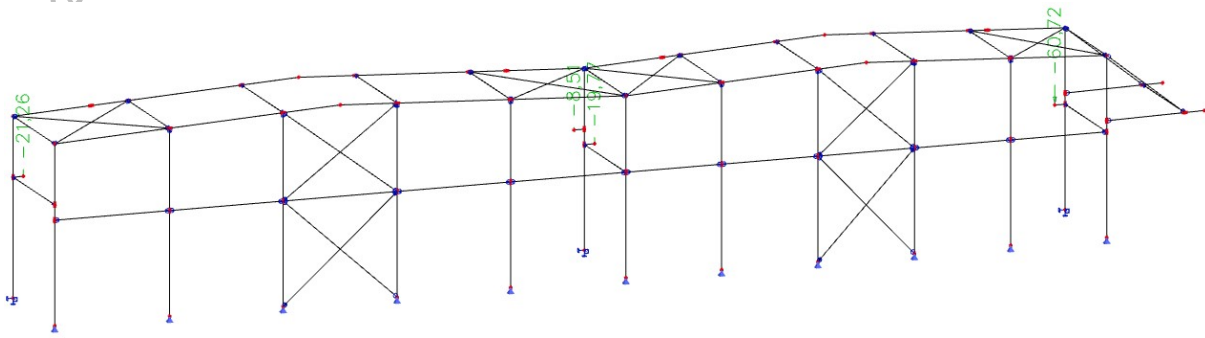
Reakce od JD (stálé)_prostřední sloup



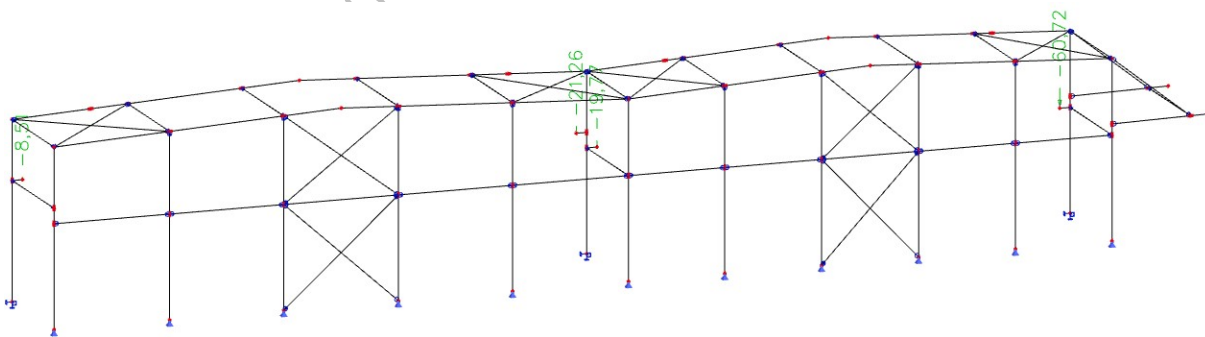
ormation.

Cre

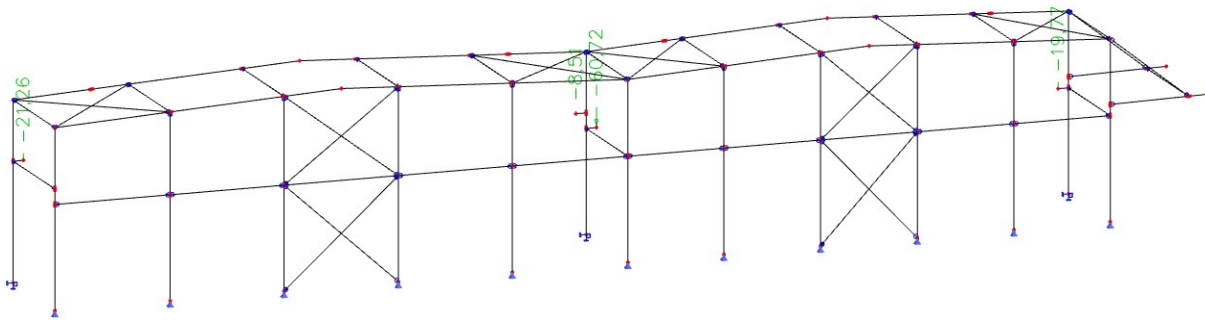
Reakce od JD (stálé)_krajní sloupy



Reakce od JD (stálé)_P

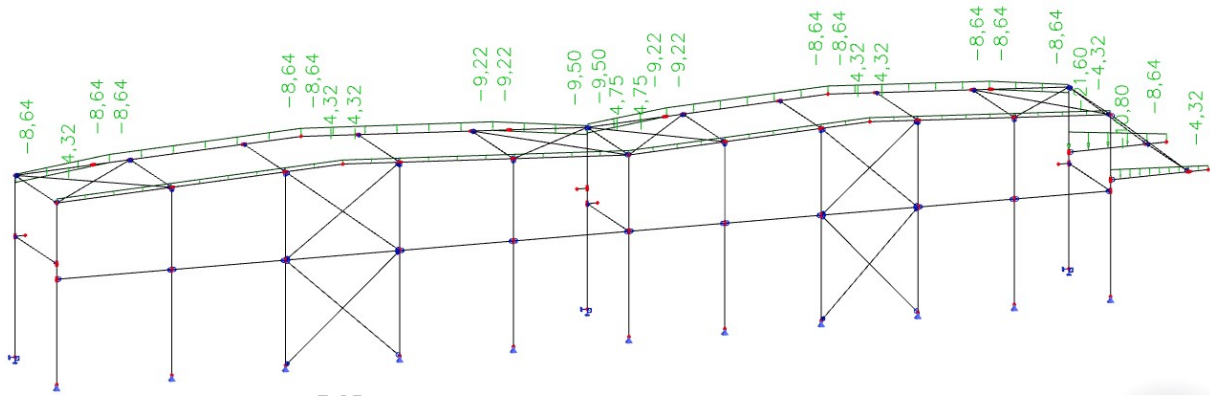


Reakce od JD (stálé)_L

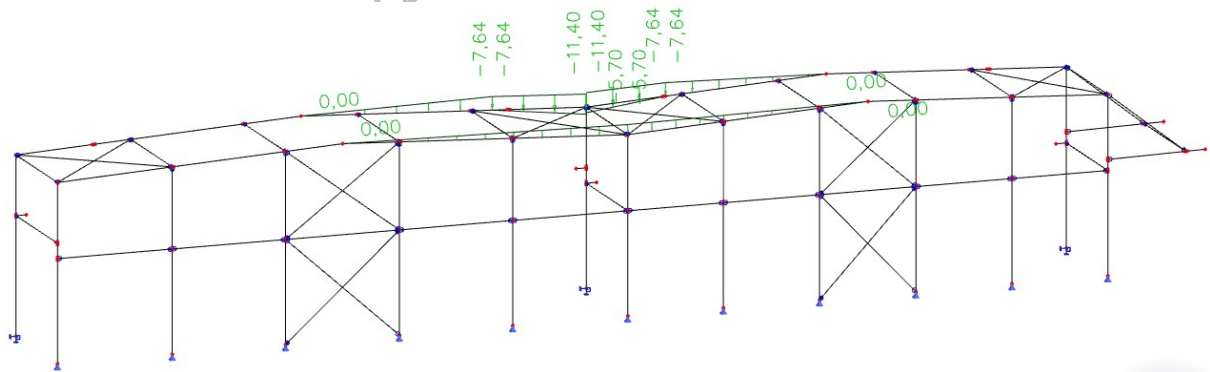


for more information.

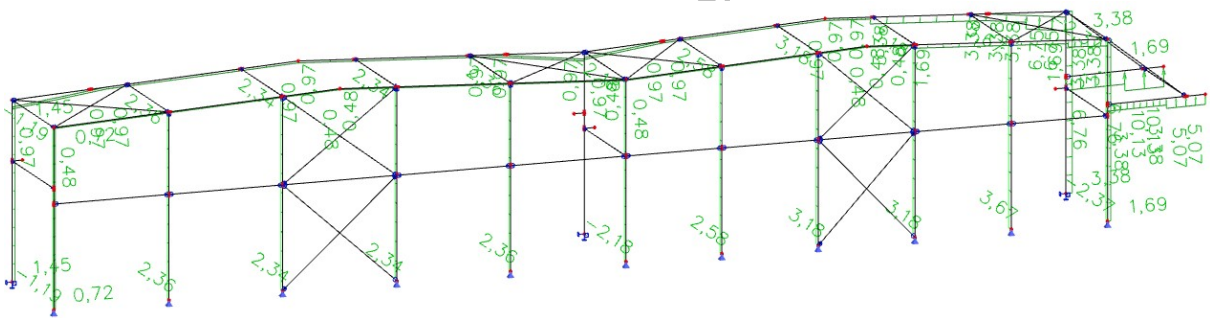
Cre Snih



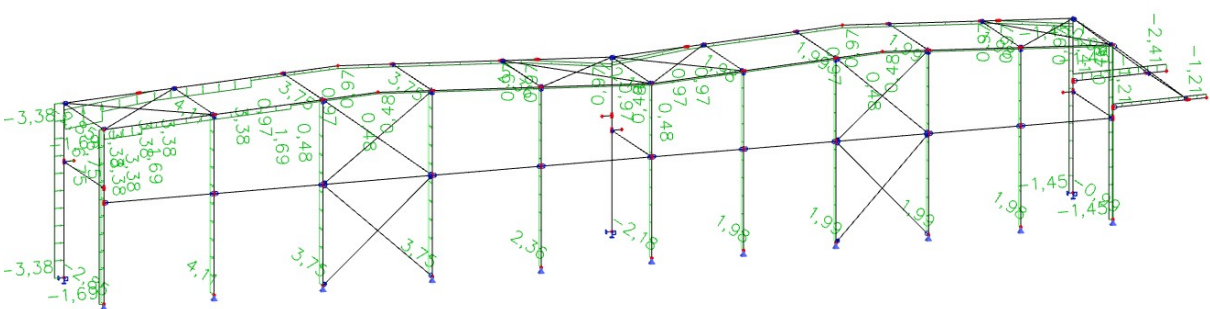
Snih navatí

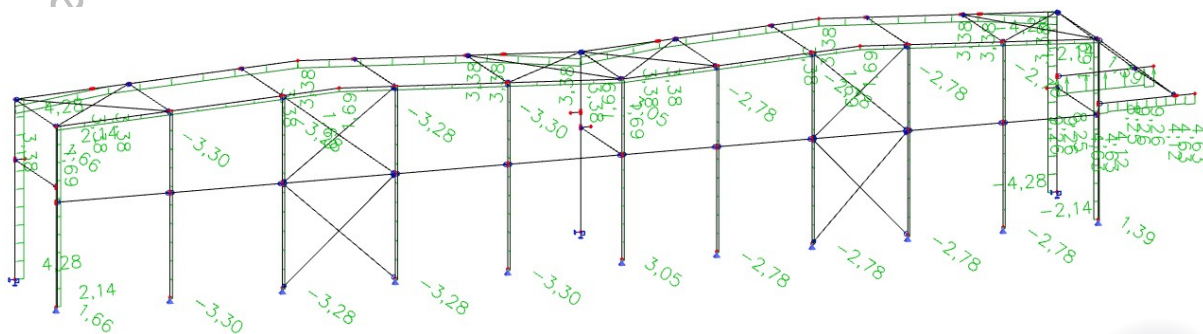


Vitr přičný L



Vitr přičný P





Rámové imperfekce

Součinitel zohledňující výšku rámu $h_{st} := 8.76 \text{ m}$

$$\alpha_{h;st} := \frac{2}{\sqrt{h_{st}}} = 0.676 \quad \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1$$

Součinitel zohledňující počet sloupů v řadě $m_{st} := 11$

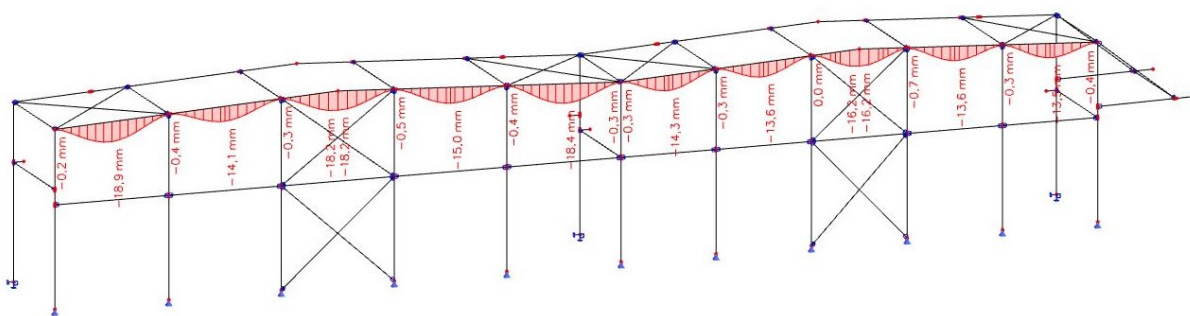
$$\alpha_{m;st} := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m_{st}}\right)} = 0.739$$

Úhel natočení sloupů $\theta_0 := \frac{1}{200}$

$$\theta_{st} := \theta_0 \cdot \alpha_{h;st} \cdot \alpha_{m;st} = 0.002$$

POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI

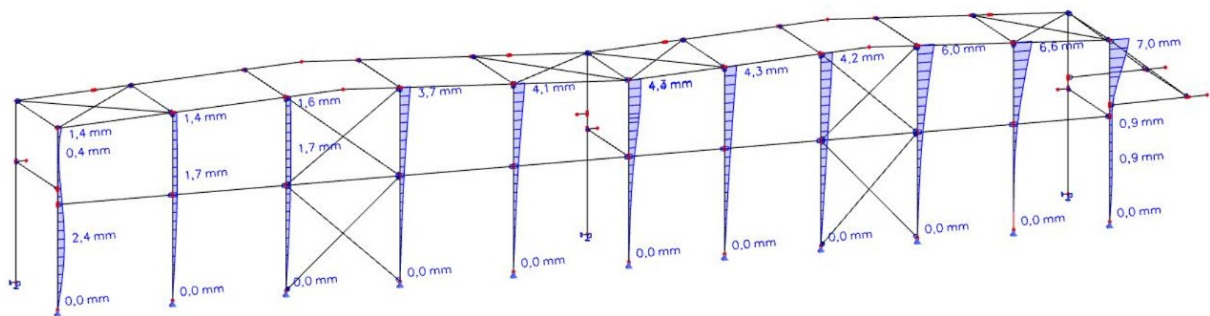
Svislý průhyb - u_z



$$w_{ek;1} := 18.9 \text{ mm} \quad \leq \delta_{lim;s1} := \frac{5825 \text{ mm}}{250} = 23.3 \text{ mm}$$

$$w_{ek;2} := 16.2 \text{ mm} \quad \leq \delta_{lim;s2} := \frac{4940 \text{ mm}}{250} = 19.76 \text{ mm}$$

Cre

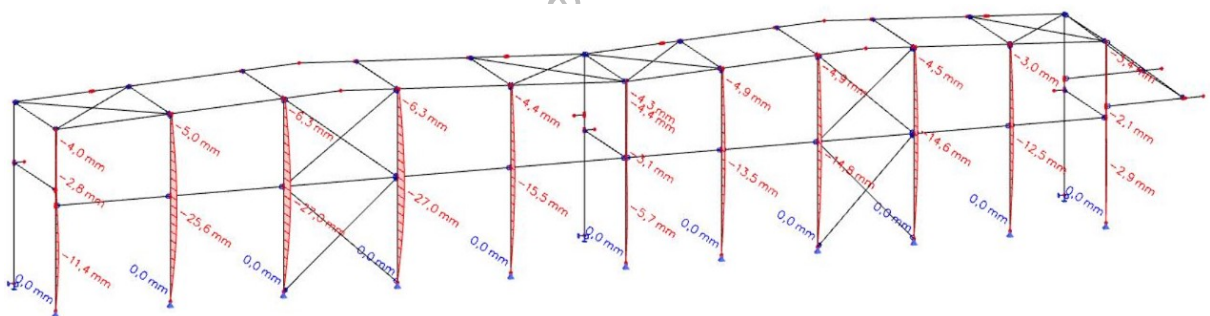
Vodorovný průhyb - u_x 

Krajní sloupy

$$w_{h;ux1} := 7.0 \text{ mm} \leq \delta_{lim;ux1} := \frac{4990 \text{ mm}}{150} = 33.267 \text{ mm}$$

Vnitřní sloupy

$$w_{h;ux2} := 6.6 \text{ mm} \leq \delta_{lim;ux2} := \frac{4990 \text{ mm}}{150} = 33.267 \text{ mm}$$

Vodorovný průhyb - u_y 

Krajní sloupy

$$w_{h;uz1} := 11.4 \text{ mm} \leq \delta_{lim;uz1} := \frac{4990 \text{ mm}}{250} = 19.96 \text{ mm}$$

Vnitřní sloupy

$$w_{h;uz2} := 27.0 \text{ mm} \leq \delta_{lim;uz2} := \frac{8760 \text{ mm}}{250} = 35.04 \text{ mm}$$

Průhyb prutu

$$w_{h;uz} := 20.7 \text{ mm} \leq \delta_{lim;uz} := \frac{8760 \text{ mm}}{250} = 35.04 \text{ mm}$$

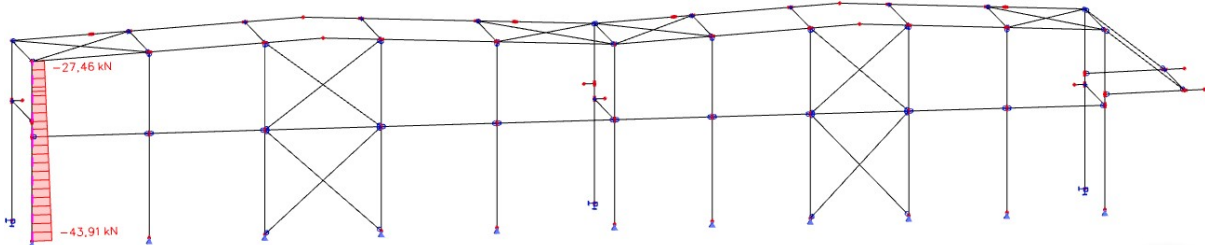
Podmínky jsou splněny, rám z hlediska mezního stavu použitelnosti vyhovuje.

8.1.1 KRAJNÍ SLOUP RÁMU VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ 1

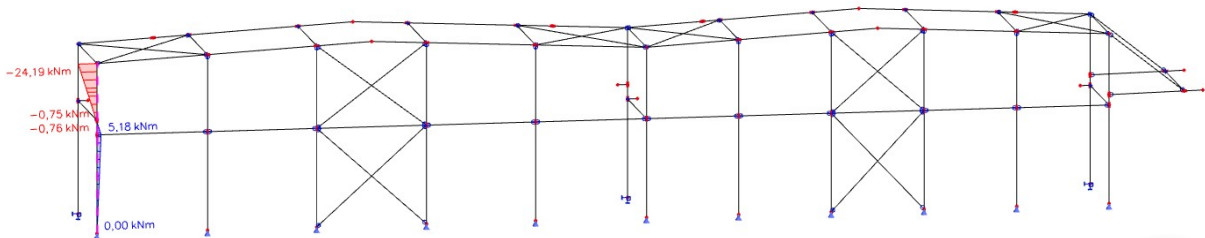
VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

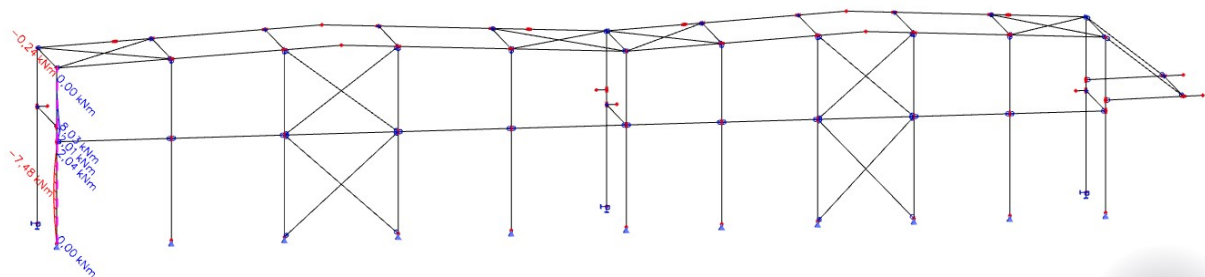
Normálová síla - NK_KZS9



Moment M_y - NK_KZS9



Moment M_z - NK_KZS9



8.1.1.1 Posouzení krajního sloupu štítové vazby 1

Uvažované vnitřní síly pro posouzení krajního sloupu

$$N_{Ed;sl;št;1} := 43.91 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;y;sl;št;1} := 24.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;z;sl;št;1} := 8.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

HEA 200

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

ocel S355

$$h_{sl;\check{s}t;1} := 190 \text{ mm}$$

$$b_{sl;\check{s}t;1} := 200 \text{ mm}$$

$$r_{sl;\check{s}t;1} := 18 \text{ mm}$$

$$t_{w;sl;\check{s}t;1} := 6.5 \text{ mm}$$

$$t_{f;sl;\check{s}t;1} := 10.0 \text{ mm}$$

$$d_{sl;\check{s}t;1} := 134 \text{ mm}$$

$$I_{y;sl;\check{s}t;1} := 3692 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{z;sl;\check{s}t;1} := 1336 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{y;sl;\check{s}t;1} := 82.8 \text{ mm}$$

$$i_{z;sl;\check{s}t;1} := 49.8 \text{ mm}$$

$$w_{y;el;sl;\check{s}t;1} := 388.6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{y;pl;sl;\check{s}t;1} := 429.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;el;sl;\check{s}t;1} := 133.6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;pl;sl;\check{s}t;1} := 203.8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{t;sl;\check{s}t;1} := 20.98 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{w;sl;\check{s}t;1} := 108 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$A_{sl;\check{s}t;1} := 5383 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz;sl;\check{s}t;1} := 1808 \text{ mm}^2$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU SLOUPU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ TLAKU A OHYBU

$$\chi_{sl;\check{s}t;1} := \frac{N_{Ed;sl;\check{s}t;1}}{t_{w;sl;\check{s}t;1} \cdot f_y} = 19.029 \text{ mm} \quad \alpha_{c;sl;\check{s}t;1} := \frac{d_{sl;\check{s}t;1} + \chi_{sl;\check{s}t;1}}{2} = 76.515 \text{ mm}$$

$$\alpha_{sl;\check{s}t;1} := \frac{\alpha_{c;sl;\check{s}t;1}}{d_{sl;\check{s}t;1}} = 0.571 \rightarrow \alpha > 0.5$$

ZATŘÍDĚNÍ STOJINY

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d_{sl;\check{s}t;1}}{t_{w;sl;\check{s}t;1}} = 20.615$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{sl;\check{s}t;1} - 1} = 50.162$$

$$20.615 < 50.162$$

VYHOVUJE

Podmínka pro stojinu 1. třídy průřezu je splněna.

ZATŘÍDĚNÍ PÁSNICE

$$h_{sl} := 8.76 \text{ m}$$

$$\frac{c_{sl;\check{s}t;1}}{t_{f;sl;\check{s}t;1}} = 7.875$$

$$c_{sl;\check{s}t;1} := b_{sl;\check{s}t;1} \cdot 0.5 - t_{w;sl;\check{s}t;1} \cdot 0.5 - r_{sl;\check{s}t;1} = 78.75 \text{ mm}$$

$$9 \cdot \varepsilon = 7.323$$

$$7.875 < 7.323$$

$$10 \cdot \varepsilon = 8.136$$

$$7.875 < 8.136$$

VYHOVUJE

Podmínka pro pásnici 2. třídy průřezu je splněna.

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti ŠTÍHLosti SLOUPU

$$L_{cr;y;sl;\dot{s}t;1} := 4.99 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;sl;\dot{s}t;1} := 5.75 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;sl;\dot{s}t;1} := \frac{L_{cr;y;sl;\dot{s}t;1}}{i_{y;sl;\dot{s}t;1}} = 60.266$$

$$\lambda_{z;sl;\dot{s}t;1} := \frac{L_{cr;z;sl;\dot{s}t;1}}{i_{z;sl;\dot{s}t;1}} = 115.462$$

PŘÍŘAZENÍ KŘIVEK VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$\frac{h_{sl;\dot{s}t;1}}{b_{sl;\dot{s}t;1}} = 0.95 < 1.2$$

$$t_{f;sl;\dot{s}t;1} = 10 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose y-y --> křivka b; z-z --> křivka c

POMĚRNÉ ŠTÍHLosti

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{y;sl;\dot{s}t;1_} := \frac{\lambda_{y;sl;\dot{s}t;1}}{\lambda_1} = 0.789 \text{ --> } \chi_{y;sl;\dot{s}t;1} := 0.731$$

$$\lambda_{z;sl;\dot{s}t;1_} := \frac{\lambda_{z;sl;\dot{s}t;1}}{\lambda_1} = 1.511 \text{ --> } \chi_{z;sl;\dot{s}t;1} := 0.311$$

VLIV KLOPENÍ

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$M_{cr;sl;\dot{s}t;1} := 400.07 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;y;sl;\dot{s}t;1_} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;sl;\dot{s}t;1} \cdot f_y}{M_{cr;sl;\dot{s}t;1}}} = 0.617$$

$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t;1} := 0.882 \text{ (tabulka, křivka a)}$$

$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t;1} = 0.882 \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t;1} = 0.882 \leq \frac{1}{\lambda_{LT;y;sl;\dot{s}t;1_}^2} = 2.624$$

POSOUZENÍ SLOUPU NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

Osa ohybu y-y

Pod JD



$$\psi_{sl;\check{s}t;1;1} := \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{5.18 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0$$

$$C_{m;LT;sl;\check{s}t;1;1} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl;\check{s}t;1;1}, 0.4) = 0.6$$

$$C_{m;y;sl;\check{s}t;1;1} := C_{m;LT;sl;\check{s}t;1;1} = 0.6$$

Nad JD

$$\psi_{sl;\check{s}t;1;2} := \frac{-0.76 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-24.19 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.031$$

Dále bezpečně uvažuji $C_{m;LT;sl;\check{s}t;1;2}$ nad JD

$$\psi_{sl;\check{s}t;1;2m} := \frac{5.18 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-24.19 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.214$$

$$C_{m;LT;sl;\check{s}t;1;2} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl;\check{s}t;1;2}, 0.4) = 0.613$$

$$C_{m;y;sl;\check{s}t;1;2} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl;\check{s}t;1;2m}, 0.4) = 0.514$$

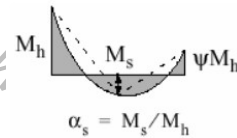
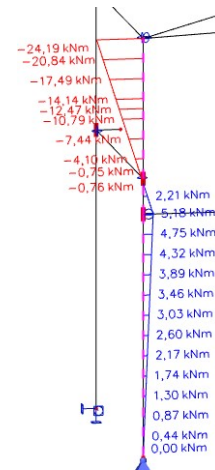
Osa ohybu z-z

$$\psi_{sl;\check{s}t;1} := \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{8.03 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0$$

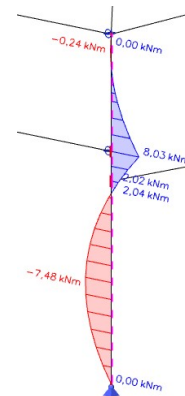
$$\alpha_{s;sl;\check{s}t;1} := \frac{-7.48 \text{ kN} \cdot \text{m}}{8.03 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.932$$

$$-1 \leq \alpha_s \leq 0 \text{ a } 0 \leq \psi \leq 1$$

$$C_{m;z;sl;\check{s}t;1} := \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s;sl;\check{s}t;1}, 0.4) = 0.845$$



$$\alpha_s = M_s / M_h$$



CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;sl;\check{s}t;1} := A_{sl;\check{s}t;1} \cdot f_y = (1.911 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;sl;\check{s}t;1} := w_{y;pl;sl;\check{s}t;1} \cdot f_y = 152.473 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;Rk;sl;\check{s}t;1} := w_{z;pl;sl;\check{s}t;1} \cdot f_y = 72.349 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;sl;st;1} := \min \left(C_{my;sl;st;1,2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;sl;st;1} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;1}}{\chi_{y;sl;st;1} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my;sl;st;1,2} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;1}}{\chi_{y;sl;st;1} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.524$$

$$k_{zy;sl;st;1} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;sl;st;1}}{(C_{m;LT;sl;st;1,2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;1}}{\chi_{z;sl;st;1} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{m;LT;sl;st;1,2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;1}}{\chi_{z;sl;st;1} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.98$$

$$k_{zz;sl;st;1} := \min \left(C_{mz;sl;st;1} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z;sl;st;1} - 0.6) \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;1}}{\chi_{z;sl;st;1} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{mz;sl;st;1} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;1}}{\chi_{z;sl;st;1} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.933$$

$$k_{yz;sl;st;1} := 0.6 \cdot k_{zz;sl;st;1} = 0.56$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;sl;st;1}}{\chi_{y;sl;st;1} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;sl;st;1} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl;st;1}}{\chi_{LT;sl;st;1} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz;sl;st;1} \cdot \frac{M_{Ed;z;sl;st;1}}{\frac{M_{z;Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}} = 0.188 \leq 1.0 \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;sl;st;1}}{\chi_{z;sl;st;1} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;sl;st;1} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl;st;1}}{\chi_{LT;sl;st;1} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz;sl;st;1} \cdot \frac{M_{Ed;z;sl;st;1}}{\frac{M_{z;Rk;sl;st;1}}{\gamma_{M1}}} = 0.354 \leq 1.0 \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKA ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;sl;st;1}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;sl;st;1}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;z;sl;st;1}}{\gamma_{M0}} = 0.293 \leq 1.0 \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

Hodnoty jsou velmi nízké, smyková únosnost nerozhoduje.

Kvůli průhybu má sloup poměrně malé využití.

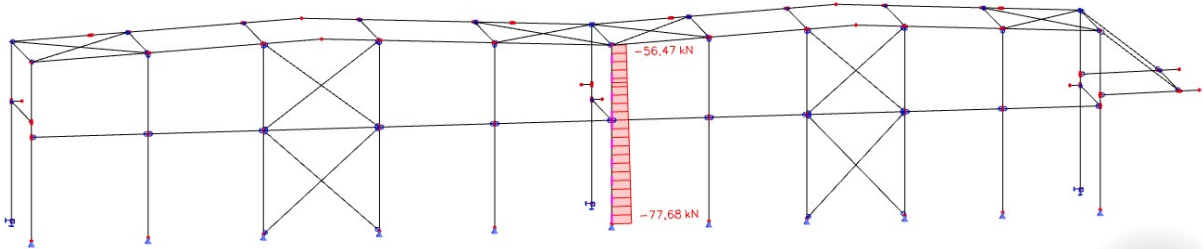
PRŮŘEZ SLOUPU HEA 200 --> VYHOVUJE

8.1.2 PROSTŘEDNÍ SLOUP RÁMU VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ 2

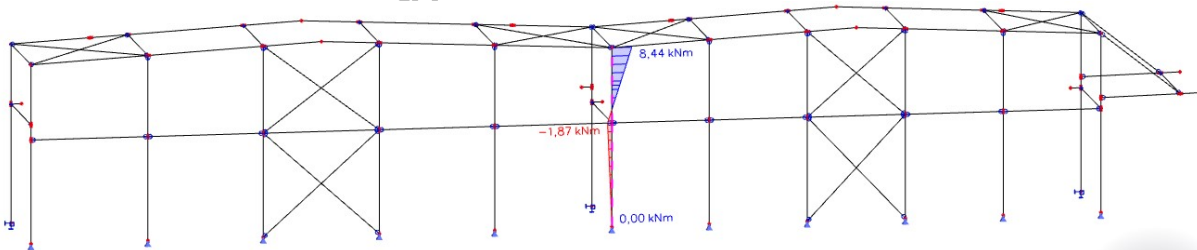
VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

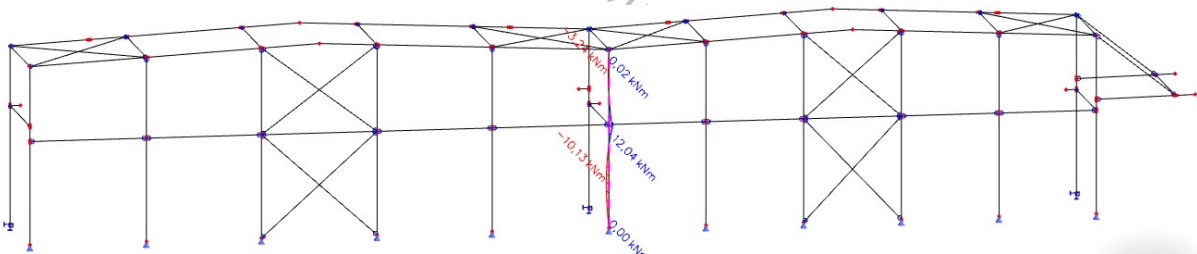
Normálová síla - NK_KZS14



Moment M_y - NK_KZS14



Moment M_z - NK_KZS14



8.1.2.1 Posouzení prostředního sloupu štítové vazby 2

Uvažované vnitřní síly pro posouzení krajního sloupu

$$N_{Ed;sl;št;2} := 77.68 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;y;sl;št;2} := 8.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;z;sl;št;2} := 12.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

HEA 200

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

ocel S355

$$h_{sl;\check{s}t;2} := 190 \text{ mm}$$

$$b_{sl;\check{s}t;2} := 200 \text{ mm}$$

$$r_{sl;\check{s}t;2} := 18 \text{ mm}$$

$$t_{w;sl;\check{s}t;2} := 6.5 \text{ mm}$$

$$t_{f;sl;\check{s}t;2} := 10.0 \text{ mm}$$

$$d_{sl;\check{s}t;2} := 134 \text{ mm}$$

$$I_{y;sl;\check{s}t;2} := 3692 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{z;sl;\check{s}t;2} := 1336 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{y;sl;\check{s}t;2} := 82.8 \text{ mm}$$

$$i_{z;sl;\check{s}t;2} := 49.8 \text{ mm}$$

$$w_{y;el;sl;\check{s}t;2} := 388.6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{y;pl;sl;\check{s}t;2} := 429.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;el;sl;\check{s}t;2} := 133.6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;pl;sl;\check{s}t;2} := 203.8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{t;sl;\check{s}t;2} := 20.98 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{w;sl;\check{s}t;2} := 108 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$A_{sl;\check{s}t;2} := 5383 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz;sl;\check{s}t;2} := 1808 \text{ mm}^2$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU SLOUPU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ TLAKU A OHYBU

$$\chi_{sl;\check{s}t;2} := \frac{N_{Ed;sl;\check{s}t;2}}{t_{w;sl;\check{s}t;2} \cdot f_y} = 33.664 \text{ mm} \quad \alpha_{c;sl;\check{s}t;2} := \frac{d_{sl;\check{s}t;2} + \chi_{sl;\check{s}t;2}}{2} = 83.832 \text{ mm}$$

$$\alpha_{sl;\check{s}t;2} := \frac{\alpha_{c;sl;\check{s}t;2}}{d_{sl;\check{s}t;2}} = 0.626 \rightarrow \alpha > 0.5$$

ZATŘÍDĚNÍ STOJINY

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d_{sl;\check{s}t;2}}{t_{w;sl;\check{s}t;2}} = 20.615$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{sl;\check{s}t;2} - 1} = 45.169$$

$$20.615 < 45.169$$

VYHOVUJE

Podmínka pro stojinu 1. třídy průřezu je splněna.

ZATŘÍDĚNÍ PÁSNICE

$$h_{sl} := 8.76 \text{ m}$$

$$\frac{c_{sl;\check{s}t;2}}{t_{f;sl;\check{s}t;2}} = 7.875$$

$$c_{sl;\check{s}t;2} := b_{sl;\check{s}t;2} \cdot 0.5 - t_{w;sl;\check{s}t;2} \cdot 0.5 - r_{sl;\check{s}t;2} = 78.75 \text{ mm}$$

$$9 \cdot \varepsilon = 7.323$$

$$7.875 < 7.323$$

$$10 \cdot \varepsilon = 8.136$$

$$7.875 < 8.136$$

VYHOVUJE

Podmínka pro pásnici 2. třídy průřezu je splněna.

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti ŠTÍHLosti SLOUPU

$$L_{cr;y;sl;\dot{s}t;2} := 4.99 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;sl;\dot{s}t;2} := 4.99 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;sl;\dot{s}t;2} := \frac{L_{cr;y;sl;\dot{s}t;2}}{i_{y;sl;\dot{s}t;2}} = 60.266$$

$$\lambda_{z;sl;\dot{s}t;2} := \frac{L_{cr;z;sl;\dot{s}t;2}}{i_{z;sl;\dot{s}t;2}} = 100.201$$

PŘÍŘAZENÍ KŘIVEK VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$\frac{h_{sl;\dot{s}t;2}}{b_{sl;\dot{s}t;2}} = 0.95 < 1.2$$

$$t_{f;sl;\dot{s}t;2} = 10 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose y-y --> křivka b; z-z --> křivka c

POMĚRNÉ ŠTÍHLosti

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{y;sl;\dot{s}t;2_} := \frac{\lambda_{y;sl;\dot{s}t;2}}{\lambda_1} = 0.789 \text{ --> } \chi_{y;sl;\dot{s}t;2} := 0.731$$

$$\lambda_{z;sl;\dot{s}t;2_} := \frac{\lambda_{z;sl;\dot{s}t;2}}{\lambda_1} = 1.312 \text{ --> } \chi_{z;sl;\dot{s}t;2} := 0.385$$

VLIV KLOPENÍ

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$M_{cr;sl;\dot{s}t;2} := 405.35 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;y;sl;\dot{s}t;2_} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;sl;\dot{s}t;2} \cdot f_y}{M_{cr;sl;\dot{s}t;2}}} = 0.613$$

$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t;2} := 0.886 \text{ (tabulka, křivka a)}$$

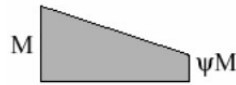
$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t;2} = 0.886 \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t;2} = 0.886 \leq \frac{1}{\lambda_{LT;y;sl;\dot{s}t;2_}^2} = 2.659$$

POSOUZENÍ SLOUPU NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

Osa ohybu y-y

Pod JD



$$\psi_{sl;\check{s}t;2;1} := \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-1.87 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0$$

$$C_{m;LT;sl;\check{s}t;2;1} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl;\check{s}t;2;1}, 0.4) = 0.6$$

$$C_{my;sl;\check{s}t;2;1} := C_{m;LT;sl;\check{s}t;2;1} = 0.6$$

Nad JD

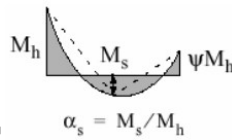
$$\psi_{sl;\check{s}t;2;2} := \frac{-1.87 \text{ kN} \cdot \text{m}}{8.44 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.222$$

Dále bezpečně uvažuji $C_{m;LT;sl;\check{s}t;2;2}$ nad JD

$$C_{m;LT;sl;\check{s}t;2;2} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl;\check{s}t;2;2}, 0.4) = 0.511$$

$$C_{my;sl;\check{s}t;2;2} := C_{m;LT;sl;\check{s}t;2;2} = 0.511$$

Osa ohybu z-z

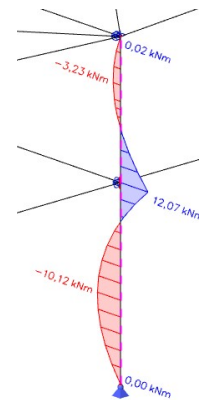
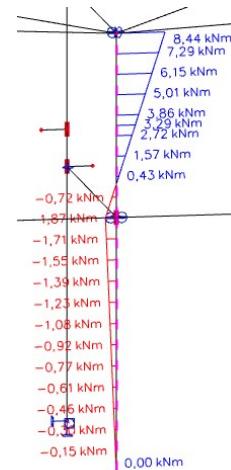


$$\psi_{sl;\check{s}t;2} := \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{12.07 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0$$

$$\alpha_{s;sl;\check{s}t;2} := \frac{-10.12 \text{ kN} \cdot \text{m}}{12.07 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.838$$

$$-1 \leq \alpha_s \leq 0 \text{ a } 0 \leq \psi \leq 1$$

$$C_{mz;sl;\check{s}t;2} := \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s;sl;\check{s}t;2}, 0.4) = 0.771$$



CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;sl;\check{s}t;2} := A_{sl;\check{s}t;2} \cdot f_y = (1.911 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;sl;\check{s}t;2} := w_{y;pl;sl;\check{s}t;2} \cdot f_y = 152.473 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;Rk;sl;\check{s}t;2} := w_{z;pl;sl;\check{s}t;2} \cdot f_y = 72.349 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;sl;št;2} := \min \left(C_{my;sl;št;2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;sl;št;2} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;sl;št;2}}{\chi_{y;sl;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my;sl;št;2} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;sl;št;2}}{\chi_{y;sl;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.528$$

$$k_{zy;sl;št;2} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;sl;št;2}}{(C_{m;LT;sl;št;2;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl;št;2}}{\chi_{z;sl;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{m;LT;sl;št;2;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl;št;2}}{\chi_{z;sl;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.96$$

$$k_{zz;sl;št;2} := \min \left(C_{mz;sl;št;2} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z;sl;št;2} - 0.6) \cdot \frac{N_{Ed;sl;št;2}}{\chi_{z;sl;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{mz;sl;št;2} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{Ed;sl;št;2}}{\chi_{z;sl;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.885$$

$$k_{yz;sl;št;2} := 0.6 \cdot k_{zz;sl;št;2} = 0.531$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;sl;št;2}}{\chi_{y;sl;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;sl;št;2} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl;št;2}}{\chi_{LT;sl;št;2} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz;sl;št;2} \cdot \frac{M_{Ed;z;sl;št;2}}{\frac{M_{z;Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}} = 0.177 \leq 1.0 \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;sl;št;2}}{\chi_{z;sl;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;sl;št;2} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl;št;2}}{\chi_{LT;sl;št;2} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz;sl;št;2} \cdot \frac{M_{Ed;z;sl;št;2}}{\frac{M_{z;Rk;sl;št;2}}{\gamma_{M1}}} = 0.313 \leq 1.0 \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKA ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;sl;št;2}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;sl;št;2}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;z;sl;št;2}}{\gamma_{M0}} = 0.262 \leq 1.0 \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

Hodnoty jsou velmi nízké, smyková únosnost nerozhoduje.

Kvůli průhybu má sloup poměrně malé využití.

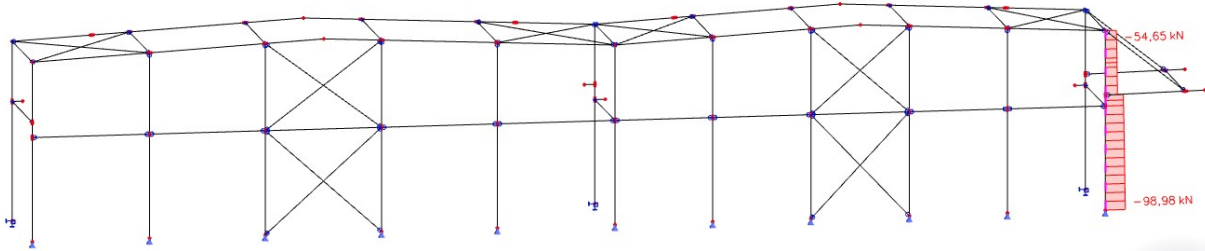
PRŮŘEZ SLOUPU HEA 200 --> VYHOVUJE

8.1.3 KRAJNÍ SLOUP RÁMU VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ 3

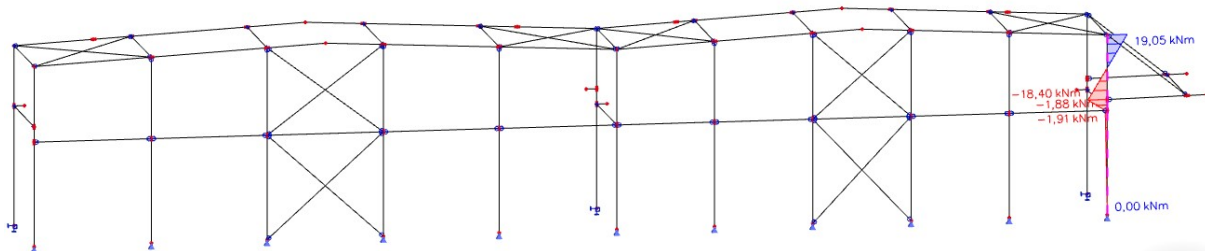
VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

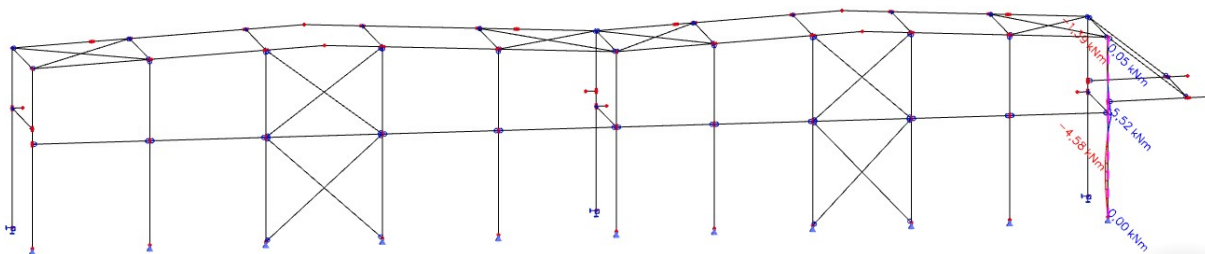
Normálová síla - NK_KZS10



Moment M_y - NK_KZS10



Moment M_z - NK_KZS10



8.1.3.1 Posouzení krajního sloupu štítové vazby 3

Uvažované vnitřní síly pro posouzení krajního sloupu

$$N_{Ed;sl;št;3} := 98.98 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;y;sl;št;3} := 19.05 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;z;sl;št;3} := 5.52 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

HEA 200

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

ocel S355

$$h_{sl;\dot{s}t;3} := 190 \text{ mm}$$

$$b_{sl;\dot{s}t;3} := 200 \text{ mm}$$

$$r_{sl;\dot{s}t;3} := 18 \text{ mm}$$

$$t_{w;sl;\dot{s}t;3} := 6.5 \text{ mm}$$

$$t_{f;sl;\dot{s}t;3} := 10.0 \text{ mm}$$

$$d_{sl;\dot{s}t;3} := 134 \text{ mm}$$

$$I_{y;sl;\dot{s}t;3} := 3692 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{z;sl;\dot{s}t;3} := 1336 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{y;sl;\dot{s}t;3} := 82.8 \text{ mm}$$

$$i_{z;sl;\dot{s}t;3} := 49.8 \text{ mm}$$

$$w_{y;el;sl;\dot{s}t;3} := 388.6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{y;pl;sl;\dot{s}t;3} := 429.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;el;sl;\dot{s}t;3} := 133.6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;pl;sl;\dot{s}t;3} := 203.8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{t;sl;\dot{s}t;3} := 20.98 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{w;sl;\dot{s}t;3} := 108 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$A_{sl;\dot{s}t;3} := 5383 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz;sl;\dot{s}t;3} := 1808 \text{ mm}^2$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU SLOUPU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ TLAKU A OHYBU

$$\chi_{sl;\dot{s}t;3} := \frac{N_{Ed;sl;\dot{s}t;3}}{t_{w;sl;\dot{s}t;3} \cdot f_y} = 42.895 \text{ mm} \quad \alpha_{c;sl;\dot{s}t;3} := \frac{d_{sl;\dot{s}t;3} + \chi_{sl;\dot{s}t;3}}{2} = 88.447 \text{ mm}$$

$$\alpha_{sl;\dot{s}t;3} := \frac{\alpha_{c;sl;\dot{s}t;3}}{d_{sl;\dot{s}t;3}} = 0.66 \rightarrow \alpha > 0.5$$

ZATŘÍDĚNÍ STOJINY

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d_{sl;\dot{s}t;3}}{t_{w;sl;\dot{s}t;3}} = 20.615$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{sl;\dot{s}t;3} - 1} = 42.502$$

$$20.615 < 42.502$$

VYHOVUJE

Podmínka pro stojinu 1. třídy průřezu je splněna.

ZATŘÍDĚNÍ PÁSNICE

$$h_{sl} := 8.76 \text{ m}$$

$$\frac{c_{sl;\dot{s}t;3}}{t_{f;sl;\dot{s}t;3}} = 7.875$$

$$c_{sl;\dot{s}t;3} := b_{sl;\dot{s}t;3} \cdot 0.5 - t_{w;sl;\dot{s}t;3} \cdot 0.5 - r_{sl;\dot{s}t;3} = 78.75 \text{ mm}$$

$$9 \cdot \varepsilon = 7.323$$

$$7.875 < 7.323$$

$$10 \cdot \varepsilon = 8.136$$

$$7.875 < 8.136$$

VYHOVUJE

Podmínka pro pásnici 2. třídy průřezu je splněna.

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti ŠTÍHLosti SLOUPU

$$L_{cr;y;sl;\dot{s}t;3} := 4.99 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;sl;\dot{s}t;3} := 4.99 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;sl;\dot{s}t;3} := \frac{L_{cr;y;sl;\dot{s}t;3}}{i_{y;sl;\dot{s}t;3}} = 60.266$$

$$\lambda_{z;sl;\dot{s}t;3} := \frac{L_{cr;z;sl;\dot{s}t;3}}{i_{z;sl;\dot{s}t;3}} = 100.201$$

PŘÍŘAZENÍ KŘIVEK VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$\frac{h_{sl;\dot{s}t;3}}{b_{sl;\dot{s}t;3}} = 0.95 < 1.2$$

$$t_{f;sl;\dot{s}t;3} = 10 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose y-y --> křivka b; z-z --> křivka c

POMĚRNÉ ŠTÍHLosti

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{y;sl;\dot{s}t;3_} := \frac{\lambda_{y;sl;\dot{s}t;3}}{\lambda_1} = 0.789 \text{ --> } \chi_{y;sl;\dot{s}t;3} := 0.731$$

$$\lambda_{z;sl;\dot{s}t;3_} := \frac{\lambda_{z;sl;\dot{s}t;3}}{\lambda_1} = 1.312 \text{ --> } \chi_{z;sl;\dot{s}t;3} := 0.385$$

VLIV KLOPENÍ

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$M_{cr;sl;\dot{s}t;3} := 282.38 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;y;sl;\dot{s}t;3_} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;sl;\dot{s}t;3} \cdot f_y}{M_{cr;sl;\dot{s}t;3}}} = 0.735$$

$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t;3} := 0.828 \text{ (tabulka, křivka a)}$$

$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t;3} = 0.828 \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t;3} = 0.828 \leq \frac{1}{\lambda_{LT;y;sl;\dot{s}t;3_}^2} = 1.852$$

POSOUZENÍ SLOUPU NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

Osa ohybu y-y

Pod JD



$$\psi_{sl;\check{s};3;1} := \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-1.91 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0$$

$$C_{m;LT;sl;\check{s};3;1} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl;\check{s};3;1}, 0.4) = 0.6$$

$$C_{my;sl;\check{s};3;1} := C_{m;LT;sl;\check{s};3;1} = 0.6$$

Nad JD

$$\psi_{sl;\check{s};3;2} := \frac{-1.91 \text{ kN} \cdot \text{m}}{19.05 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.1$$

Dále bezpečně uvažuji $C_{m;LT;sl;\check{s};3;2}$ nad JD

$$\psi_{sl;\check{s};3;2m} := \frac{-18.40 \text{ kN} \cdot \text{m}}{19.05 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.966$$

$$C_{m;LT;sl;\check{s};3;2} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl;\check{s};3;2}, 0.4) = 0.56$$

$$C_{my;sl;\check{s};3;2} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl;\check{s};3;2m}, 0.4) = 0.4$$

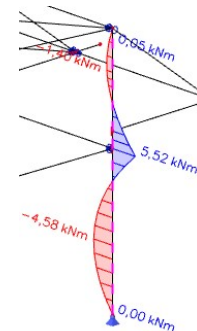
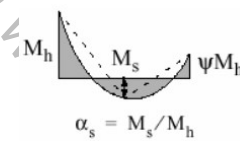
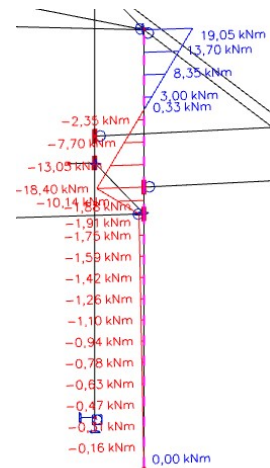
Osa ohybu z-z

$$\psi_{sl;\check{s};3} := \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{5.52 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0$$

$$\alpha_{s;sl;\check{s};3} := \frac{-4.58 \text{ kN} \cdot \text{m}}{5.52 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.83$$

$$-1 \leq \alpha_s \leq 0 \text{ a } 0 \leq \psi \leq 1$$

$$C_{mz;sl;\check{s};3} := \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s;sl;\check{s};3}, 0.4) = 0.764$$



CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;sl;\check{s};3} := A_{sl;\check{s};3} \cdot f_y = (1.911 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;sl;\check{s};3} := w_{y;pl;sl;\check{s};3} \cdot f_y = 152.473 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;Rk;sl;\check{s};3} := w_{z;pl;sl;\check{s};3} \cdot f_y = 72.349 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;sl;st;3} := \min \left(C_{my;sl;st;3;2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;sl;st;3} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;3}}{\chi_{y;sl;st;3} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my;sl;st;3;2} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;3}}{\chi_{y;sl;st;3} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.417$$

$$k_{zy;sl;st;3} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;sl;st;3}}{(C_{m;LT;sl;st;3;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;3}}{\chi_{z;sl;st;3} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{m;LT;sl;st;3;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;3}}{\chi_{z;sl;st;3} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.957$$

$$k_{zz;sl;st;3} := \min \left(C_{mz;sl;st;3} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z;sl;st;3} - 0.6) \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;3}}{\chi_{z;sl;st;3} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{mz;sl;st;3} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{Ed;sl;st;3}}{\chi_{z;sl;st;3} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.908$$

$$k_{yz;sl;st;3} := 0.6 \cdot k_{zz;sl;st;3} = 0.545$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;sl;st;3}}{\chi_{y;sl;st;3} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;sl;st;3} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl;st;3}}{\chi_{LT;sl;st;3} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz;sl;st;3} \cdot \frac{M_{Ed;z;sl;st;3}}{\frac{M_{z;Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}} = 0.175 \leq 1.0 \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;sl;st;3}}{\chi_{z;sl;st;3} \cdot \frac{N_{Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;sl;st;3} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl;st;3}}{\chi_{LT;sl;st;3} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz;sl;st;3} \cdot \frac{M_{Ed;z;sl;st;3}}{\frac{M_{z;Rk;sl;st;3}}{\gamma_{M1}}} = 0.348 \leq 1.0 \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKA ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;sl;st;3}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;sl;st;3}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;z;sl;st;3}}{\gamma_{M0}} = 0.253 \leq 1.0 \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

Hodnoty jsou velmi nízké, smyková únosnost nerozhoduje.

Kvůli průhybu má sloup poměrně malé využití.

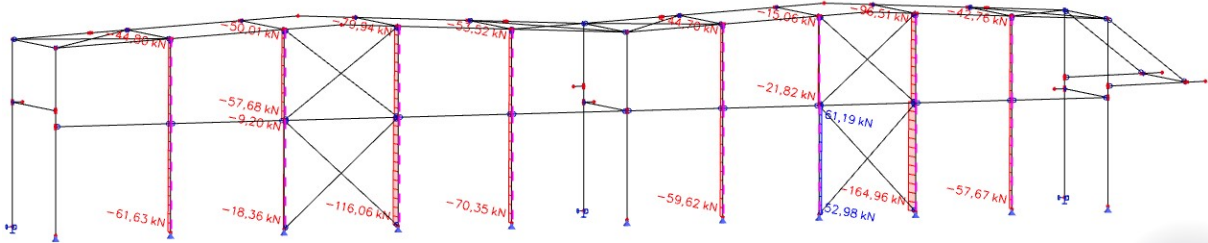
PRŮŘEZ SLOUPU HEA 200 --> VYHOVUJE

8.1.4 VNITŘNÍ SLOUP RÁMU VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ

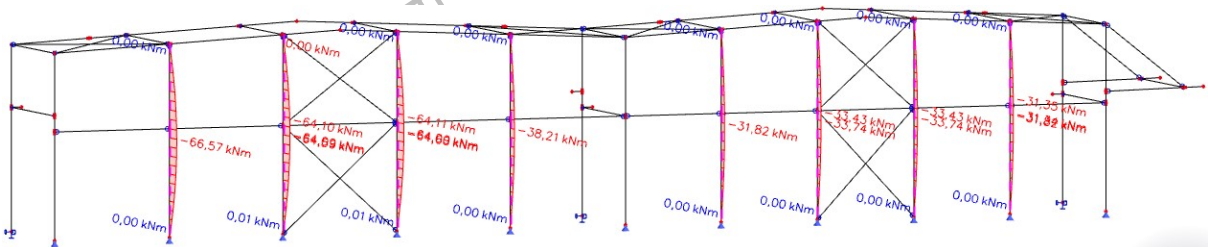
VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS20



Moment M_y - NK_KZS4



8.1.4.1 Posouzení vnitřního sloupu štítové vazby

Uvažované vnitřní síly pro posouzení krajního sloupu

$$N_{Ed;sl;št} := 116.06 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;y;sl;št} := 64.60 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

IPE 300

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

ocel S355

$$h_{sl;št} := 300 \text{ mm}$$

$$b_{sl;št} := 150 \text{ mm}$$

$$r_{sl;št} := 15 \text{ mm}$$

$$t_{w;sl;št} := 7.1 \text{ mm}$$

$$t_{f;sl;št} := 10.7 \text{ mm}$$

$$d_{sl;št} := 284.6 \text{ mm}$$

$$I_{y;sl;št} := 8356 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{z;sl;št} := 603.8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{y;sl;št} := 125 \text{ mm}$$

$$i_{z;sl;št} := 33.5 \text{ mm}$$

$$w_{y;el;sl;št} := 557.1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{y;pl;sl;št} := 628.4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;el;sl;št} := 80.50 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;pl;sl;št} := 125.2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{t;sl;št} := 20.12 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{w;sl;št} := 125.9 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$A_{sl;št} := 5381 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz;sl;št} := 2568 \text{ mm}^2$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU SLOUPU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ TLAKU A OHYBU

$$\chi_{sl;\dot{s}t} := \frac{N_{Ed;sl;\dot{s}t}}{t_{w;sl;\dot{s}t} \cdot f_y} = 46.046 \text{ mm} \quad \alpha_{c;sl;\dot{s}t} := \frac{d_{sl;\dot{s}t} + \chi_{sl;\dot{s}t}}{2} = 165.323 \text{ mm}$$

$$\alpha_{sl;\dot{s}t} := \frac{\alpha_{c;sl;\dot{s}t}}{d_{sl;\dot{s}t}} = 0.581 \quad \rightarrow \alpha > 0.5$$

ZATŘÍDĚNÍ STOJINY

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d_{sl;\dot{s}t}}{t_{w;sl;\dot{s}t}} = 40.085 \quad \varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{sl;\dot{s}t} - 1} = 49.177 \quad 40.085 < 49.177 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy průřezu je splněna.

ZATŘÍDĚNÍ PÁSNICE

$$\frac{c_{sl;\dot{s}t}}{t_{f;sl;\dot{s}t}} = 5.276 \quad h_{sl} := 8.76 \text{ m} \\ c_{sl;\dot{s}t} := b_{sl;\dot{s}t} \cdot 0.5 - t_{w;sl;\dot{s}t} \cdot 0.5 - r_{sl;\dot{s}t} = 56.45 \text{ mm} \\ 9 \cdot \varepsilon = 7.323 \quad 5.276 < 7.323 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy průřezu je splněna.

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti ŠTÍHLOSTI SLOUPU

$$L_{cr;y;sl;\dot{s}t} := 9.485 \text{ m} \\ L_{cr;z;sl;\dot{s}t} := 4.99 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;sl;\dot{s}t} := \frac{L_{cr;y;sl;\dot{s}t}}{i_{y;sl;\dot{s}t}} = 75.88$$

$$\lambda_{z;sl;\dot{s}t} := \frac{L_{cr;z;sl;\dot{s}t}}{i_{z;sl;\dot{s}t}} = 148.955$$

PŘÍŘAZENÍ KŘIVEK VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$\frac{h_{sl;\dot{s}t}}{b_{sl;\dot{s}t}} = 2 > 1.2$$

$$t_{f;sl;\dot{s}t} = 10.7 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose y-y --> křivka a; z-z --> křivka b

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{y;sl;\dot{s}t} := \frac{\lambda_{y;sl;\dot{s}t}}{\lambda_1} = 0.993 \quad \rightarrow \quad \chi_{y;sl;\dot{s}t} := 0.673$$

$$\lambda_{z;sl;\dot{s}t} := \frac{\lambda_{z;sl;\dot{s}t}}{\lambda_1} = 1.95 \quad \rightarrow \quad \chi_{z;sl;\dot{s}t} := 0.219$$

VLIV KLOPENÍ

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$M_{cr;sl;\dot{s}t} := 165.38 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;y;sl;\dot{s}t} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;sl;\dot{s}t} \cdot f_y}{M_{cr;sl;\dot{s}t}}} = 1.161$$

$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t} := 0.556 \quad (\text{tabulka, křivka a})$$

$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t} = 0.556 \quad \square \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;sl;\dot{s}t} = 0.556 \quad \square \leq \frac{1}{\lambda_{LT;y;sl;\dot{s}t}^2} = 0.741$$

POSOUZENÍ SLOUPU NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

Osa ohybu y-y

$$\psi_{sl;\dot{s}t} := 0$$

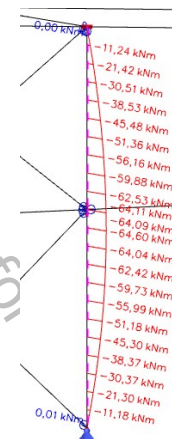
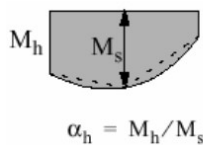
$$\alpha_{s;sl;\dot{s}t} := 0$$

$$0 \leq \alpha_s \leq 1 \quad \text{a} \quad -1 \leq \psi \leq 1$$

$$C_{my;sl;\dot{s}t} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_{s;sl;\dot{s}t} = 0.95$$

$$\psi_{sl;\dot{s}t} := \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-64.11 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0$$

$$C_{m;LT;sl;\dot{s}t} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl;\dot{s}t}, 0.4) = 0.6$$



CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;sl;št} := A_{sl;št} \cdot f_y = (1.91 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;sl;št} := w_{y;pl;sl;št} \cdot f_y = 223.082 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;sl;št} := \min \left(C_{my;sl;št} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;sl;št} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;sl;št}}{\chi_{y;sl;št} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my;sl;št} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;sl;št}}{\chi_{y;sl;št} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 1.018$$

$$k_{zy;sl;št} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;sl;št}}{(C_{m;LT;sl;št} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl;št}}{\chi_{z;sl;št} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{m;LT;sl;št} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;sl;št}}{\chi_{z;sl;št} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.921$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;sl;št}}{\chi_{y;sl;št} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;sl;št} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl;št}}{\chi_{LT;sl;št} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl;št}}{\gamma_{M1}}} = 0.62 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;sl;št}}{\chi_{z;sl;št} \cdot \frac{N_{Rk;sl;št}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;sl;št} \cdot \frac{M_{Ed;y;sl;št}}{\chi_{LT;sl;št} \cdot \frac{M_{y;Rk;sl;št}}{\gamma_{M1}}} = 0.757 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKY ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;sl;št}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;sl;št}}{\gamma_{M0}} = 0.35 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

Hodnoty jsou velmi nízké, smyková únosnost nerozhoduje.

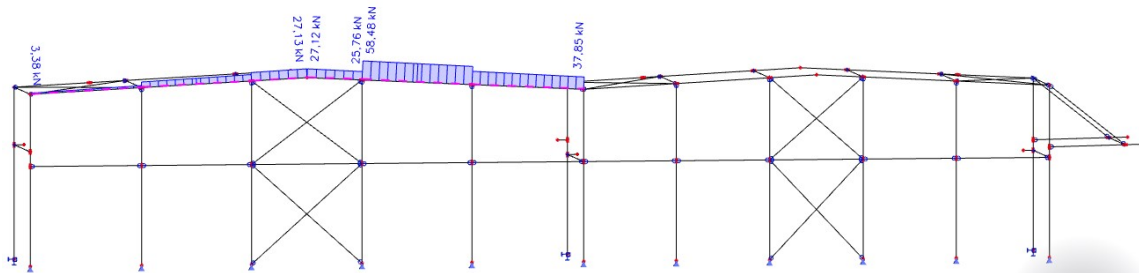
PRŮŘEZ SLOUPU IPE 300 --> VYHOVUJE

8.1.5 PŘÍČLE VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ 1

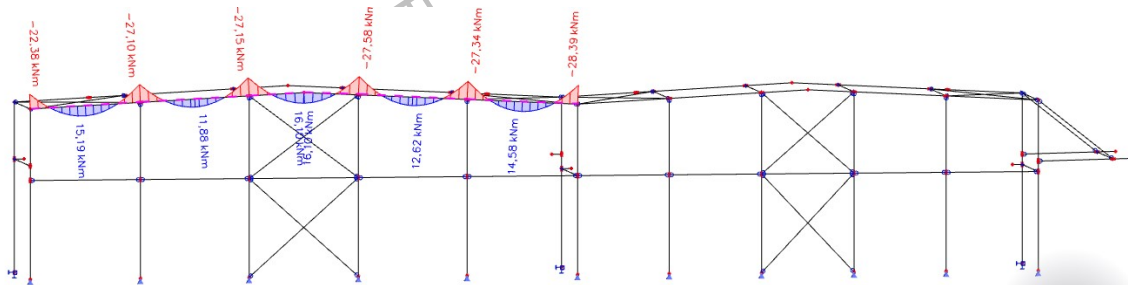
VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS10



Moment M_y - NK_KZS10



8.1.5.1 Posouzení příčle štítové vazby 1

Uvažované vnitřní síly pro posouzení krajního sloupu

$$N_{Ed;př;št;1} := 58.48 \text{ kN}$$

$$M_{Ed;y;př;št;1} := 28.39 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

HEA 140

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

ocel S355

$$h_{př;št;1} := 133 \text{ mm}$$

$$b_{př;št;1} := 140 \text{ mm}$$

$$r_{př;št;1} := 12 \text{ mm}$$

$$t_{w;př;št;1} := 5.5 \text{ mm}$$

$$t_{f;př;št;1} := 8.5 \text{ mm}$$

$$d_{př;št;1} := 92.0 \text{ mm}$$

$$I_{y;př;št;1} := 1033 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{z;př;št;1} := 389.3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{y;př;št;1} := 57.3 \text{ mm}$$

$$i_{z;př;št;1} := 35.2 \text{ mm}$$

$$w_{y;el;př;št;1} := 155.4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{y;pl;př;št;1} := 173.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;el;př;št;1} := 55.62 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z;pl;př;št;1} := 84.85 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{t;př;št;1} := 8.130 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{w;př;št;1} := 15.060 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$A_{př;št;1} := 3142 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz;př;št;1} := 1012 \text{ mm}^2$$

ZATRŽIDĚNÍ PRŮREZU PŘÍČLE NAMÁHANÉ KOMBINACÍ TLAKU A OHYBU

$$\chi_{př;št;1} := \frac{N_{Ed;př;št;1}}{t_{w;př;št;1} \cdot f_y} = 29.951 \text{ mm} \quad \alpha_{c;př;št;1} := \frac{d_{př;št;1} + \chi_{př;št;1}}{2} = 60.976 \text{ mm}$$

$$\alpha_{př;št;1} := \frac{\alpha_{c;př;št;1}}{d_{př;št;1}} = 0.663 \quad \rightarrow \quad \alpha > 0.5$$

ZATRŽIDĚNÍ STOJINY

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d_{př;št;1}}{t_{w;př;št;1}} = 16.727 \quad \varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{př;št;1} - 1} = 42.304 \quad 16.727 < 42.304 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy průřezu je splněna.

ZATRŽIDĚNÍ PÁSNICE

$$\frac{c_{př;št;1}}{t_{f;př;št;1}} = 6.5 \quad c_{př;št;1} := b_{př;št;1} \cdot 0.5 - t_{w;př;št;1} \cdot 0.5 - r_{př;št;1} = 55.25 \text{ mm}$$

$$9 \cdot \varepsilon = 7.323 \quad 6.5 < 7.323 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy průřezu je splněna.

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Pro vzpěr v rovině rámu (vybočení kolmo k ose y) se použije vzpěrná délka $L_{cr;y}$ v hodnotě 5,91 m mezi štítovými sloupy, pro vybočení z roviny uvažují $L_{cr;z} = 5.91 \text{ m}$

ŠTÍHLOSTI PŘÍČLE

$$L_{cr;y;př;št;1} := 5.91 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;př;št;1} := 5.91 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;př;št;1} := \frac{L_{cr;y;př;št;1}}{i_{y;př;št;1}} = 103.141$$

$$\lambda_{z;př;št;1} := \frac{L_{cr;z;př;št;1}}{i_{z;př;št;1}} = 167.898$$

PŘÍŘAZENÍ KŘIVEK VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$\frac{h_{př;št;1}}{b_{př;št;1}} = 0.95 < 1.2$$

$$t_{f;př;št;1} = 8.5 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose y-y --> křivka b; z-z --> křivka c

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{y;př;št;1} := \frac{\lambda_{př;št;1}}{\lambda_1} = 1.35 \quad \text{-->} \quad \chi_{y;př;št;1} := 0.404$$

$$\lambda_{z;př;št;1} := \frac{\lambda_{př;št;1}}{\lambda_1} = 2.198 \quad \text{-->} \quad \chi_{z;př;št;1} := 0.166$$

VLIV KLOPENÍ

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$M_{cr;př;št;1} := 422.43 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITELE KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;y;př;št;1} := \sqrt{\frac{w_{y;př;št;1} \cdot f_y}{M_{cr;př;št;1}}} = 0.382$$

$$\chi_{LT;př;št;1} := 0.958 \text{ (tabulka, křivka a)}$$

$$\chi_{LT;př;št;1} = 0.958 \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;př;št;1} = 0.958 \leq \frac{1}{\lambda_{LT;y;př;št;1}^2} = 6.858$$

POSOUZENÍ PŘÍČLE NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

Osa ohybu y-y

$$M_{Ed;1;L} := -27.34 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;1;P} := -28.39 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

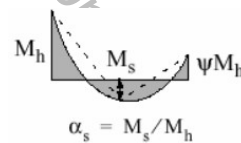
$$M_{Ed;1} := 14.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi_{př;št;1} := \frac{M_{Ed;1;L}}{M_{Ed;1;P}} = 0.963$$

$$\alpha_{s;př;št;1} := \frac{M_{Ed;1}}{M_{Ed;1;P}} = -0.514$$

$$C_{m;LT;př;št;1} := \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s;př;št;1}, 0.4) = 0.511$$

$$C_{my;př;št;1} := C_{m;LT;př;št;1} = 0.511$$



$$-1 \leq \alpha_s \leq 0 \text{ a } 0 \leq \psi \leq 1$$

CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;př;št;1} := A_{př;št;1} \cdot f_y = (1.115 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;př;št;1} := w_{y;pl;př;št;1} \cdot f_y = 61.593 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;př;št;1} := \min \left(C_{my;př;št;1} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;př;št;1} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;př;št;1}}{\chi_{y;př;št;1} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;1}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my;př;št;1} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;př;št;1}}{\chi_{y;př;št;1} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;1}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.564$$

$$k_{zy;př;št;1} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;př;št;1}}{(C_{m;LT;př;št;1} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;př;št;1}}{\chi_{z;př;št;1} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;1}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{m;LT;př;št;1} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;př;št;1}}{\chi_{z;př;št;1} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;1}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.879$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;př;št;1}}{\chi_{y;př;št;1} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;1}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;př;št;1} \cdot \frac{M_{Ed;y;př;št;1}}{\chi_{LT;př;št;1} \cdot \frac{M_{y;Rk;př;št;1}}{\gamma_{M1}}} = 0.401 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;př;št;1}}{\chi_{z;př;št;1} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;1}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;př;št;1} \cdot \frac{M_{Ed;y;př;št;1}}{\chi_{LT;př;št;1} \cdot \frac{M_{y;Rk;př;št;1}}{\gamma_{M1}}} = 0.739 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKY ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;př;št;1}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;př;št;1}}{\gamma_{M0}} = 0.513 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

Hodnoty jsou velmi nízké, smyková únosnost nerozhoduje.

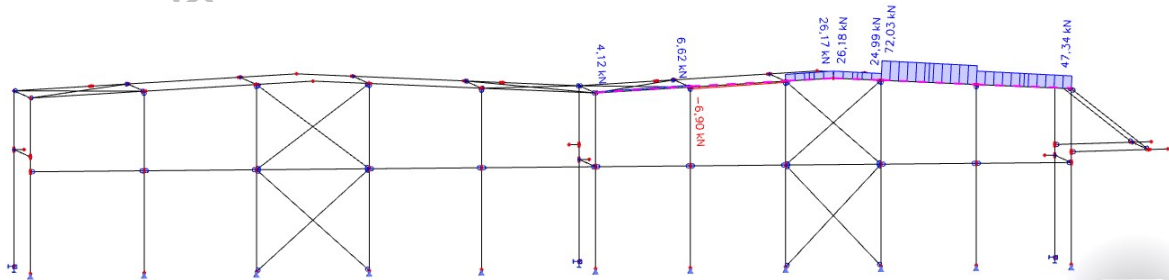
PRŮŘEZ PŘÍČLE HEA 140 --> VYHOVUJE

8.1.6 PŘÍČLE VE ŠTÍTOVÉ VAZBĚ 2

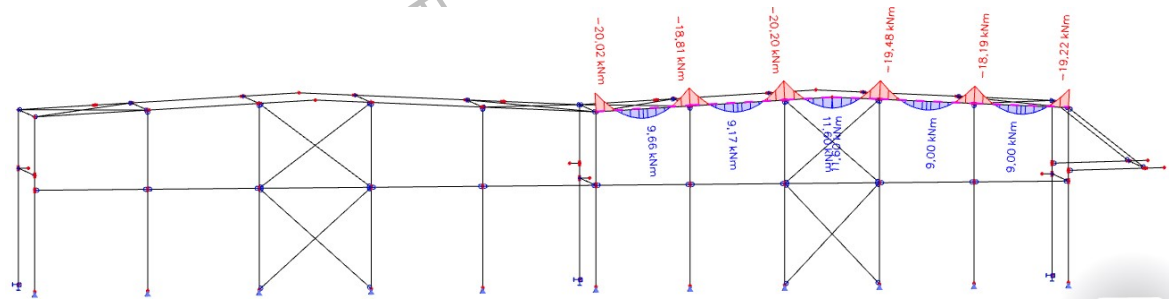
VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS12



Moment M_y - NK_KZS12



8.1.6.1 Posouzení příčle štítové vazby 2

Uvažované vnitřní síly pro posouzení krajního sloupu

$$N_{Ed,př;št;2} := 72.03 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y;př;št;2} := 19.48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

HEA 120

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

ocel S355

$$h_{př;št;2} := 114 \text{ mm}$$

$$b_{př;št;2} := 120 \text{ mm}$$

$$r_{př;št;2} := 12 \text{ mm}$$

$$t_{w;př;št;2} := 5.0 \text{ mm}$$

$$t_{f;př;št;2} := 8.0 \text{ mm}$$

$$d_{př;št;2} := 74.0 \text{ mm}$$

$$I_{y;př;št;2} := 606.2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{z;př;št;2} := 230.9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{y;př;št;2} := 48.9 \text{ mm}$$

$$i_{z;př;št;2} := 30.2 \text{ mm}$$

$$w_{y,el;př;št;2} := 106.3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{y,pl;př;št;2} := 119.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z,el;př;št;2} := 38.48 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$w_{z,pl;př;št;2} := 58.85 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{t;př;št;2} := 5.994 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{w;př;št;2} := 6.472 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$A_{př;št;2} := 2534 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz;př;št;2} := 846 \text{ mm}^2$$

ZATRŽIDĚNÍ PRŮŘEZU PŘÍČLE NAMÁHANÉ KOMBINACÍ TLAKU A OHYBU

$$\chi_{př;št;2} := \frac{N_{Ed;př;št;2}}{t_{w;př;št;2} \cdot f_y} = 40.58 \text{ mm} \quad \alpha_{c;př;št;2} := \frac{d_{př;št;2} + \chi_{př;št;2}}{2} = 57.29 \text{ mm}$$

$$\alpha_{př;št;2} := \frac{\alpha_{c;př;št;2}}{d_{př;št;2}} = 0.774 \quad \rightarrow \quad \alpha > 0.5$$

ZATRŽIDĚNÍ STOJINY

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d_{př;št;2}}{t_{w;př;št;2}} = 14.8 \quad \varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{př;št;2} - 1} = 35.544 \quad 14.8 < 35.544 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy průřezu je splněna.

ZATRŽIDĚNÍ PÁSNICE

$$\frac{c_{př;št;2}}{t_{f;př;št;2}} = 5.688 \quad c_{př;št;2} := b_{př;št;2} \cdot 0.5 - t_{w;př;št;2} \cdot 0.5 - r_{př;št;2} = 45.5 \text{ mm}$$

$$9 \cdot \varepsilon = 7.323 \quad 5.688 < 7.323 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy průřezu je splněna.

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Pro vzpěr v rovině rámu (vybočení kolmo k ose y) se použije vzpěrná délka $L_{cr;y}$ v hodnotě 4,94 m mezi štítovými sloupy, pro vybočení z roviny uvažují $L_{cr;z} = 4.94 \text{ m}$

ŠTÍHLOSTI PŘÍČLE

$$L_{cr;y;př;št;2} := 4.94 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;př;št;2} := 4.94 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;př;št;2} := \frac{L_{cr;y;př;št;2}}{i_{y;př;št;2}} = 101.022$$

$$\lambda_{z;př;št;2} := \frac{L_{cr;z;př;št;2}}{i_{z;př;št;2}} = 163.576$$

PŘÍŘAZENÍ KŘIVEK VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$\frac{h_{př;št;2}}{b_{př;št;2}} = 0.95 < 1.2$$

$$t_{f;př;št;2} = 8 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose y-y --> křivka b; z-z --> křivka c

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{y;př;št;2} := \frac{\lambda_{y;př;št;2}}{\lambda_1} = 1.322 \quad \rightarrow \quad \chi_{y;př;št;2} := 0.417$$

$$\lambda_{z;př;št;2} := \frac{\lambda_{z;př;št;2}}{\lambda_1} = 2.141 \quad \rightarrow \quad \chi_{z;př;št;2} := 0.174$$

VLIV KLOPENÍ

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$\mu_{cr;př;št;2} := 13.5$$

$$M_{cr;př;št;2} := \mu_{cr;př;št;2} \cdot M_{Ed;y;př;št;2} = 262.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITELE KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;y;př;št;2} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;př;št;2} \cdot f_y}{M_{cr;př;št;2}}} = 0.402$$

$$\chi_{LT;př;št;2} := 0.953 \text{ (tabulka, křivka a)}$$

$$\chi_{LT;př;št;2} = 0.953 \leq 1.0$$

$$\chi_{LT;př;št;2} = 0.953 \leq \frac{1}{\lambda_{LT;y;př;št;2}^2} = 6.199$$

POSOUZENÍ PŘÍČLE NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

Osa ohybu y-y

$$M_{Ed;2;L} := -20.20 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;2;P} := -19.48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

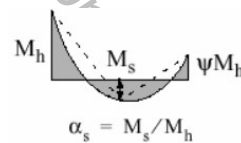
$$M_{Ed;2} := 11.60 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi_{př;št;2} := \frac{M_{Ed;2;P}}{M_{Ed;2;L}} = 0.964$$

$$\alpha_{s;př;št;2} := \frac{M_{Ed;2}}{M_{Ed;2;L}} = -0.574$$

$$C_{m;LT;př;št;2} := \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s;př;št;2}, 0.4) = 0.559$$

$$C_{my;př;št;2} := C_{m;LT;př;št;2} = 0.559$$



$$-1 \leq \alpha_s \leq 0 \text{ a } 0 \leq \psi \leq 1$$

CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;př;št;2} := A_{př;št;2} \cdot f_y = 899.57 \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;př;št;2} := w_{y;pl;př;št;2} \cdot f_y = 42.423 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;př;št;2} := \min \left(C_{my;př;št;2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;př;št;2} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;př;št;2}}{\chi_{y;př;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;2}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my;př;št;2} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;př;št;2}}{\chi_{y;př;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;2}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.645$$

$$k_{zy;př;št;2} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;př;št;2}}{(C_{m;LT;př;št;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;př;št;2}}{\chi_{z;př;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;2}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{m;LT;př;št;2} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;př;št;2}}{\chi_{z;př;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;2}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.851$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;př;št;2}}{\chi_{y;př;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;2}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;př;št;2} \cdot \frac{M_{Ed;y;př;št;2}}{\chi_{LT;př;št;2} \cdot \frac{M_{y;Rk;př;št;2}}{\gamma_{M1}}} = 0.503 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed;př;št;2}}{\chi_{z;př;št;2} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;2}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;př;št;2} \cdot \frac{M_{Ed;y;př;št;2}}{\chi_{LT;př;št;2} \cdot \frac{M_{y;Rk;př;št;2}}{\gamma_{M1}}} = 0.87 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKY ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;př;št;2}}{\gamma_{M0} \cdot \frac{N_{Rk;př;št;2}}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{Ed;y;př;št;2}}{\gamma_{M0} \cdot \frac{M_{y;Rk;př;št;2}}{\gamma_{M0}}} = 0.539 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI

Hodnoty jsou velmi nízké, smyková únosnost nerozhoduje.

PRŮŘEZ PŘÍČLE HEA 120 --> VYHOVUJE

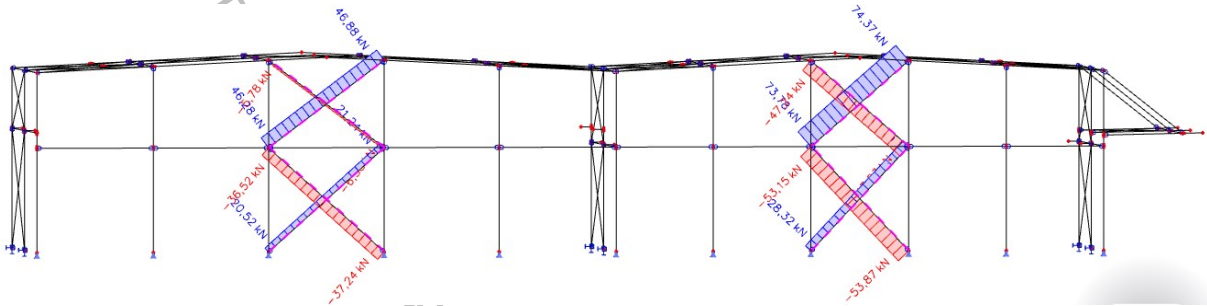
9. ZTUŽIDLA

9.1 PŘÍČNÉ ZTUŽENÍ

VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS10



9.1.1 PŘÍČNÉ ZTUŽENÍ LODI S 20t JEŘÁBEM

Uvažované vnitřní síly

$$N_{Ed;zt;př;1;t} := 28.32 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;př;1;t;h} := 74.37 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;př;1;c} := 53.87 \text{ kN}$$

TR 89/5,0

Třída 1 pro tlak, ocel S355

$$I_{zt;př;1} := 117 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{zt;př;1} := 29.8 \text{ mm}$$

$$A_{zt;př;1} := 1319 \text{ mm}^2$$

Vzpěrná délka

Obě diagonály mají shodný průřez.

$$L_{zt;př;1;h} := 6.679 \text{ m}$$

$$L_{zt;př;1;s} := 7.022 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;zt;př;1;h} := L_{zt;př;1;h} \cdot 0.5 = 3.34 \text{ m}$$

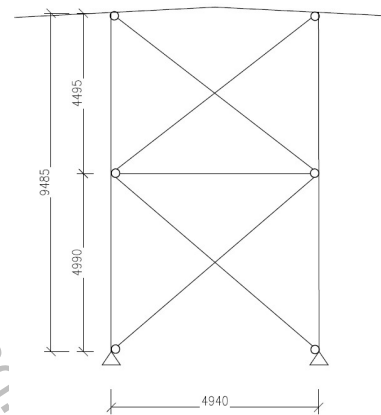
$$L_{cr;z;zt;př;1;s} := L_{zt;př;1;s} \cdot \sqrt{1 - 0.75 \cdot \frac{N_{Ed;zt;př;1;t}}{N_{Ed;zt;př;1;c}}} = 5.465 \text{ m}$$

POMĚRNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{zt;př;1;h} := \frac{L_{cr;z;zt;př;1;h}}{i_{zt;př;1}} = 112.064$$

$$\lambda_{zt;př;1;h_-} := \frac{\lambda_{zt;př;1;h}}{\lambda_1} = 1.467 \rightarrow \chi_{zt;př;1;h} := 0.324 \text{ (tabulka křivka c)}$$



$$\lambda_{zt;př;1;s} := \frac{L_{cr;z;zt;př;1;s}}{i_{zt;př;1}} = 183.392$$

$$\lambda_{zt;př;1;s} := \frac{\lambda_{zt;př;1;s}}{\lambda_1} = 2.4 \quad \rightarrow \quad \chi_{zt;př;1;s} := 0.143 \quad (\text{tabulka křivka c})$$

TLAKOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;zt;př;1;c} := \chi_{zt;př;1;s} \cdot A_{zt;př;1} \cdot f_y = 66.959 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;př;1;c} = 53.87 \text{ kN} \leq N_{Rd;zt;př;1;c} = 66.959 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

TAHOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;zt;př;1;t} := A_{zt;př;1} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 468.245 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;př;1;t;h} = 74.37 \text{ kN} \leq N_{Rd;zt;př;1;t} = 468.245 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

PRŮŘEZ TR 89/5,0 --> VYHOVUJE

9.1.2 PŘÍČNÉ ZTUŽENÍ LODI S 6,3t JEŘÁBEM

Uvažované vnitřní síly

$$N_{Ed;zt;př;2;t} := 21.24 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;př;2;t;h} := 46.88 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;př;2;c} := 37.24 \text{ kN}$$

TR 89/5,0

Třída 1 pro tlak, ocel S355

$$I_{zt;př;2} := 117 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{zt;př;2} := 29.8 \text{ mm}$$

$$A_{zt;př;2} := 1319 \text{ mm}^2$$

Vzpěrná délka

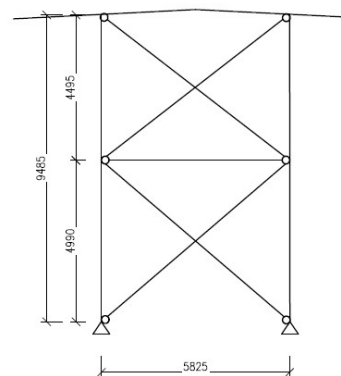
Obě diagonály mají shodný průřez.

$$L_{zt;př;2;h} := 7.358 \text{ m}$$

$$L_{zt;př;2;s} := 7.670 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;zt;př;2;h} := L_{zt;př;2;h} \cdot 0.5 = 3.679 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;zt;př;2;s} := L_{zt;př;2;s} \cdot \sqrt{1 - 0.75 \cdot \frac{N_{Ed;zt;př;2;t}}{N_{Ed;zt;př;2;c}}} = 5.802 \text{ m}$$



POMĚRNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{zt;př;2;h} := \frac{L_{cr;z;zt;př;2;h}}{i_{zt;př;2}} = 123.456$$

$$\lambda_{zt;př;2;h} := \frac{\lambda_{zt;př;2;h}}{\lambda_1} = 1.616 \quad \rightarrow \quad \chi_{zt;př;2;h} := 0.279 \quad (\text{tabulka křivka c})$$

$$\lambda_{zt;př;2;s} := \frac{L_{cr;z;zt;př;2;s}}{i_{zt;př;2}} = 194.7$$

$$\lambda_{zt;př;2;s} := \frac{\lambda_{zt;př;2;s}}{\lambda_1} = 2.548 \quad \rightarrow \quad \chi_{zt;př;2;s} := 0.128 \quad (\text{tabulka křivka c})$$

TLAKOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;zt;př;2;c} := \chi_{zt;př;2;s} \cdot A_{zt;př;2} \cdot f_y = 59.935 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;př;2;c} = 37.24 \text{ kN} \leq N_{Rd;zt;př;2;c} = 59.935 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

TAHOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;zt;př;2;t} := A_{zt;př;2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 468.245 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;př;2;t;h} = 46.88 \text{ kN} \leq N_{Rd;zt;př;2;t} = 468.245 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

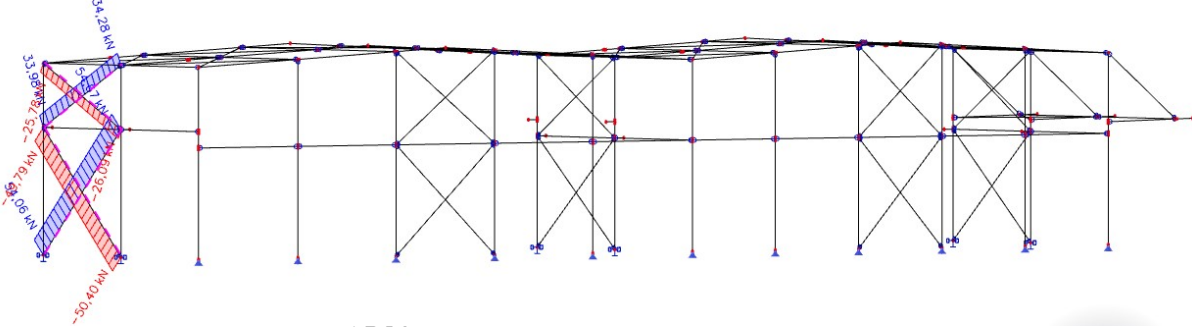
PRŮŘEZ TR 89/5,0 --> VYHOVUJE

9.2 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ

VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS4



9.2.1 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ LODI S 6,3t JEŘÁBEM

Uvažované vnitřní síly

$$N_{Ed;zt;po;1;t} := 54.67 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;po;1;c} := 50.40 \text{ kN}$$

TR 89/5,0

Třída 1 pro tlak, ocel S355

$$I_{zt;po;1} := 117 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{zt;po;1} := 29.8 \text{ mm}$$

$$A_{zt;po;1} := 1319 \text{ mm}^2$$

Vzpěrná délka

Obě diagonály mají shodný průřez.

$$L_{zt;po;1;h} := 6.713 \text{ m}$$

$$L_{zt;po;1;s} := 8.310 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;zt;po;1;h} := L_{zt;po;1;h} \cdot 0.5 = 3.357 \text{ m}$$

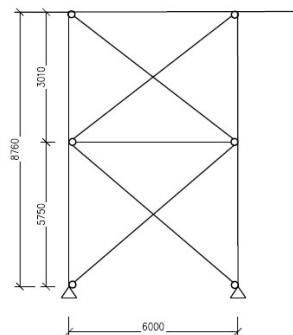
$$L_{cr;z;zt;po;1;s} := L_{zt;po;1;s} \cdot 0.5 = 4.155 \text{ m}$$

POMĚRNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{zt;po;1;h} := \frac{L_{cr;z;zt;po;1;h}}{i_{zt;po;1}} = 112.634$$

$$\lambda_{zt;po;1;h_-} := \frac{\lambda_{zt;po;1;h}}{\lambda_1} = 1.474 \quad \rightarrow \quad \chi_{zt;po;1;h} := 0.324 \quad (\text{tabulka křivka c})$$



$$\lambda_{zt;po;1;s} := \frac{L_{cr;z;zt;po;1;s}}{i_{zt;po;1}} = 139.43$$

$$\lambda_{zt;po;1;s} := \frac{\lambda_{zt;po;1;s}}{\lambda_1} = 1.825 \quad \rightarrow \quad \chi_{zt;po;1;s} := 0.228 \quad (\text{tabulka křivka c})$$

TLAKOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;zt;po;1;c} := \chi_{zt;po;1;s} \cdot A_{zt;po;1} \cdot f_y = 106.76 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;po;1;c} = 50.4 \text{ kN} \leq N_{Rd;zt;po;1;c} = 106.76 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

TAHOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;zt;po;1;t} := A_{zt;po;1} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 468.245 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;po;1;t} = 54.67 \text{ kN} \leq N_{Rd;zt;po;1;t} = 468.245 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

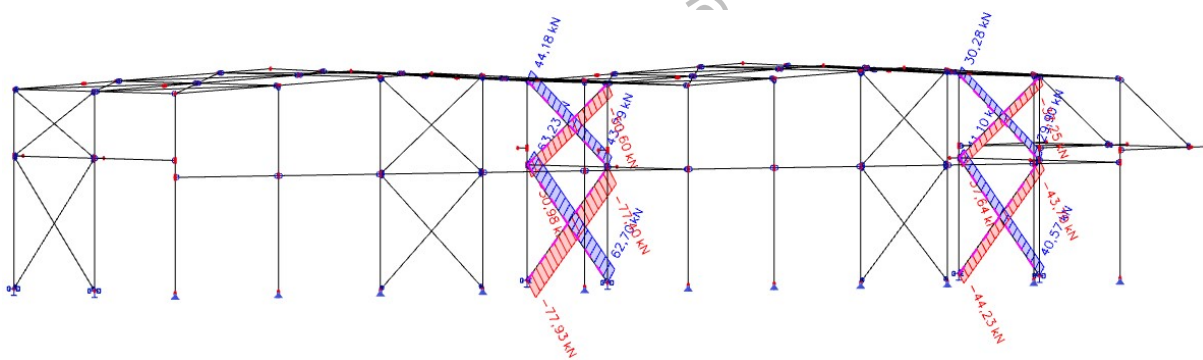
PRŮŘEZ TR 89/5,0 --> VYHOVUJE

9.2.2 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ LODÍ S 20t JEŘÁBEM

VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS5



Uvažované vnitřní síly

$$N_{Ed;zt;po;2;t} := 63.23 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;po;2;c} := 77.93 \text{ kN}$$

TR 89/5,0

Třída 1 pro tlak, ocel S355

$$I_{zt;po;2} := 117 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{zt;po;2} := 29.8 \text{ mm}$$

$$A_{zt;po;2} := 1319 \text{ mm}^2$$

Vzpěrná délka

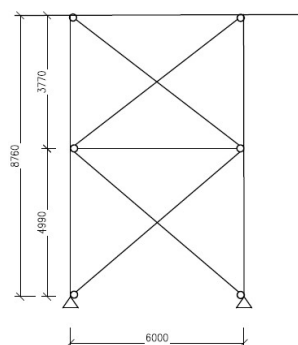
Obě diagonály mají shodný průřez.

$$L_{zt;po;2;h} := 7.086 \text{ m}$$

$$L_{zt;po;2;s} := 7.804 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;zt;po;2;h} := L_{zt;po;2;h} \cdot \sqrt{1 - 0.75 \cdot \frac{N_{Ed;zt;po;2;t}}{N_{Ed;zt;po;2;c}}} = 4.434 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;zt;po;2;s} := L_{zt;po;2;s} \cdot \sqrt{1 - 0.75 \cdot \frac{N_{Ed;zt;po;2;t}}{N_{Ed;zt;po;2;c}}} = 4.883 \text{ m}$$



POMĚRNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{zt;po;2;h} := \frac{L_{cr;z;zt;po;2;h}}{i_{zt;po;2}} = 148.777$$

$$\lambda_{zt;po;2;h_-} := \frac{\lambda_{zt;po;2;h}}{\lambda_1} = 1.947 \quad \rightarrow \quad \chi_{zt;po;2;h} := 0.205 \quad (\text{tabulka křivka c})$$

$$\lambda_{zt;po;2;s} := \frac{L_{cr;z;zt;po;2;s}}{i_{zt;po;2}} = 163.852$$

$$\lambda_{zt;po;2;s_-} := \frac{\lambda_{zt;po;2;s}}{\lambda_1} = 2.145 \quad \rightarrow \quad \chi_{zt;po;2;s} := 0.173 \quad (\text{tabulka křivka c})$$

TLAKOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;zt;po;2;c} := \chi_{zt;po;2;s} \cdot A_{zt;po;2} \cdot f_y = 81.006 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;po;2;c} = 77.93 \text{ kN} \leq N_{Rd;zt;po;2;c} = 81.006 \text{ kN}$$

VÝHOVUJE

TAHOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;zt;po;2;t} := A_{zt;po;2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 468.245 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;po;2;t} = 63.23 \text{ kN} \leq N_{Rd;zt;po;2;t} = 468.245 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

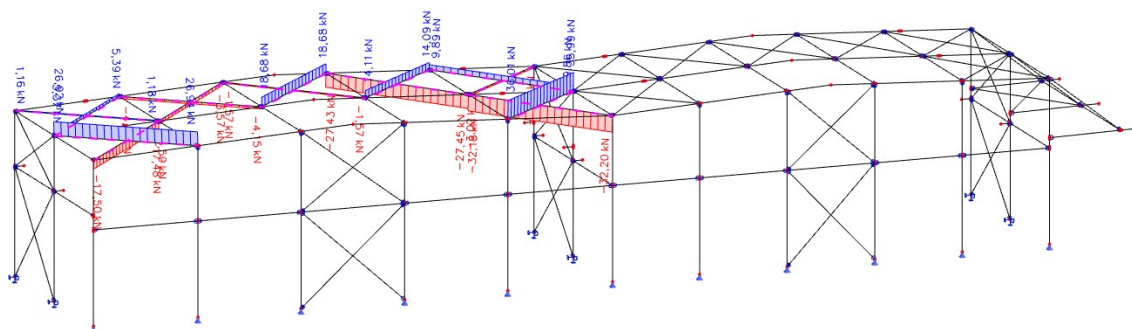
PRŮŘEZ TR 89/5,0 --> VYHOVUJE

9.3 PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO VE STŘEŠNÍ ROVINĚ

VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS20



9.3.1 PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO VE STŘEŠNÍ ROVINĚ V LODI S 6,3t JEŘÁBEM

Uvažované vnitřní síly

$$N_{Ed;zt;1;t} := 36.01 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;1;c} := 32.20 \text{ kN}$$

TR 76/3,2

Třída 1 pro tlak, ocel S355

$$I_{zt;1} := 48.6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{zt;1} := 25.8 \text{ mm}$$

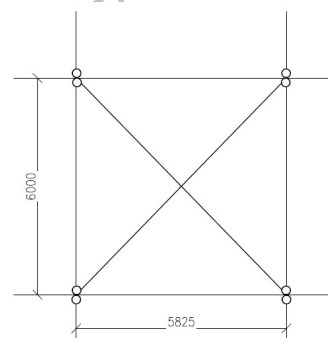
$$A_{zt;1} := 732 \text{ mm}^2$$

Vzpěrná délka

Obě diagonály mají shodný průřez.

$$L_{zt;1} := 8.362 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;zt;1} := L_{zt;1} \cdot 0.5 = 4.181 \text{ m}$$



POMĚRNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{z;t;1} := \frac{L_{cr;z;t;1}}{i_{z;t;1}} = 162.054$$

$$\lambda_{z;t;1-} := \frac{\lambda_{z;t;1}}{\lambda_1} = 2.121 \quad \rightarrow \quad \chi_{z;t;1} := 0.177 \quad (\text{tabulka křivka c})$$

TLAKOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;z;t;1;c} := \chi_{z;t;1} \cdot A_{z;t;1} \cdot f_y = 45.995 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;z;t;1;c} = 32.2 \text{ kN} \leq N_{Rd;z;t;1;c} = 45.995 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

TAHOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;z;t;1;t} := A_{z;t;1} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 259.86 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;z;t;1;t} = 36.01 \text{ kN} \leq N_{Rd;z;t;1;t} = 259.86 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

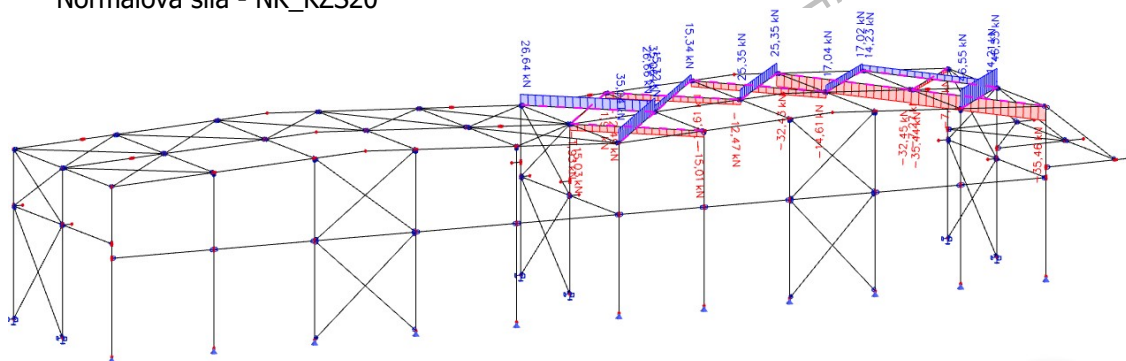
PRŮŘEZ TR 76/3,2--> VYHOVUJE

9.3.2 PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO VE STŘEŠNÍ ROVINĚ V LODI S 20t JEŘÁBEM

VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS20



Uvažované vnitřní síly

$$N_{Ed;zt;2;t} := 46.53 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;2;c} := 35.46 \text{ kN}$$

TR 76/3,2

Třída 1 pro tlak, ocel S355

$$I_{zt;2} := 48.6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{zt;2} := 25.8 \text{ mm}$$

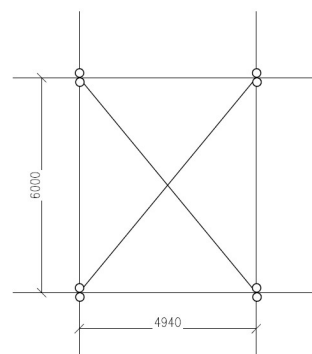
$$A_{zt;2} := 732 \text{ mm}^2$$

Vzpěrná délka

Obě diagonály mají shodný průřez.

$$L_{zt;2} := 7.772 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;zt;2} := L_{zt;2} \cdot 0.5 = 3.886 \text{ m}$$



POMĚRNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{zt;2} := \frac{L_{cr;z;zt;2}}{i_{zt;2}} = 150.62$$

$$\lambda_{zt;2_} := \frac{\lambda_{zt;2}}{\lambda_1} = 1.972 \quad \rightarrow \quad \chi_{zt;2} := 0.201 \quad (\text{tabulka křivka c})$$

TLAKOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;zt;2;c} := \chi_{zt;2} \cdot A_{zt;2} \cdot f_y = 52.232 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;2;c} = 35.46 \text{ kN} \quad \leq \quad N_{Rd;zt;2;c} = 52.232 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

TAHOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;zt;2;t} := A_{zt;2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 259.86 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;zt;2;t} = 46.53 \text{ kN} \quad \leq \quad N_{Rd;zt;2;t} = 259.86 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

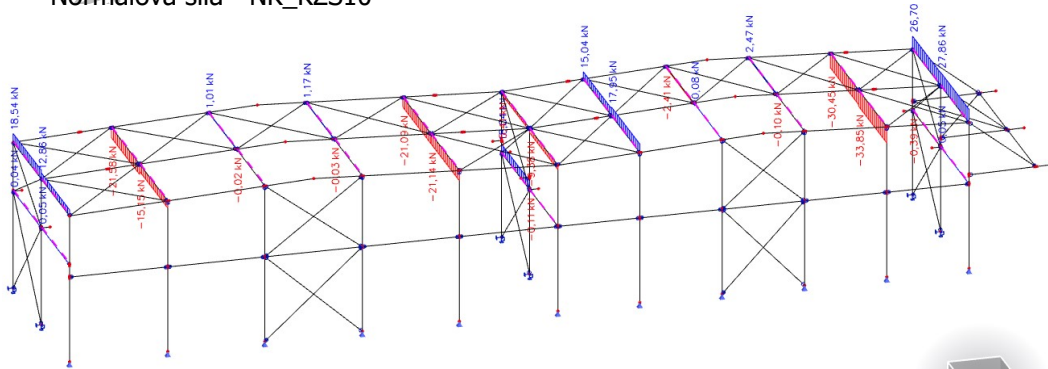
PRŮŘEZ TR 76/3,2 --> VYHOVUJE

9.4 SVISLICE

VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS10



9.4.1 PODÉLNÉ SVISLICE

Uvažované vnitřní síly

$$N_{Ed;sv;1;c} := 33.85 \text{ kN}$$

TR 76/5,6

Třída 1 pro tlak, ocel S355

$$I_{sv;1} := 77.2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{sv;1} := 25.0 \text{ mm}$$

$$A_{sv;1} := 1239 \text{ mm}^2$$

Vzpěrná délka

Obě diagonály mají shodný průřez.

$$L_{sv;1} := 6.0 \text{ m}$$

$$L_{cr;sv;1} := L_{sv;1} = 6 \text{ m}$$

POMĚRNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{sv;1} := \frac{L_{cr;sv;1}}{i_{sv;1}} = 240$$

$$\lambda_{sv;1_} := \frac{\lambda_{sv;1}}{\lambda_1} = 3.141 \quad \rightarrow \quad \chi_{sv;1} := 0.087 \quad (\text{tabulka křivka c})$$

TLAKOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;sv;1;c} := \chi_{sv;1} \cdot A_{sv;1} \cdot f_y = 38.267 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;sv;1;c} = 33.85 \text{ kN} \leq N_{Rd;sv;1;c} = 38.267 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

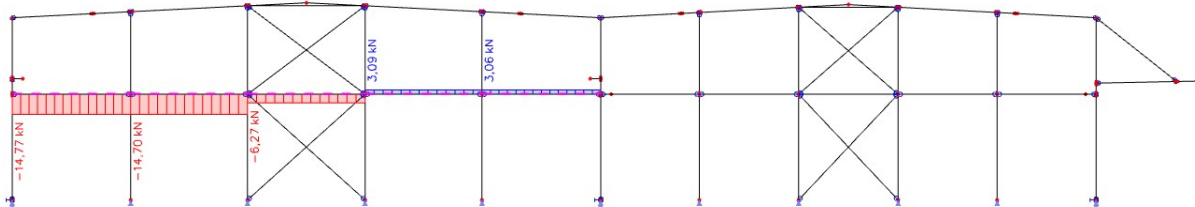
PRŮŘEZ TR 76/5,6 --> VYHOVUJE

9.4.2 PŘÍČNÉ SVISLICE V LODI S 6,3t JEŘÁBEM

VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS4



Uvažované vnitřní síly

$$N_{Ed;sv;2;c} := 14.77 \text{ kN}$$

TR 76/3,2

Třída 1 pro tlak, ocel S355

$$I_{sv;2} := 48.6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{sv;2} := 25.8 \text{ mm}$$

$$A_{sv;2} := 732 \text{ mm}^2$$

Vzpěrná délka

Obě diagonály mají shodný průřez.

$$L_{sv;2} := 5.905 \text{ m}$$

$$L_{cr;sv;2} := L_{sv;2} = 5.905 \text{ m}$$

POMĚRNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_{sv;2} := \frac{L_{cr;sv;2}}{i_{sv;2}} = 228.876$$

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{sv;2_} := \frac{\lambda_{sv;2}}{\lambda_1} = 2.996 \quad \text{-->} \quad \chi_{sv;2} := 0.095 \quad (\text{tabulka křivka c})$$

TLAKOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;sv;2;c} := \chi_{sv;2} \cdot A_{sv;2} \cdot f_y = 24.687 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;sv;2;c} = 14.77 \text{ kN} \quad \leq \quad N_{Rd;sv;2;c} = 24.687 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

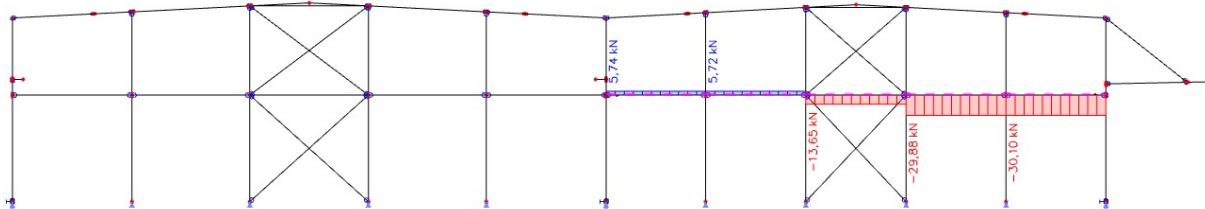
PRŮŘEZ TR 76/3,2 --> VYHOVUJE

9.4.3 PŘÍČNÉ SVISLICE V LODI S 20t JEŘÁBEM

VNITŘNÍ SÍLY

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS9



Uvažované vnitřní síly

$$N_{Ed;sv;3;c} := 30.10 \text{ kN}$$

TR 76/3,2

Třída 1 pro tlak, ocel S355

$$I_{sv;3} := 48.6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{sv;3} := 25.8 \text{ mm}$$

$$A_{sv;3} := 732 \text{ mm}^2$$

Vzpěrná délka

Obě diagonály mají shodný průřez.

$$L_{sv;3} := 4.94 \text{ m}$$

$$L_{cr;sv;3} := L_{sv;3} = 4.94 \text{ m}$$

POMĚRNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_{sv;3} := \frac{L_{cr;sv;3}}{i_{sv;3}} = 191.473$$

$$\lambda_1 = 76.399$$

$$\lambda_{sv;3_} := \frac{\lambda_{sv;3}}{\lambda_1} = 2.506 \quad \rightarrow \quad \chi_{sv;3} := 0.132 \quad (\text{tabulka křivka c})$$

TLAKOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{Rd;sv;3;c} := \chi_{sv;3} \cdot A_{sv;3} \cdot f_y = 34.302 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;sv;3;c} = 30.1 \text{ kN} \quad \leq \quad N_{Rd;sv;3;c} = 34.302 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

PRŮŘEZ TR 76/3,2 --> VYHOVUJE

10. MOMENTOVÝ PŘÍPOJ KE STŘEDNÍMU SLOUPU

10.1 PŘÍČLE Z 6,3t LODI

VNITŘNÍ SÍLY

$$M_{ed} := 1658.24 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{ed} := 312.09 \text{ kN}$$

Šrouby M27 třídy pevnosti 8.8

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

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

$$A_s := 459 \text{ mm}^2$$

$$d := 27 \text{ mm}$$

$$d_0 := 30 \text{ mm}$$

IPE 750x134 + 700

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

$$t_w := 12 \text{ mm}$$

$$t_f := 16 \text{ mm}$$

10.1.1 NÁVRH SVARŮ

$$\beta_w := 0.9$$

Svar čelní desky a pásnic příčle

$$a_{w;1} \geq \frac{t_f}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 9.221 \text{ mm}$$

Navrhují

$$a_{w;1} := 10 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a stojiny příčle

$$a_{w;2} \geq \frac{t_w}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 6.916 \text{ mm}$$

Navrhují

$$a_{w;2} := 7 \text{ mm}$$

Svar výztuhy na stojině sloupu

$$a_{w;3} := 7 \text{ mm}$$

10.1.2 DÍLČÍ KOMPONENTY

Díličí komponenty budou navrženy odhadem a to na základě tloušťek sloupu a příčle.

Výztuha stojiny sloupu

$$t_v \approx t_f = 16 \text{ mm} - \text{tloušťka pásnice příčle} \rightarrow t_v := 16 \text{ mm}$$

Čelní deska

$$t_d \approx t_{f;sl2} = 21 \text{ mm} - \text{tloušťka pásnice sloupu} \rightarrow t_d := 25 \text{ mm}$$

10.1.3 ÚNOSNOST ŘAD ŠROUBŮ

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t;Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 264.384 \text{ kN}$$

Výpočet 1. řady šroubů pod pásnicí

Únosnost únosnost pásnice náhradního T-profilu

$$c_1 := 0.8 \cdot a_{w;2} \cdot \sqrt{2} = 7.92 \text{ mm} \quad c_2 := c_1 = 7.92 \text{ mm}$$
$$m := 74 \text{ mm} - c_2 = 66.08 \text{ mm}$$
$$m_2 := 55 \text{ mm} - c_1 = 47.08 \text{ mm}$$

$$e := 70 \text{ mm}$$

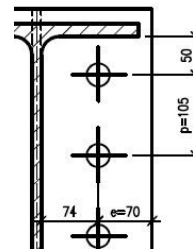
$$p := 105 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m + e} = 0.486$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m + e} = 0.346$$

$$\alpha := 6$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 70 \text{ mm}$$



Efektivní šířka pro náhradní T - průřez - pod taženou pásnicí

Řada šroubů působí samostatně

$$\text{Kruhové porušení} \quad l_{eff,cp} := 2 \cdot \pi \cdot m = 415.195 \text{ mm}$$

$$\text{Nekruhové porušení} \quad l_{eff,nc} := \alpha \cdot m = 396.482 \text{ mm}$$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

$$\text{Kruhové porušení} \quad l_{eff,cp} := \pi \cdot m + p = 312.598 \text{ mm}$$

$$\text{Nekruhové porušení} \quad l_{eff,nc} := 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 273.072 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := \min(\min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}), \min(l_{eff,nc}, l_{eff,nc})) = 273.072 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := \min(l_{eff,nc}, l_{eff,nc}) = 273.072 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 6.204 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 6.204 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Způsob porušení 1 $F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 375.554 \text{ kN}$

Způsob porušení 2 $F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;2;Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t;Rd}}{m + n} = 363.183 \text{ kN}$

Způsob porušení 3 $F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;Rd} = 528.768 \text{ kN}$

Únosnost 1. řady šroubů

$$F_{t;1;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 363.183 \text{ kN}$$

Výpočet 2. řady šroubů

Únosnost únosnost pásnice náhradního T-profilu

$$m = 66.08 \text{ mm}$$

$$p = 105 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 70 \text{ mm}$$

Efektivní šířka pro náhradní T - průřez - vnitřní řada šroubů

Řada šroubů působí samostatně

Kruhové porušení $l_{eff;cp;1} := 2 \cdot \pi \cdot m = 415.195 \text{ mm}$

Nekruhové porušení $l_{eff;nc;1} := 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 351.822 \text{ mm}$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

Kruhové porušení $l_{eff;cp;1} := 2 \cdot p = 210 \text{ mm}$

Nekruhové porušení $l_{eff;nc;1} := p = 105 \text{ mm}$

$$l_{eff;1} := \min(\min(l_{eff;cp;1}, l_{eff;nc;1}), \min(l_{eff;nc;1}, l_{eff;nc;1})) = 105 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := \min(l_{eff;nc;1}, l_{eff;nc;1}) = 105 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.386 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.386 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Způsob porušení 1 $F_{t,a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 144.406 \text{ kN}$

Způsob porušení 2 $F_{t,b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;2;Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t;Rd}}{m + n} = 307.061 \text{ kN}$

Způsob porušení 3 $F_{t,c;Rd} := 2 \cdot F_{t;Rd} = 528.768 \text{ kN}$

Únosnost 2. řady šroubů

$$F_{t;2;Rd} := \min(F_{t,a;Rd}, F_{t,b;Rd}, F_{t,c;Rd}) = 144.406 \text{ kN}$$

Výpočet 3. až 7. řady šroubů

Tyto řady mají stejnou únosnost jako 2. řada.

$$F_{t;3;Rd} := F_{t;2;Rd} = 144.406 \text{ kN}$$

Výpočet 8. řady šroubů

Únosnost únosnost pásnice náhradního T-profilu

$$m = 66.08 \text{ mm}$$

$$p_1 = 145 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 70 \text{ mm}$$

Efektivní šířka pro náhradní T - průřez - vnitřní řada šroubů

Řada šroubů působí samostatně

Kruhové porušení $l_{eff,cp;2} := 2 \cdot \pi \cdot m = 415.195 \text{ mm}$

Nekruhové porušení $l_{eff,nc;2} := 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 351.822 \text{ mm}$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

Kruhové porušení $l_{eff,cp;2} := 2 \cdot p_1 = 290 \text{ mm}$

Nekruhové porušení $l_{eff,nc;2} := p_1 = 145 \text{ mm}$

$$l_{eff;1} := \min(\min(l_{eff,cp;2}, l_{eff,nc;2}), \min(l_{eff,nc;2}, l_{eff,nc;2})) = 145 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := \min(l_{eff,nc;2}, l_{eff,nc;2}) = 145 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.294 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.294 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Způsob porušení 1 $F_{t,a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 199.418 \text{ kN}$

Způsob porušení 2 $F_{t,b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;2;Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t;Rd}}{m + n} = 320.418 \text{ kN}$

Způsob porušení 3 $F_{t,c;Rd} := 2 \cdot F_{t;Rd} = 528.768 \text{ kN}$

Únosnost 8. řady šroubů

$$F_{t;4;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 199.418 \text{ kN}$$

Výpočet 9. až 10. řady šroubů

Tyto řady mají stejnou únosnost jako 8. řada.

$$F_{t;5;Rd} := F_{t;4;Rd} = 199.418 \text{ kN}$$

Smyková únosnost - výpočet 11. řady šroubů

Konzervativně je přenos smykové síly přisouzen pouze této řadě šroubů, která nebude uvážena při výpočtu momentové únosnosti.

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (smyková rovina prochází závitem)

$$n_s := 1 \quad \alpha_v := 0.6$$

$$F_{v;Rd} := \frac{n_s \cdot \alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 176.256 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$e_1 := 195 \text{ mm} \quad e_2 := 70 \text{ mm}$$

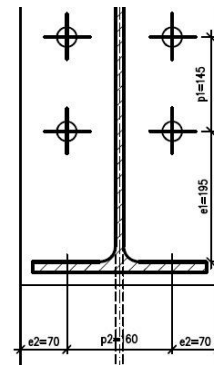
$$p_1 := 145 \text{ mm} \quad p_2 := 160 \text{ mm}$$

$$t := \min(t_f, t_d) = 16 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, 1.0\right) = 1$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 423.36 \text{ kN}$$



Posouzení únosnosti ve smyku

$$n := 2$$

$$V_{Rd} := n \cdot \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 352.512 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 312.09 \text{ kN} \quad \leq V_{Rd} = 352.512 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Rozdělení sil a momentová únosnost

Plastické rozdělení sil lze uvažovat v případě, že jsou splněny následující podmínky

$$F_{t;1;Rd} = 363.183 \text{ kN} \quad \leq 1.9 \cdot F_{t;Rd} = 502.33 \text{ kN}$$

$$F_{t;2;Rd} = 144.406 \text{ kN} \quad \leq 1.9 \cdot F_{t;Rd} = 502.33 \text{ kN}$$

$$F_{t;3;Rd} = 144.406 \text{ kN} \quad \leq 1.9 \cdot F_{t;Rd} = 502.33 \text{ kN}$$

$$F_{t;4;Rd} = 199.418 \text{ kN} \quad \leq 1.9 \cdot F_{t;Rd} = 502.33 \text{ kN}$$

$$F_{t;5;Rd} = 199.418 \text{ kN} \quad \leq 1.9 \cdot F_{t;Rd} = 502.33 \text{ kN}$$

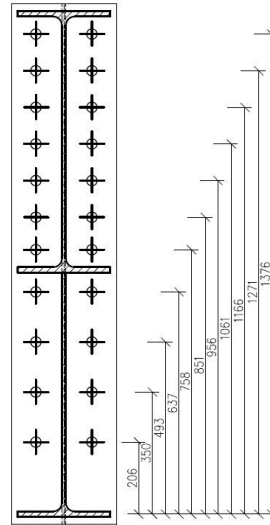
Redukce sil ve šroubech

$$\begin{aligned} r_1 &:= 1376 \text{ mm} & r_7 &:= 758 \text{ mm} \\ r_2 &:= 1271 \text{ mm} & r_8 &:= 637 \text{ mm} \\ r_3 &:= 1166 \text{ mm} & r_9 &:= 493 \text{ mm} \\ r_4 &:= 1061 \text{ mm} & r_{10} &:= 350 \text{ mm} \\ r_5 &:= 956 \text{ mm} \\ r_6 &:= 851 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M := F_{t;1;Rd} \cdot r_1 + F_{t;2;Rd} \cdot r_2 + F_{t;3;Rd} \cdot r_3 + F_{t;3;Rd} \cdot r_4 + F_{t;3;Rd} \cdot r_5 + F_{t;3;Rd} \cdot r_6$$

$$M_i := F_{t;3;Rd} \cdot r_7 + F_{t;4;Rd} \cdot r_8 + F_{t;5;Rd} \cdot r_9 + F_{t;5;Rd} \cdot r_{10}$$

$$M_{Rd} := M + M_i = 1.67 \text{ MN} \cdot \text{m}$$



$$M_{ed} = (1.658 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \leq \quad M_{Rd} = (1.67 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} = 0.993 \quad \leq 1.0$$

VYHOVUJE

10.1.4 ÚNOSNOST PÁSNICE PŘÍČE V TLAKU

$$h := 1453 \text{ mm}$$

$$t_{fb} := 16 \text{ mm}$$

$$I_{y;př;1} := 7.1946 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$W_{pl;y} := \frac{I_{y;př;1}}{\frac{h}{2}} = (9.903 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$M_{c;Rd} := f_y \cdot W_{pl;y} = (3.516 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

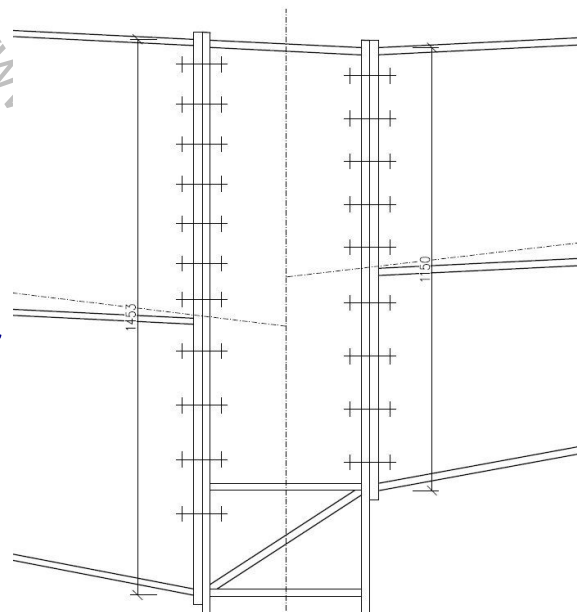
Únosnost pásnice v tlaku

$$F_{c;fb;Rd} := \frac{M_{c;Rd}}{h - t_{fb}} = (2.446 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$F_{t;i;Rd} := F_{t;1;Rd} + F_{t;2;Rd} + 5 \cdot F_{t;3;Rd} + F_{t;4;Rd} + 2 \cdot F_{t;5;Rd} = (1.828 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$F_{t;i;Rd} = 1.828 \text{ MN} \quad \leq \quad F_{c;fb;Rd} = 2.446 \text{ MN}$$

VYHOVUJE



10.2 PŘÍČLE Z 20t LODI

VNITŘNÍ SÍLY

$$M_{ed} := 1360.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{ed} := 266.34 \text{ kN}$$

Šrouby M27 třídy pevnosti 10.9 $f_{yb} := 900 \text{ MPa}$ $f_{ub} := 1000 \text{ MPa}$ $A_s := 459 \text{ mm}^2$
 $d := 27 \text{ mm}$
 $d_0 := 30 \text{ mm}$

IPE 600 + 550 $f_u = 490 \text{ MPa}$
 $t_w := 12 \text{ mm}$ $t_f := 19 \text{ mm}$

10.2.1 NÁVRH SVARŮ

$$\beta_w := 0.9$$

Svar čelní desky a pásnic příčle

$$a_{w;1} \geq \frac{t_f}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 10.95 \text{ mm} \quad \text{Navrhuji} \quad a_{w;1} := 11 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a stojiny příčle

$$a_{w;2} \geq \frac{t_w}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 6.916 \text{ mm} \quad \text{Navrhuji} \quad a_{w;2} := 7 \text{ mm}$$

Svar výztuhy a stojiny sloupu

$$a_{w;3} := 7 \text{ mm}$$

10.2.2 DÍLČÍ KOMPONENTY

Dílčí komponenty budou navrženy odhadem a to na základě tloušťek sloupu a příčle.

Výztuha stojiny sloupu

$$t_v \approx t_f = 19 \text{ mm} - \text{tloušťka pásnice příčle} \rightarrow t_v := 19 \text{ mm}$$

Čelní deska

$$t_d \approx t_{f;sl2} = 21 \text{ mm} - \text{tloušťka pásnice sloupu} \rightarrow t_d := 24 \text{ mm}$$

10.2.3 ÚNOSNOST ŘAD ŠROUBŮ

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t,Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 330.48 \text{ kN}$$

Výpočet 1. řady šroubů pod pásnicí

Únosnost únosnost pásnice náhradního T-profilu

$$c_1 := 0.8 \cdot a_{w,2} \cdot \sqrt{2} = 7.92 \text{ mm} \quad c_2 := c_1 = 7.92 \text{ mm}$$

$$m := 74 \text{ mm} \quad c_2 = 66.08 \text{ mm}$$

$$m_2 := 55 \text{ mm} - c_1 = 47.08 \text{ mm}$$

$$e := 70 \text{ mm}$$

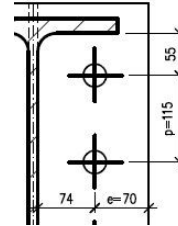
$$p := 115 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m + e} = 0.486$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m + e} = 0.346$$

$$\alpha := 6$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 70 \text{ mm}$$



Efektivní šířka pro náhradní T - průřez - pod taženou pásnicí

Řada šroubů působí samostatně

$$\text{Kruhové porušení} \quad l_{eff,cp} := 2 \cdot \pi \cdot m = 415.195 \text{ mm}$$

$$\text{Nekruhové porušení} \quad l_{eff,nc} := \alpha \cdot m = 396.482 \text{ mm}$$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

$$\text{Kruhové porušení} \quad l_{eff,cp} := \pi \cdot m + p = 322.598 \text{ mm}$$

$$\text{Nekruhové porušení} \quad l_{eff,nc} := 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 278.072 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := \min(\min(l_{eff,cp}, l_{eff,cp}), \min(l_{eff,nc}, l_{eff,nc})) = 278.072 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := \min(l_{eff,nc}, l_{eff,nc}) = 278.072 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 8.909 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 8.909 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Způsob porušení 1} \quad F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 539.286 \text{ kN}$$

Způsob porušení 2 $F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;2;Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t;Rd}}{m + n} = 470.937 \text{ kN}$

Způsob porušení 3 $F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;Rd} = 660.96 \text{ kN}$

Únosnost 1. řady šroubů

$$F_{t;1;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 470.937 \text{ kN}$$

Výpočet 2. řady šroubů

Únosnost únosnost pásnice náhradního T-profilu

$$m = 66.08 \text{ mm}$$

$$p = 115 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 70 \text{ mm}$$

Efektivní šířka pro náhradní T - průřez - vnitřní řada šroubů

Řada šroubů působí samostatně

Kruhové porušení $l_{eff;cp;1} := 2 \cdot \pi \cdot m = 415.195 \text{ mm}$

Nekruhové porušení $l_{eff;nc;1} := 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 351.822 \text{ mm}$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

Kruhové porušení $l_{eff;cp;1} := 2 \cdot p = 230 \text{ mm}$

Nekruhové porušení $l_{eff;nc;1} := p = 115 \text{ mm}$

$$l_{eff;1} := \min(\min(l_{eff;cp;1}, l_{eff;nc;1}), \min(l_{eff;nc;1}, l_{eff;nc;1})) = 115 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := \min(l_{eff;nc;1}, l_{eff;nc;1}) = 115 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.684 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.684 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Způsob porušení 1 $F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 223.029 \text{ kN}$

Způsob porušení 2 $F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;2;Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t;Rd}}{m + n} = 394.15 \text{ kN}$

Způsob porušení 3 $F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;Rd} = 660.96 \text{ kN}$

Únosnost 2. řady šroubů

$$F_{t;2;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 223.029 \text{ kN}$$

Výpočet 3. až 5. řady šroubů

Tyto řady mají stejnou únosnost jako 2. řada.

$$F_{t;3;Rd} := F_{t;2;Rd} = 223.029 \text{ kN}$$

Výpočet 6. řady šroubů

Únosnost únosnost pásnice náhradního T-profilu

$$m = 66.08 \text{ mm}$$

$$p_1 := 140 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 70 \text{ mm}$$

Efektivní šířka pro náhradní T - průřez - vnitřní řada šroubů

Řada šroubů působí samostatně

$$\text{Kruhové porušení } l_{eff,cp;2} := 2 \cdot \pi \cdot m = 415.195 \text{ mm}$$

$$\text{Nekruhové porušení } l_{eff,nc;2} := 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 351.822 \text{ mm}$$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

$$\text{Kruhové porušení } l_{eff,cp;2} := 2 \cdot p_1 = 280 \text{ mm}$$

$$\text{Nekruhové porušení } l_{eff,nc;2} := p_1 = 140 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := \min(\min(l_{eff,cp;2}, l_{eff,cp;2;}), \min(l_{eff,nc;2}, l_{eff,nc;2;})) = 140 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := \min(l_{eff,nc;2}, l_{eff,nc;2;}) = 140 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 4.485 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 4.485 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Způsob porušení 1 } F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 271.513 \text{ kN}$$

$$\text{Způsob porušení 2 } F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;2;Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t;Rd}}{m + n} = 405.922 \text{ kN}$$

$$\text{Způsob porušení 3 } F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;Rd} = 660.96 \text{ kN}$$

Únosnost 6. řady šroubů

$$F_{t;4;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 271.513 \text{ kN}$$

Výpočet 7. a 8. řady šroubů

Tyto řady mají stejnou únosnost jako 6. řada.

$$F_{t;5;Rd} := F_{t;4;Rd} = 271.513 \text{ kN}$$

Smyková únosnost - výpočet 9. řady šroubů

Konzervativně je přenos smykové síly přisouzen pouze této řadě šroubů, která nebude uvážena při výpočtu momentové únosnosti.

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (smyková rovina prochází závitem)

$$n_s := 1 \quad \alpha_v := 0.6$$

$$F_{v;Rd} := \frac{n_s \cdot \alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 220.32 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$e_1 := 55 \text{ mm} \quad e_2 := 70 \text{ mm}$$

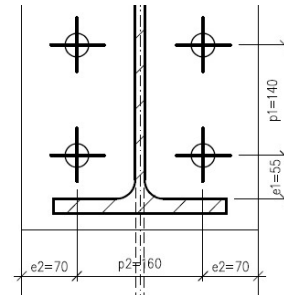
$$p_1 := 140 \text{ mm} \quad p_2 := 160 \text{ mm}$$

$$t := \min(t_f, t_d) = 19 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, 1.0\right) = 0.611$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 307.23 \text{ kN}$$



Posouzení únosnosti ve smyku

$$n := 2$$

$$V_{Rd} := n \cdot \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 440.64 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 266.34 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad V_{Rd} = 440.64 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Rozdělení sil a momentová únosnost

Plastické rozdělení sil lze uvažovat v případě, že jsou splněny následující podmínky

$$F_{t;1;Rd} = 470.937 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad 1.9 \cdot F_{t;Rd} = 627.912 \text{ kN}$$

$$F_{t;2;Rd} = 223.029 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad 1.9 \cdot F_{t;Rd} = 627.912 \text{ kN}$$

$$F_{t;3;Rd} = 223.029 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad 1.9 \cdot F_{t;Rd} = 627.912 \text{ kN}$$

$$F_{t;4;Rd} = 271.513 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad 1.9 \cdot F_{t;Rd} = 627.912 \text{ kN}$$

$$F_{t;5;Rd} = 271.513 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad 1.9 \cdot F_{t;Rd} = 627.912 \text{ kN}$$

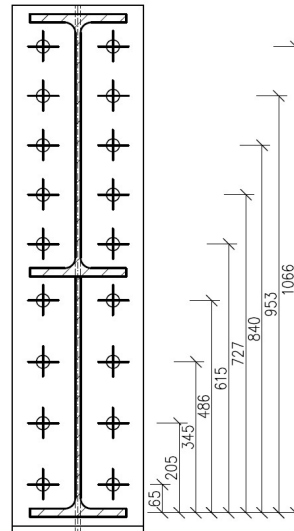
Redukce sil ve šroubech

$$\begin{aligned} r_1 &:= 1066 \text{ mm} & r_6 &:= 486 \text{ mm} \\ r_2 &:= 953 \text{ mm} & r_7 &:= 345 \text{ mm} \\ r_3 &:= 840 \text{ mm} & r_8 &:= 205 \text{ mm} \\ r_4 &:= 727 \text{ mm} \\ r_5 &:= 615 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M := F_{t;1;Rd} \cdot r_1 + F_{t;2;Rd} \cdot r_2 + F_{t;3;Rd} \cdot r_3 + F_{t;3;Rd} \cdot r_4 + F_{t;3;Rd} \cdot r_5 + F_{t;4;Rd} \cdot r_6$$

$$M_i := F_{t;5;Rd} \cdot r_7 + F_{t;5;Rd} \cdot r_8$$

$$M_{Rd} := M + M_i = 1.483 \text{ MN} \cdot \text{m}$$



$$M_{ed} = (1.361 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \square \leq \square \quad M_{Rd} = (1.483 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} = 0.918 \quad \square \leq 1.0$$

VYHOVUJE

10.2.4 ÚNOSNOST PÁSNICE PŘÍČLE V TLAKU

$$h := 1150 \text{ mm}$$

$$t_{fb} := 19 \text{ mm}$$

$$I_{y;př;1} := 4.2023 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$W_{pl;y} := \frac{I_{y;př;1}}{\frac{h}{2}} = (7.308 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$M_{c;Rd} := f_y \cdot W_{pl;y} = (2.594 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

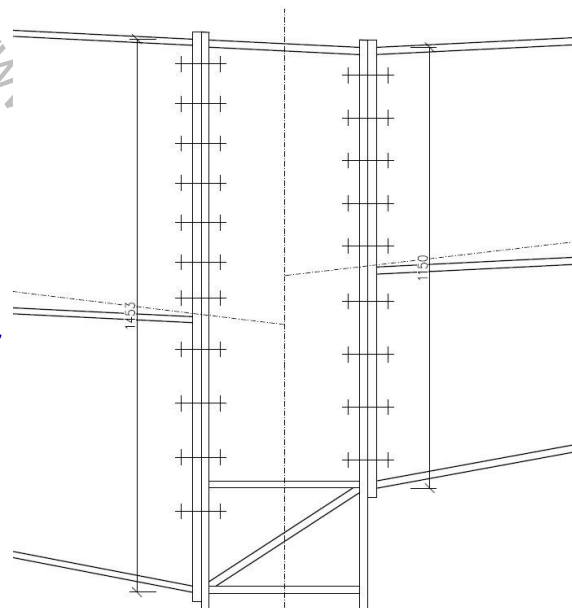
Únosnost pásnice v tlaku

$$F_{c;fb;Rd} := \frac{M_{c;Rd}}{h - t_{fb}} = (2.294 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$F_{t;i;Rd;2} := F_{t;1;Rd} + F_{t;2;Rd} + 3 \cdot F_{t;3;Rd} + F_{t;4;Rd} + 2 \cdot F_{t;5;Rd} = (2.178 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$F_{t;i;Rd;2} = 2.178 \text{ MN} \quad \square \leq \square \quad F_{c;fb;Rd} = 2.294 \text{ MN}$$

VYHOVUJE



10.3 ÚNOSNOST STĚNY SLOUPU VE SMYKU

$$d := 344 \text{ mm} \quad b := 300 \text{ mm}$$

$$t_w := 11.5 \text{ mm}$$

$$t_f := 21 \text{ mm}$$

$$d_s := 1120 \text{ mm}$$

$$A_{vz} := 6578 \text{ mm}^2$$

$$\text{Výztuha P20} \quad t_{st} := 20 \text{ mm}$$

Štíhlost stěny sloupu

$$\frac{d}{t_w} = 29.913 \leq 69.0 \cdot \varepsilon = 56.14$$

Příspěvek příčných výztuh a pásnic sloupu

$$M_{pl;fc;Rd} := 0.25 \cdot b \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 11.742 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;st;Rd} := 0.25 \cdot b \cdot t_{st}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 10.65 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{wp;add;Rd} := \min \left(\frac{4 \cdot M_{pl;fc;Rd}}{d_s}, \frac{2 \cdot M_{pl;fc;Rd} + 2 \cdot M_{pl;st;Rd}}{d_s} \right) = 39.985 \text{ kN}$$

Únosnost sloupu vyztužené stěny ve smyku

$$V_{wp;Rd} := \frac{0.9 \cdot f_y \cdot A_{vz}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} + V_{wp;add;Rd} = (1.253 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Podmínka rovnováhy sil mezi tahem ve šroubech a smykovou únosností stěny

$$F_{t;i;Rd} = 1.828 \text{ MN} \leq V_{wp;Rd} = 1.253 \text{ MN}$$

NEVYHOVUJE

Diagonální výztuha stojiny sloupu

$$b_{pl} := 20 \text{ mm}$$

$$h_{pl} := 287 \text{ mm}$$

$$A_{pl} := h_{pl} \cdot b_{pl} = (5.74 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

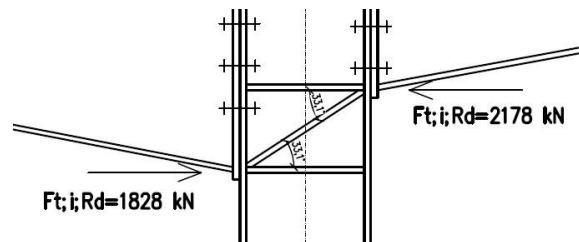
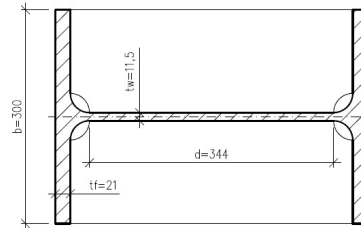
$$L_{cr;pl} := 0.75 \cdot 503 \text{ mm} = 377.25 \text{ mm}$$

$$\lambda := \frac{L_{cr;pl}}{i} = 4.553 \quad \lambda_1 := 76.399$$

$$\lambda_{\cdot} := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 0.06 \quad \rightarrow \chi := 1$$

$$F := F_{t;i;Rd} - V_{wp;Rd} = 574.486 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} := \chi \cdot A_{pl} \cdot f_y = (2.038 \cdot 10^3) \text{ kN} \geq \frac{F}{\cos(33.1^\circ)} = 685.775 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$



10.4 PŘÍPOJ VODOROVNÉ SVISLICE SVISLÉHO STĚNOVÉHO ZTUŽIDLA NA SLOUP

$$\alpha := 40.7^\circ$$

$$\beta := 35.6^\circ$$

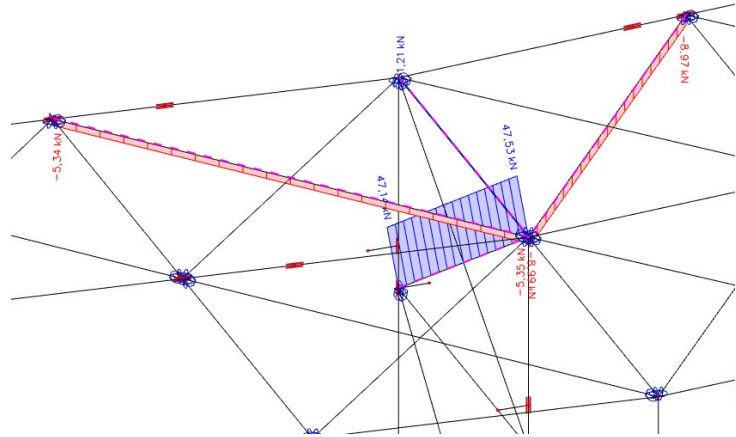
$$\gamma := 37.8^\circ$$

$$N_{t;1;Ed} := -5.34 \text{ kN}$$

$$N_{t;2;Ed} := 1.21 \text{ kN}$$

$$N_{t;3;Ed} := -8.99 \text{ kN}$$

$$N_{t;4;Ed} := 47.53 \text{ kN}$$



Návrhová tahová síla v přípoji

Síla kolmo k přípoji

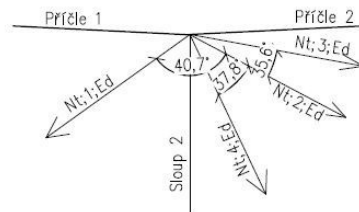
$$F_{t;Ed} := N_{t;1;Ed} \cdot \cos(\alpha) + N_{t;2;Ed} + N_{t;3;Ed} \cdot \cos(\beta) + N_{t;4;Ed} \cdot \cos(\gamma) = 27.408 \text{ kN}$$

Vodorovná síla (doleva)

$$\Delta F_1 := N_{t;1;Ed} \cdot \sin(\alpha) - N_{t;3;Ed} \cdot \sin(\beta) = 1.751 \text{ kN}$$

Svislá síla (dolu)

$$\Delta F_2 := N_{t;4;Ed} \cdot \sin(\gamma) = 29.131 \text{ kN}$$



Svar svislice ke stojině sloupu

Komponenty

$$\text{TR 76x5,6} \quad d := 76 \text{ mm}$$

$$t_w = 11.5 \text{ mm}$$

$$\text{Svar } a_w := 4 \text{ mm}$$

Délka svaru

$$l_w := \pi \cdot d = 238.761 \text{ mm}$$

Posouzení svaru

$$\tau_{\parallel} := \frac{\sqrt{\Delta F_1^2 + \Delta F_2^2}}{2 \cdot a_w \cdot d} = 48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{F_{t;Ed}}{a_w \cdot l_w}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 20.293 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 92.516 \text{ MPa}$$

$$92.516 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{kolmé} = 20.293 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

10.4.1 PŘÍPOJ KRÁTKÉ TRUBKY A VODOROVNÉ SVISLICE STĚNOVÉHO ZTUŽIDLA

$$F_{t;Ed} = 27.408 \text{ kN}$$

Smyková síla v přípoji

$$V_{Ed} := \sqrt{\Delta F_1^2 + \Delta F_2^2} = 29.184 \text{ kN}$$

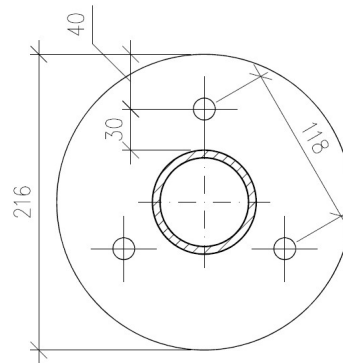
Návrh: 3x M16 8.8

Únosnost šroubu na tah

$$F_{t;Rd} := 90.4 \text{ kN}$$

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

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



Únosnost T - profilu

$$m := 30 \text{ mm}$$

$$e := 40 \text{ mm}$$

Plech P15 ($t := 15 \text{ mm}$)

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 37.5 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := 118 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := l_{eff;1} = 118 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.356 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.356 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Způsob porušení 1 $F_{t;a;Rd} := \frac{6 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 471.263 \text{ kN}$

Způsob porušení 2 $F_{t;b;Rd} := \frac{3 \cdot M_{pl;2;Rd} + n \cdot 3 \cdot F_{t;Rd}}{m + n} = 255.392 \text{ kN}$

Způsob porušení 3 $F_{t;c;Rd} := 3 \cdot F_{t;Rd} = 271.2 \text{ kN}$

Únosnost šroubů

$$F_{t;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 255.392 \text{ kN}$$

$$F_{t;Ed} = 27.408 \text{ kN} \quad \leq \quad F_{t;Rd} = 255.392 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Únosnost ve stříhu

$$\alpha_v := 0.6 \quad n := 1$$

$$F_{v;Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub} \cdot n}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

$$e_1 := 40 \text{ mm} \quad e_2 := 30 \text{ mm}$$

$$d := 16 \text{ mm} \quad d_0 := 18 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.741$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 174.222 \text{ kN}$$

Posouzení únosnosti ve stříhu

$$n := 3$$

$$V_{Rd} := n \cdot \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 180.864 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 29.184 \text{ kN} \quad \leq V_{Rd} = 180.864 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

10.4.2 PŘÍPOJ DIAGONÁLY K VODOROVNÉ SVISLICI STĚNOVÉHO ZTUŽIDLA

$$F_{t;Rd} := N_{t;4;Ed} = 47.53 \text{ kN}$$

Šrouby 2x M16 8.8

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v;Rd} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

$$P10 \quad t := 10 \text{ mm}$$

$$e_1 := 40 \text{ mm} \quad e_2 := 50 \text{ mm}$$

$$d := 16 \text{ mm} \quad p_1 := 50 \text{ mm}$$

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

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.676$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 105.985 \text{ kN}$$

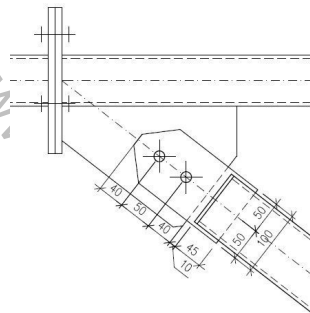
Posouzení únosnosti ve stříhu

$$n := 2$$

$$V_{Rd} := n \cdot \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 120.576 \text{ kN}$$

$$F_{t;Rd} = 47.53 \text{ kN} \quad \leq V_{Rd} = 120.576 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



Svar trubky diagonály a plechu

Komponenty

TR 89x5,0 $d := 89 \text{ mm}$

P10

Svar $a_{w1} := 3 \text{ mm}$

Délka svaru $l_{w1} := 40 \text{ mm}$

$$f_{vw;d} := \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 251.468 \text{ MPa}$$

$$F_{w;Rd} := 4 \cdot a_{w1} \cdot l_{w1} \cdot f_{vw;d} = 120.705 \text{ kN}$$

$$F_{t;Rd} = 47.53 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad F_{w;Rd} = 120.705 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

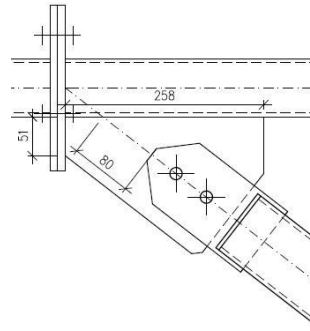
Svar styčnickového plechu diagonály a vodorovné svislice stěnového ztužidla

Svar $a_{w2} := 4 \text{ mm}$

Délka svaru

$l_{w2} := 258 \text{ mm} = 258 \text{ mm}$

$e := 80 \text{ mm}$



$$F_{t;H;Ed} := N_{t;4;Ed} \cdot \cos(\gamma) = 37.556 \text{ kN}$$

$$F_{t;V;Ed} := N_{t;4;Ed} \cdot \sin(\gamma) = 29.131 \text{ kN}$$

Průřezový modul svarového obrazce

$$W_w := 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_{w2} \cdot l_{w2}^2 = (8.875 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

Posouzení svaru

$$\tau_{\parallel} := \frac{F_{t;H;Ed}}{2 \cdot a_{w2} \cdot l_{w2}} = 18.196 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{F_{t;V;Ed}}{a_{w2} \cdot l_{w2}} + \frac{F_{t;V;Ed} \cdot e}{W_w}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 46.219 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 97.663 \text{ MPa}$$

$$74.73 \text{ MPa} \leq \square \quad \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{kolmé} = 46.219 \text{ MPa} \quad \square \leq \square \quad \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

11. PŘÍPOJ KONZOLY JEŘÁBOVÉ DRÁHY NA SLOUP

11.1 PŘÍPOJ KONZOLY 1

$$l_{konzola} := 600 \text{ mm} \quad H_{L;k;m} := 5.968 \text{ kN} \quad V_{1;z;Ed;m} := 105.796 \text{ kN}$$

$$V_{y;Ed} := H_{L;k;m} = 5.968 \text{ kN} \quad M_{z;Ed} := V_{y;Ed} \cdot l_{konzola} = 3.581 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z;Ed} := V_{1;z;Ed;m} = 105.796 \text{ kN} \quad M_{y;Ed} := V_{z;Ed} \cdot l_{konzola} = 63.478 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Svar konzoly k pásnici sloupu

$$a_w := 6 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti svarového obrazce

$$I_{y;we} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 6^3 \cdot 180 + 180 \cdot 6 \cdot 88^2 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 6^3 \cdot 72 + 72 \cdot 6 \cdot 73^2 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 61^3 \cdot 6 + 61 \cdot 6 \cdot 30.5^2 \right) = 2.776 \cdot 10^7$$

$$I_{z;we} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 180^3 \cdot 6 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 72^3 \cdot 6 + 72 \cdot 6 \cdot 51^2 \right) = 1.107 \cdot 10^7$$

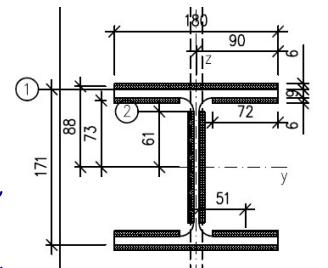
$$I_{y;we} := 2.776 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{z;we} := 1.107 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$l_1 := 180 \text{ mm}$$

$$l_2 := 72 \text{ mm}$$

$$l_3 := 122 \text{ mm}$$



Posouzení v bodě 1

$$z_y := \frac{171 \text{ mm}}{2} = 85.5 \text{ mm}$$

$$z_z := \frac{180 \text{ mm}}{2} = 90 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{y;Ed}}{2 \cdot a_w \cdot l_1 + 4 \cdot a_w \cdot l_2} = 1.535 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} := 1.0$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

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

$$\beta_w := 0.9$$

$$\sigma_{we} := \frac{M_{y;Ed} \cdot z_y}{I_{y;we}} + \frac{M_{z;Ed} \cdot z_z}{I_{z;we}} = 224.621 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = 158.831 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 158.831 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 317.674 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení v bodě 2

$$z_y := \frac{122 \text{ mm}}{2} = 61 \text{ mm}$$

$$z_z := \frac{6 \text{ mm}}{2} = 3 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z;Ed}}{2 \cdot a_w \cdot l_3} = 72.265 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} := \frac{M_{y;Ed} \cdot z_y}{I_{y;we}} + \frac{M_{z;Ed} \cdot z_z}{I_{z;we}} = 140.456 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = 99.318 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 99.318 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 234.782 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

11.1.1 Přenos vodorovné reakce

Vzpěr stabilizační trubky

$$V_{5;y;Ed;m} := 10.516 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := V_{5;y;Ed;m} = 10.516 \text{ kN}$$

Navrhují TR 31,8x3,2

$$d := 31.8 \text{ mm}$$

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

$$A := 288 \text{ mm}^2$$

$$\alpha := 0.49 \quad (\text{křivka c})$$

$$i := 10.2 \text{ mm}$$

$$L_{cr} := 280 \text{ mm}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 102.24 \text{ kN}$$

$$\lambda := \frac{L_{cr}}{i} = 27.451$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 76.399$$

$$\lambda_- := \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} = 0.359$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_- - 0.2) + \lambda_-^2) = 0.604$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_-^2}} = 0.919$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.112 \quad \leq 1.0$$

VYHOVUJE

Svar vodorovné výztužné trubky a plechu

$$a_w := 3 \text{ mm}$$

$$l_w := 50 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed}}{4 \cdot a_w \cdot l_w} = 17.527 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 30.357 \text{ MPa} \quad \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Svar čelní desky a vodorovné výztužné trubky

$$a_w := 3 \text{ mm}$$

$$l_w := \pi \cdot d = 99.903 \text{ mm}$$

$$\sigma_{we} := \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot l_w} = 35.087 \text{ MPa}$$

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

$$\sigma_{kolmé} := \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = (2.481 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 24.811 \text{ MPa} \quad \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 49.621 \text{ MPa} \quad \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Šrouby spojující vodorovnou výztužnou trubku a nosník jeřábové dráhy

Navrhují 1x M16 8.8

Únosnos ve střihu

$$n := 1$$

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

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

$$\alpha_v := 0.6$$

$$F_{v;Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub} \cdot n}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

$$P5 \quad t := 5 \text{ mm}$$

$$e_1 := 30 \text{ mm}$$

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

$$e_2 := 40 \text{ mm}$$

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

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.556$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 43.556 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku

$$F_{t;Rd} := \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 43.556 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 10.516 \text{ kN} \quad \leq \quad F_{t;Rd} = 43.556 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Šrouby spojující pásnici sloupu a čelní desky vodorovné výztužné trubky

Navrhují 2x M16 8.8 předpjaté

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t;Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 90.432 \text{ kN}$$

Únosnost T - profilu

$$l_{eff} := 120 \text{ mm}$$

$$c := 0.8 \cdot a_w \cdot \sqrt{2} = 3.394 \text{ mm}$$

$$m := 40 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 40 \text{ mm}$$

$$e := 40 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := 10 \text{ mm}$$

P10

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

$$M_{pl;Rd} := 0.25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.065 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Způsob porušení 1 $F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;Rd}}{m} = 106.5 \text{ kN}$

Způsob porušení 2 $F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t;Rd}}{m + n} = 117.057 \text{ kN}$

Způsob porušení 3 $F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;Rd} = 180.864 \text{ kN}$

$$F_{t;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 106.5 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 10.516 \text{ kN} \quad \leq \quad F_{t;Rd} = 106.5 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

11.2 PŘÍPOJ KONZOLY 2

$$l_{konzola} := 600 \text{ mm} \quad H_{L;k} := 13.197 \text{ kN} \quad V_{1;z;Ed} := 290.299 \text{ kN}$$

$$V_{y;Ed} := H_{L;k} = 13.197 \text{ kN} \quad M_{z;Ed} := V_{y;Ed} \cdot l_{konzola} = 7.918 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z;Ed} := V_{1;z;Ed} = 290.299 \text{ kN} \quad M_{y;Ed} := V_{z;Ed} \cdot l_{konzola} = 174.179 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Svar konzoly k pásnici sloupu

$$a_w := 8 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti svarového obrazce

$$I_{y;we} := 2 \cdot \left(\left(\frac{1}{12} \cdot 8^3 \cdot 220 + 220 \cdot 8 \cdot 108^2 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 8^3 \cdot 88 + 88 \cdot 8 \cdot 91^2 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 76^3 \cdot 8 + 76 \cdot 8 \cdot 38^2 \right) \right) = 6.909 \cdot 10^7$$

$$I_{z;we} := 2 \cdot \left(\left(\frac{1}{12} \cdot 220^3 \cdot 8 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 88^3 \cdot 8 + 88 \cdot 8 \cdot 66^2 \right) \right) = 2.828 \cdot 10^7$$

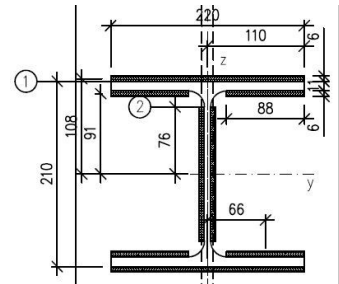
$$I_{y;we} := 6.909 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{z;we} := 2.828 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$l_1 := 220 \text{ mm}$$

$$l_2 := 88 \text{ mm}$$

$$l_3 := 152 \text{ mm}$$



Posouzení v bodě 1

$$z_y := \frac{210 \text{ mm}}{2} = 105 \text{ mm}$$

$$z_z := \frac{220 \text{ mm}}{2} = 110 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{y;Ed}}{2 \cdot a_w \cdot l_1 + 4 \cdot a_w \cdot l_2} = 2.083 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} := 1.0$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

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

$$\beta_w := 0.9$$

$$\sigma_{we} := \frac{M_{y;Ed} \cdot z_y}{I_{y;we}} + \frac{M_{z;Ed} \cdot z_z}{I_{z;we}} = 295.51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = 208.957 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 208.957 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 417.929 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení v bodě 2

$$z_y := \frac{152 \text{ mm}}{2} = 76 \text{ mm}$$

$$z_z := \frac{7 \text{ mm}}{2} = 3.5 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z;Ed}}{2 \cdot a_w \cdot l_3} = 119.366 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} := \frac{M_{y;Ed} \cdot z_y}{I_{y;we}} + \frac{M_{z;Ed} \cdot z_z}{I_{z;we}} = 192.58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = 136.175 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 136.175 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 341.934 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

11.2.1 Přenos vodorovné reakce

Vzpěr stabilizační trubky

$$V_{5;y;Ed} := 29.994 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := V_{5;y;Ed} = 29.994 \text{ kN}$$

Navrhují TR 31,8x3,2

$$d := 31.8 \text{ mm}$$

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

$$A := 288 \text{ mm}^2$$

$$\alpha := 0.49 \quad (\text{křivka c})$$

$$i := 10.2 \text{ mm}$$

$$L_{cr} := 280 \text{ mm}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 102.24 \text{ kN}$$

$$\lambda := \frac{L_{cr}}{i} = 27.451$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 76.399$$

$$\lambda_- := \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} = 0.359$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_- - 0.2) + \lambda_-^2) = 0.604$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_-^2}} = 0.919$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.319 \leq 1.0$$

VYHOVUJE

Svar vodorovné výztužné trubky a plechu

$$a_w := 3 \text{ mm}$$

$$l_w := 50 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed}}{4 \cdot a_w \cdot l_w} = 49.99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 86.585 \text{ MPa} \quad \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Svar čelní desky a vodorovné výztužné trubky

$$a_w := 3 \text{ mm}$$

$$l_w := \pi \cdot d = 99.903 \text{ mm}$$

$$\sigma_{we} := \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot l_w} = 100.077 \text{ MPa}$$

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

$$\sigma_{kolmé} := \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = (7.077 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 70.765 \text{ MPa} \quad \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 141.531 \text{ MPa} \quad \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Šrouby spojující vodorovnou výztužnou trubku a nosník jeřábové dráhy

Navrhují 1x M16 8.8

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

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

$$\alpha_v := 0.6$$

Únosnos ve stříhu

$$n := 1$$

$$F_{v;Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub} \cdot n}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

$$P5 \quad t := 5 \text{ mm}$$

$$e_1 := 30 \text{ mm}$$

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

$$e_2 := 40 \text{ mm}$$

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

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.556$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 43.556 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku

$$F_{t;Rd} := \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 43.556 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 29.994 \text{ kN} \quad \leq \quad F_{t;Rd} = 43.556 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Šrouby spojující pásnici sloupu a čelní desky vodorovné výztužné trubky

Navrhuji 2x M16 8.8 předpjaté

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t;Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 90.432 \text{ kN}$$

Únosnost T - profilu

$$l_{eff} := 120 \text{ mm}$$

$$e := 40 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

$$c := 0.8 \cdot a_w \cdot \sqrt{2} = 3.394 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := 10 \text{ mm}$$

P10

$$m := 40 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 40 \text{ mm}$$

$$M_{pl;Rd} := 0.25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.065 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Způsob porušení 1 $F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;Rd}}{m} = 106.5 \text{ kN}$

Způsob porušení 2 $F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t;Rd}}{m + n} = 117.057 \text{ kN}$

Způsob porušení 3 $F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;Rd} = 180.864 \text{ kN}$

$$F_{t;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 106.5 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 29.994 \text{ kN} \quad \leq \quad F_{t;Rd} = 106.5 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

12. PATKA SLOUPU

12.1 PATKA BĚŽNÉHO SLOUPU

Patka je navržena vetknutá.

Geometrie ocelové patky

$$a := 1200 \text{ mm}$$

$$b := 500 \text{ mm}$$

Geometrie betonové patky

$$a_c := 1800 \text{ mm}$$

$$b_c := 1100 \text{ mm}$$

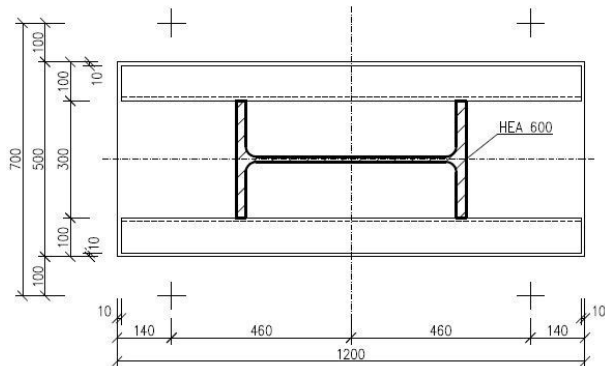
$$h_c := 1000 \text{ mm}$$

Materiál: beton C20/25

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

$$\gamma_c := 1.5$$

Výška podlití 50 mm, patní plech P40 ($t_p := 40 \text{ mm}$)



Započitatelné rozměry patky

$$a_1 := \min(3 \cdot a, a_c, a + h_c) = (1.8 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$b_1 := \min(3 \cdot b, b_c, b + h_c) = (1.1 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j := \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = 1.817$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} := \frac{2}{3} \cdot \frac{k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 16.147 \text{ MPa}$$

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd}}} = 108.283 \text{ mm}$$

Účinná šířka patního plechu

$$b_v := 90 \text{ mm}$$

$$b_{eff} := 2 \cdot b_v + 2 \cdot 40 \text{ mm} + 2 \cdot c = 476.567 \text{ mm}$$

Výpočet sil na šroub

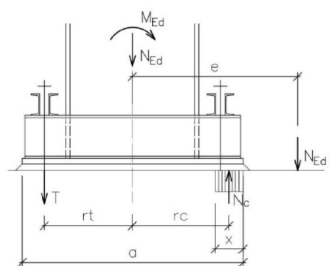
Výpočet pro reakce z kombinací je proveden dle následujícího postupu a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže.

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

$$N_{Ed} \cdot (e + r_t) = N_c \cdot \left(r_t + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right)$$

$$b_{eff} \cdot f_{jd} \cdot x^2 - b_{eff} \cdot f_{jd} \cdot (2 \cdot r_t + a) \cdot x + 2 \cdot N_{Ed} \cdot (e + r_t) = 0$$

$$N_c = b_{eff} \cdot x \cdot f_{jd}$$



Síla do kotevních šroubů

$$T = N_c - N_{Ed}$$

SLOUP P						
Kombinace	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	e [mm]	$x_2=x$ [mm]	N_c [kN]	T [kN]
NK_KZS10	660,3	642,45	973,0	123,2	948,0	287,7
NK_KZS12	659,72	633,26	959,9	121,8	937,3	277,5
NK_KZS20	662,16	635,21	959,3	122,3	941,1	279,0
NK_KZS34	586,74	607,78	1035,9	113,7	874,9	288,2
NK_KZS36	586,16	598,59	1021,2	112,4	864,9	278,8

$$N_c := 948 \text{ kN}$$

$$T := 288.2 \text{ kN}$$

$$x := 123.2 \text{ mm}$$

12.1.1 Průřez patky

Patní plech: 40x500 mm

$$\text{Výztuhy } 2 \times \text{U } 260: A_1 := 4830 \text{ mm}^2$$

$$I_{y;1} := 4820 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$h_u := 260 \text{ mm}$$

$$A_{vz;1} := 2712 \text{ mm}^2$$

$$A_2 := 2 \cdot A_1 = (9.66 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$I_{y;2} := 2 \cdot I_{y;1} = (9.64 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$A_{vz;2} := 2 \cdot A_{vz;1} = (5.424 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

Svařený průřez

$$A := t_p \cdot b + A_2 = (2.966 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$z_t := \frac{t_p \cdot b \cdot 20 \text{ mm} + A_2 \cdot \left(\frac{h_u}{2} + t_p \right)}{A} = 68.854 \text{ mm}$$

$$I_y := \frac{1}{12} \cdot b \cdot t_p^3 + t_p \cdot b \cdot (z_t - 20 \text{ mm})^2 + I_{y;2} + A_2 \cdot \left(\frac{h_u}{2} + t_p + z_t \right)^2 = (6.979 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

Průřez patky působí jako konzola namáhána silou ve šroubech „T,, nebo silou mezi betonem a ocelí „Nc,,. Posoudí se na kombinaci ohybu a smyku.

Tlačená část patky (NK_KZS10)

$$M_p := N_c \cdot \left(295 \text{ mm} - \frac{x}{2} \right) = 221.263 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

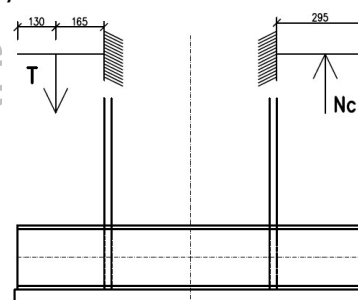
$$V_p := N_c = 948 \text{ kN}$$

$$M_l := T \cdot 165 \text{ mm} = 47.553 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_l := T = 288.2 \text{ kN}$$

$$M_{max} := \max(M_p, M_l) = 221.263 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{max} := \max(V_p, V_l) = 948 \text{ kN}$$



Průřez je posouzen pružně

$$z_h := h_u + t_p - z_t = 231.146 \text{ mm}$$

$$z_d := z_t = 68.854 \text{ mm}$$

$$w_{y;h} := \frac{I_y}{z_h} = (3.019 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$w_{y;d} := \frac{I_y}{z_d} = (1.014 \cdot 10^7) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{h,max} := \frac{M_{max}}{w_{y;h}} = 73.282 \text{ MPa}$$

$$\sigma \leq f_y = 355 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\tau_{max} := \frac{V_{max}}{A_{vz;2}} = 174.779 \text{ MPa}$$

$$\tau \leq \frac{f_y}{\sqrt{3}} = 204.959 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\tau_{max} = 174.779 \text{ MPa}$$

$$\tau < 0.5 \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}} = 102.48 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE - je nutné posoudit kombinaci smyku s ohybem

Normálové napětí v bodě 2

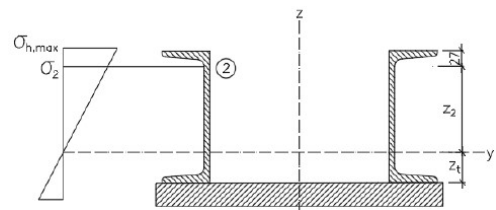
$$z_2 := h_u + t_p - z_t - 29.5 \text{ mm} = 201.646 \text{ mm}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_{max}}{I_y} \cdot z_2 = 63.929 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3 \cdot \tau_{max}^2} = 309.402 \text{ MPa}$$

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

VYHOVUJE



12.1.2 Svary podélných výztuh a patního plechu

Vnitřní síly - kombinace NK_KZS10

$$N_{Ed} := 660.3 \text{ kN}$$

$$x = 123.2 \text{ mm}$$

$$V_{z;Ed} := -164.39 \text{ kN}$$

$$V_{y;Ed} := 12.6 \text{ kN}$$

$$M_{y;Ed} := 642.45 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_p := T = 288.2 \text{ kN}$$

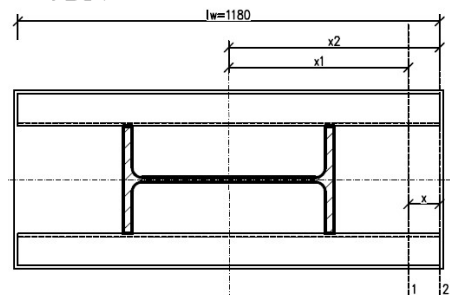
Svary

$$a_w := 5 \text{ mm}$$

$$l_w := 1180 \text{ mm}$$

$$A_w := 4 \cdot a_w \cdot l_w = (2.36 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$I_w := 4 \cdot \frac{1}{12} \cdot a_w \cdot l_w^3 = (2.738 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$



Statický moment k rovině svaru

$$S_{f;y} := b \cdot t_p \cdot \left(z_d - \frac{t_p}{2} \right) = (9.771 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$x_1 := \frac{l_w}{2} - x = 466.8 \text{ mm}$$

$$x_2 := \frac{l_w}{2} = 590 \text{ mm}$$

Řez 1-1

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z;Ed}}{A_w} + \frac{V_p \cdot S_{f;y}}{I_y \cdot 4 \cdot a_w} = 13.208 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} := \frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y;Ed}}{I_w} \cdot x_1 = 137.494 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = (9.722 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 97.223 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 195.787 \text{ MPa} \quad \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Řez 2-2

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z;Ed}}{A_w} + 0 = -6.966 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} := \frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{y;Ed}}{I_w} \cdot x_2 = 166.398 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = (1.177 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 117.661 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 235.632 \text{ MPa} \quad \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

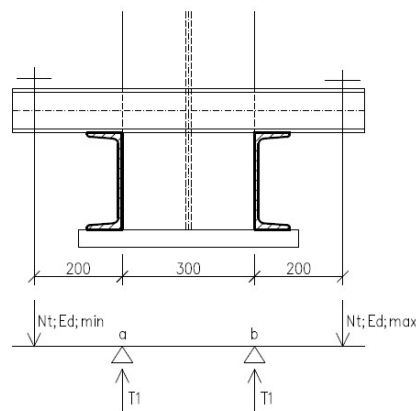
12.1.3 Kotevní šrouby

Tolerance uvažována ± 50 mm. Rozhoduje kombinace s největší silou do kotevního šroubu „T,, (NK_KZS34).

$$T_1 := \frac{T}{2} = 144.1 \text{ kN}$$

$$N_{t;Ed;max} := \frac{T_1 \cdot (200 + 50 + 200 - 50 + 300)}{200 + 200 + 300} = 144.1 \text{ kN}$$

$$N_{t;Ed;min} := \frac{T_1 \cdot (200 - 50 + 200 - 50 + 300)}{200 + 200 + 300} = 123.514 \text{ kN}$$



Návrh: Kotevní šrouby s kotevní hlavou M30

Ocel S355 $f_u = 490$ MPa

$A_s = 561$ mm² průměr dřívku $D = 32$ mm

$d = 30$ mm

Porušení šroubu v místě závitu

$$F_{t;Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 197.921 \text{ kN} \geq N_{t;Ed;max} = 144.1 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Porušení šroubu v místě dřívku

$$F_{t;Rd} := \frac{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 250.935 \text{ kN} \geq N_{t;Ed;min} = 123.514 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

12.1.4 Kotevní příčník

Vnitřní síly

$$M_{a;d} := N_{t;Ed;min} \cdot (0.200 \text{ m} + 0.050 \text{ m}) = 1.235 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{a;d} := N_{t;Ed;min} = 123.514 \text{ kN}$$

$$M_{b;d} := N_{t;Ed;max} \cdot (0.200 \text{ m} - 0.050 \text{ m}) = 0.865 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{b;d} := N_{t;Ed;max} = 144.1 \text{ kN}$$

$$M_{max} := \max(M_{a;d}, M_{b;d}) = 1.235 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{max} := \max(V_{a;d}, V_{b;d}) = 144.1 \text{ kN}$$

Návrh: 2x U 120

$d = 82$ mm

$t_w = 7.0$ mm

$$A_{vz} := 2 \cdot 880 \text{ mm}^2 = (1.76 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$w_{pl;y} := 2 \cdot 72600 \text{ mm}^3 = (1.452 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

Zatřídění průřezu
Stojina - ohyb

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0.814$$

$$\frac{d}{t_w} = 11.714 \quad \square \leq \square \quad 72 \cdot \varepsilon = 58.58 \quad \text{--> Třída 1}$$

MSÚ
Ohyb

$$M_{Rd} := w_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 51.546 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{max} = 1.235 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \square \leq \square \quad M_{Rd} = 51.546 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

VYHOVUJE

Smyk

$$V_{pl;Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 360.728 \text{ kN}$$

$$V_{max} = 144.1 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad V_{pl;Rd} = 360.728 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$V_{max} = 144.1 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad 0.5 \cdot V_{pl;Rd} = 180.364 \text{ kN}$$

Nejedná se o velký smyk.

12.1.5 Smyková zarážka

$$V_{z;Ed} := 118.15 \text{ kN} \quad (\text{kombinace NK_KZS48}).$$

$$N_{c;min} := 384.8 \text{ kN} \quad (\text{kombinace NK_KZS48}).$$

Tření mezi betonem a patním plechem

$$\mu := 0.2$$

$$V_{Rd} := \mu \cdot N_{c;min} = 76.96 \text{ kN} \quad \square \geq \square \quad V_{z;Ed} = 118.15 \text{ kN}$$

Tření není dostačující, je potřeba smyková zarážka.

Návrh: HEB 120

$$A_{v;z} := 1096 \text{ mm}^2$$

$$w_{y;pl} := 165200 \text{ mm}^3$$

$$w_{y;el} := 144100 \text{ mm}^3$$

$$d := 74 \text{ mm}$$

$$t_w := 6.5 \text{ mm}$$

$$b := 120 \text{ mm}$$

$$t_f := 11 \text{ mm}$$

$$w_{z;pl} := 80970 \text{ mm}^3$$

Zatřídění průřezu

$$\frac{d}{t_w} = 11.385 \quad \square \leq \square \quad 72 \cdot \varepsilon = 58.58 \quad \text{--> Třída 1}$$

Délka zarážky

$$h > \square \frac{V_{z;Ed}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 73.844 \text{ mm}$$

Návrh: $h := 100 \text{ mm}$

Svarový přípoj zarážky k patnímu plechu

Moment setrvačnosti svarového obrazce

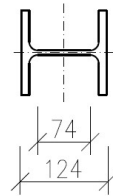
Ve směru osy „z,,

$$j := 45 \text{ mm} \quad k := 37 \text{ mm}$$

$a_w := 5 \text{ mm}$

$$I_w := 2 \cdot \left(\left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot a_w^3 + b \cdot a_w \cdot \left(\frac{b}{2} \right)^2 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot a_w^3 \cdot j + j \cdot a_w \cdot \left(\frac{b}{2} - t_f \right)^2 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot k^3 \cdot a_w + k \cdot a_w \cdot \left(\frac{k}{2} \right)^2 \right) \right)$$

$$I_w = (6.823 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$



Posouzení v bodě 1

$l_w := 74 \text{ mm}$

$$z_1 := \frac{74 \text{ mm}}{2} \quad e := 50 \text{ mm} + \frac{100 \text{ mm}}{2}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z;Ed}}{2 \cdot a_w \cdot l_w} = 159.662 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{V_{z;Ed} \cdot e}{\frac{I_w}{z_1}} = 64.071 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 45.305 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 45.305 \text{ MPa} \quad \square \leq \square \quad \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 291.009 \text{ MPa} \quad \square \leq \square \quad \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení v bodě 2

$$z_2 := \frac{124 \text{ mm}}{2}$$

$$\tau_{\parallel,z} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{V_{z;Ed} \cdot e}{\frac{I_w}{z_2}} = 107.362 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé;z} := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 75.917 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé;z} := \sigma_{kolmé;z} = 75.917 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé;z}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé;z}^2 + \tau_{\parallel,z}^2)} = 151.833 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posudek smykové únosnosti zarážky

$$V_{z;Ed} = 118.15 \text{ kN}$$

$$V_{pl;Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 360.728 \text{ kN}$$

$$V_{z;Ed} = 118.15 \text{ kN} \quad \leq \quad 0.5 \cdot V_{pl;Rd} = 180.364 \text{ kN}$$

Malý smyk

Posudek ohybové únosnosti zarážky

$$M_{pl;Rd} := w_{y;pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 58.646 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} := V_{z;Ed} \cdot e = 11.815 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \leq \quad M_{pl;Rd} = 58.646 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

12.1.6 Svarový přípoj profilu sloupu k patce

Posouzení svarů mezi pásnicemi sloupu HEA 600 a U 260

$$a_w := 5 \text{ mm} \quad h := 590 \text{ mm}$$

$$l_w := 260 \text{ mm} \quad t_f := 25.0 \text{ mm}$$

$$V_S := \frac{M_{y;Ed}}{(h - t_f)} = (1.137 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$f_{vw;d} := \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 251.468 \text{ MPa}$$

$$F_{w;Rd} := 4 \cdot a_w \cdot l_w \cdot f_{vw;d} = (1.308 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_S = (1.137 \cdot 10^3) \text{ kN} \quad \leq \quad F_{w;Rd} = (1.308 \cdot 10^3) \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

12.2 PATKA SLOUPU ZTUŽIDLA

Návrh a posouzení komponent viz kapitola 12.1

Vnitřní síly

$$V_{z;Ed} := 164.39 \text{ kN} \quad V_{y;Ed} := 77.93 \text{ kN} \quad (\text{stěnové ztužidlo})$$
$$V_{y;Ed;H} := V_{y;Ed} \cdot \sin(49.5^\circ) = 59.258 \text{ kN}$$

12.2.1 Smyková zarážka

Délka zarážky

$$h > \frac{V_{z;Ed}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 102.744 \text{ mm} \quad \text{Návrh: } h := 110 \text{ mm}$$

$$\text{Návrh: HEB 120} \quad t_f := 11.0 \text{ mm} \quad b := 120 \text{ mm} \quad e := 50 \text{ mm} + \frac{h}{2}$$

Posudek smykové únosnosti zarážky

$$V_{z;Ed} = 164.39 \text{ kN}$$
$$M_{Ed} := V_{z;Ed} \cdot e = 17.261 \text{ kN} \cdot \text{m}$$
$$V_{pl;Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 360.728 \text{ kN}$$

$$V_{z;Ed} = 164.39 \text{ kN} \quad \leq 0.5 \cdot V_{pl;Rd} = 180.364 \text{ kN} \quad \text{Malý smyk}$$

$$V_{y;Ed;H} = 59.258 \text{ kN}$$

$$V_{pl;Rd} := \frac{(2 \cdot t_f \cdot b) \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 541.093 \text{ kN}$$

$$V_{y;Ed;H} = 59.258 \text{ kN} \quad \leq 0.5 \cdot V_{pl;Rd} = 270.546 \text{ kN} \quad \text{Malý smyk}$$

Posudek ohybové únosnosti zarážky

$$M_{pl;Rd;y} := w_{y;pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 58.646 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y;Ed} := V_{z;Ed} \cdot e = 17.261 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \leq M_{pl;Rd;y} = 58.646 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$M_{pl;Rd;z} := w_{z;pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 28.744 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;Ed} := V_{y;Ed} \cdot e = 8.183 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \leq M_{pl;Rd;z} = 28.744 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Dvousý ohyb

$$\left(\frac{M_{y;Ed}}{M_{pl;Rd;y}} \right)^2 + \frac{M_{z;Ed}}{M_{pl;Rd;z}} = 0.371 \quad \leq 1.0$$

VYHOVUJE

Svarový přípoj zarážky k patnímu plechu

Ve směru osy „z,, --> viz předchozí kapitola

Ve směru osy „y,,

$$a_w := 5 \text{ mm} \quad b = 120 \text{ mm} \quad j = 45 \text{ mm}$$

$$I_{z;w} := 2 \cdot \left(\left(\frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot a_w \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot a_w \cdot j^3 + j \cdot a_w \cdot (37.5 \text{ mm})^2 \right) \right)$$

$$I_{z;w} = (2.858 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

Posouzení v bodě 2

$$d := 120 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel;y} := \frac{V_{y;Ed}}{2 \cdot a_w \cdot d} = 64.942 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} := \frac{V_{y;Ed} \cdot e}{\frac{I_{z;w}}{z_2}} = 177.541 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé;y} := \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = 125.541 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé;y} := \sigma_{kolmé;y} = 125.541 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé;y}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé;y}^2 + \tau_{\parallel;y}^2)} = 275.126 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Spolupůsobení ve směru „y,, a „z,,

$$\sqrt{(\sigma_{kolmé;y} + \sigma_{kolmé;z})^2 + 3 \cdot ((\tau_{kolmé;y} + \tau_{kolmé;z})^2 + (\tau_{\parallel;y} + \tau_{\parallel;z})^2)} = 418.321 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

12.2.2 Kontrolní posouzení sloupu

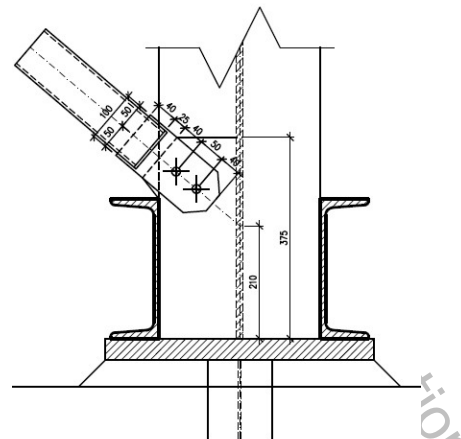
Přídavný ohybový moment od excentricity přípoje diagonály na sloup.

$$e := 210 \text{ mm} \quad w_{z;pl} := 1156 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$M_{z;Ed} := e \cdot V_{y;Ed} = 16.365 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := w_{z;pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 410.38 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{z;Ed}}{M_{Rd}} = 0.04 \leq 1.0$$



Sloup má dostatečnou rezervu a dostatečné využití, 4% přenese.

12.2.3 Připoj diagonály ztužidla k patce sloupu

Vnitřní síla

$$F_{t;Ed} := 77.93 \text{ kN}$$

$$\text{Šrouby } 2 \times \text{M16 } 8.8 \quad \alpha_v := 0.6 \quad A_s := 157 \text{ mm}^2 \quad f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

Únosnost ve stříhu

$$n := 1$$

$$F_{v;Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub} \cdot n}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

$$\text{P10 } t_p := 10 \text{ mm}$$

$$e_1 := 40 \text{ mm} \quad d := 16 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm} \quad d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$k_1 := \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.5$$

$$\alpha_b := \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0 \right) = 0.741$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 116.148 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 120.576 \text{ kN}$$

$$F_{t;Ed} = 77.93 \text{ kN} \quad \leq \quad V_{Rd} = 120.576 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Svarový připoj diagonály TR 89/5,0 ke styčnickovému plechu P10

4x koutový svar $a := 4 \text{ mm}$

$$L := 40 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} := F_{t;Ed} = 77.93 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = 243.531 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 421.808 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

12.3 PATKA ŠTÍTOVÉHO SLOUPU A ZTUŽIDLA

Patka je navržena kloubová.

Materiál: beton C20/25

Maximální svislé zatížení

$$N_{Ed;sloup} := 164.96 \text{ kN}$$

$$N_{Ed;diagonála} := 53.87 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed;sloup} + N_{Ed;diagonála} \cdot \cos(49.4^\circ) = 200.017 \text{ kN}$$

Nárhová únosnost zeminy je odhadnuta $R_d := 300 \text{ kN}$

Geometrie ocelové patky

$$a := 400 \text{ mm}$$

$$b := 250 \text{ mm}$$

Tloušťka patního plech $t_p := 20 \text{ mm}$

Odhad rozměrů betonové patky

$$a_c := 1000 \text{ mm}$$

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

$$h_{min;c} := \tan(45^\circ) \cdot \left(\frac{(a_c - 400 \text{ mm})}{2} \right) = 300 \text{ mm}$$

$$h_c := 1000 \text{ mm}$$

Výška podlití $t_b := 30 \text{ mm}$

$$N_{Ed,max} := N_{Ed} + a_c \cdot b_c \cdot h_c \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1.35 = 227.017 \text{ kN}$$

Započítatelné rozměry betonové patky

$$a_1 := \min(3 \cdot a, a_c, a + h_c) = (1 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$b_1 := \min(3 \cdot b, b_c, b + h_c) = 750 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j := \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = 2.739$$

Návrhová pevnost betonu

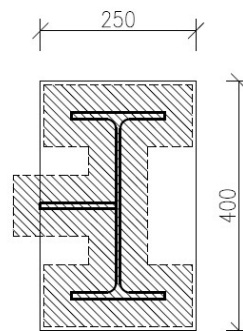
$$f_{jd} := \frac{2}{3} \cdot \frac{k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 24.343 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd}}} = 44.096 \text{ mm}$$

Efektivní plocha

$$A_{eff} := 72876 \text{ mm}^2$$



Únosnost patky v tlaku

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{jd} = (1.774 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{Ed,max} = 227.017 \text{ kN} \leq N_{Rd} = (1.774 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Kotevní šrouby

Kotevní šrouby jsou navrženy dle softwaru PROFIS Engineering od společnosti Hilti.

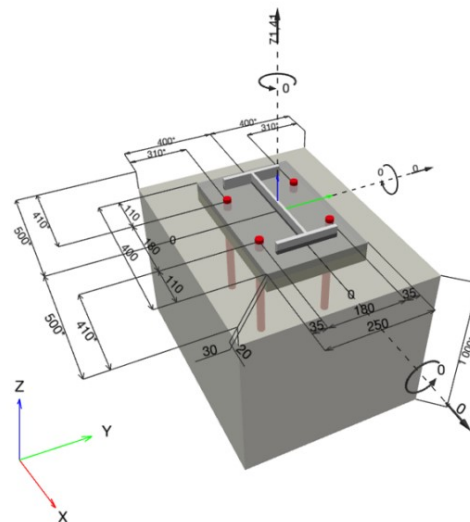
Lepená rozpěrná kotva HIT-HY 200-A V3 a kotevní šroub HIT-Z M20

$$N_{Ed,sloup;t} := 52.98 \text{ kN} \quad N_{Ed,diagonála;t} := 28.32 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,tah} := N_{Ed,sloup;t} + N_{Ed,diagonála;t} \cdot \cos(49.4^\circ) = 71.41 \text{ kN}$$

	Zatížení [kN]	Únosnost [kN]	Využití β_N [%]	Stav
Porušení ocelí*	19,302	97,333	20	OK
Porušení vytažením*	19,302	90,000	22	OK
Porušení vytržením betonového kuželu**	77,203	118,619	66	OK
Porušení rozštěpením**	77,203	177,928	44	OK

* nejnepříznivější kotva ** skupina kotev (kotvy v tahu)



Únosnost ve smyku

$$V_{Ed,y} := 40.9 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,z} := 22.68 \text{ kN}$$

12.3.1 Návrh smykové zarážky

Délka zarážky 80 mm

$$e := t_b + \frac{80 \text{ mm}}{2} = 70 \text{ mm}$$

$$M_{Ed,y} := V_{Ed,y} \cdot e = 2.863 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,z} := V_{Ed,z} \cdot e = 1.588 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

HEA 100

ocel S355, třída průřezu 1

$$b := 100 \text{ mm} \quad t_w := 5.0 \text{ mm} \quad t_f := 8.0 \text{ mm} \quad d := 56 \text{ mm}$$

$$w_{y,pl} := 83.01 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A := 2124 \text{ mm}^2$$

$$w_{z,pl} := 41.14 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{vz} := 756 \text{ mm}^2$$

Posouzení na smyk

$$V_{Rd;y} := \frac{(2 \cdot t_f \cdot b) \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 327.935 \text{ kN}$$

$$V_{Ed;y} = 40.9 \text{ kN} \quad \leq V_{Rd;y} = 327.935 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{Rd;z} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 154.949 \text{ kN}$$

$$V_{Ed;z} = 22.68 \text{ kN} \quad \leq V_{Rd;z} = 154.949 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na ohyb

$$\frac{M_{Ed;y}}{w_{y;pl} \cdot f_y} + \frac{M_{Ed;z}}{w_{z;pl} \cdot f_y} = 0.206 \quad \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Svarový přípoj zarážky k patnímu plechu

$$a_w := 6 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti svarového obrazce

$$I_{y;we} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 6^3 \cdot 100 + 100 \cdot 6 \cdot 50^2 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 6^3 \cdot 35 + 35 \cdot 6 \cdot 38^2 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 28^3 \cdot 6 + 28 \cdot 6 \cdot 14^2 \right) = 4.395 \cdot 10^6$$

$$I_{z;we} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 100^3 \cdot 6 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 35^3 \cdot 6 + 35 \cdot 6 \cdot 30^2 \right) = 1.842 \cdot 10^6$$

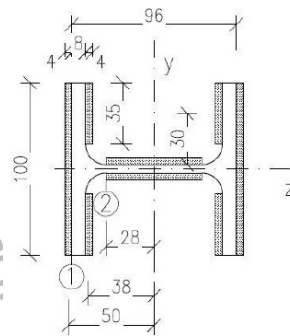
$$I_{y;we} := 4.395 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{z;we} := 1.842 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$l_1 := 100 \text{ mm}$$

$$l_2 := 35 \text{ mm}$$

$$l_3 := 56 \text{ mm}$$



Posouzení v bodě 1

$$z_2 := \frac{96 \text{ mm}}{2} = 48 \text{ mm}$$

$$y_2 := \frac{100 \text{ mm}}{2} = 50 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{y;Ed}}{2 \cdot a_w \cdot l_1 + 4 \cdot a_w \cdot l_2} = 38.201 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} := \frac{M_{Ed;z} \cdot z_2}{I_{y;we}} + \frac{M_{Ed;y} \cdot y_2}{I_{z;we}} = 95.053 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = 67.213 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 67.213 \text{ MPa} \quad \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\gamma_{M1} := 1.0$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

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

$$\beta_w := 0.9$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 149.827 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení v bodě 2

$$z_1 := 28 \text{ mm}$$

$$y_1 := 2.5 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z;Ed}}{2 \cdot a_w \cdot l_3} = 244.628 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} := \frac{M_{Ed;z} \cdot z_1}{I_{y;we}} + \frac{M_{Ed;y} \cdot y_1}{I_{z;we}} = 14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = 9.9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 9.9 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 424.17 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

12.3.2 Návrh přípoje diagonály

Návrh šroubů

$$\text{Šrouby } 2 \times M16 \text{ 8.8} \quad \alpha_v := 0.6 \quad A_s := 157 \text{ mm}^2 \quad f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} := 53.87 \text{ kN}$$

Únosnost ve stříhu

$$n := 1$$

$$F_{v;Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub} \cdot n}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

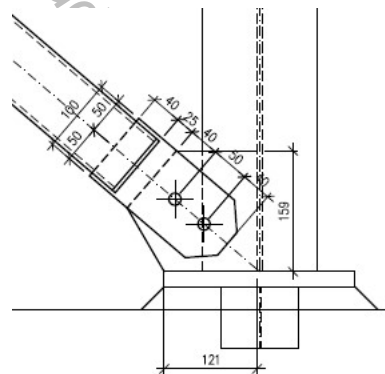
$$P10 \quad t_p := 10 \text{ mm}$$

$$e_1 := 40 \text{ mm} \quad d := 16 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm} \quad d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.741$$



$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 116.148 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku

$$F_{t;Rd} := 2 \cdot \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 120.576 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 53.87 \text{ kN} \quad \leq F_{t;Rd} = 120.576 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Návrh a posouzení svarů

Svislý svarový přípoj styčnickového plechu ke stojině sloupu IPE 300

2x koutový svar $a := 4 \text{ mm}$

$L := 159 \text{ mm}$

$$F_{sd} := N_{Ed} \cdot \cos(49.4^\circ) = 35.057 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{F_{sd}}{2 \cdot a \cdot L} = 27.561 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa} \quad \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 47.737 \text{ MPa} \quad \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Vodorovný svarový přípoj styčnickového plechu k patnímu plechu P20

2x koutový svar $a := 4 \text{ mm}$

$L := 121 \text{ mm}$

$$F_{vd} := N_{Ed} \cdot \sin(49.4^\circ) = 40.902 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{F_{vd}}{2 \cdot a \cdot L} = 42.254 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa} \quad \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 73.186 \text{ MPa} \quad \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Svarový přípoj diagonály TR 89/5,0 ke styčnickovému plechu P10

4x koutový svar $a := 4 \text{ mm}$
 $L := 40 \text{ mm}$

$$N_{Ed} = 53.87 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = 168.344 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

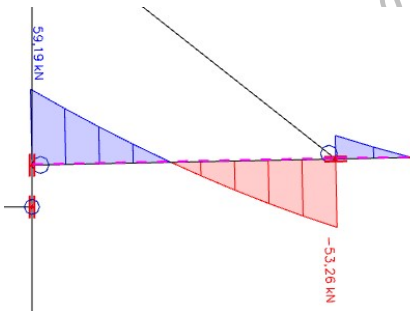
$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 291.58 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

13. PŘÍPOJ MARKÝZY

13.1 NÁVRH PŘÍPOJE MARKÝZY NA SLOUP

Posouvající síla - NK_KZS20



Návrh šroubů

Šrouby 2xM16 8.8 $\alpha_v := 0.6$ $A_s := 157 \text{ mm}^2$ $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$

$V_{z;Ed} := 59.19 \text{ kN}$

$N_{Ed} := 89.92 \text{ kN}$ viz. 7.1.10

Únosnost ve stříhu

$$n := 1$$

$$F_{v;Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub} \cdot n}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

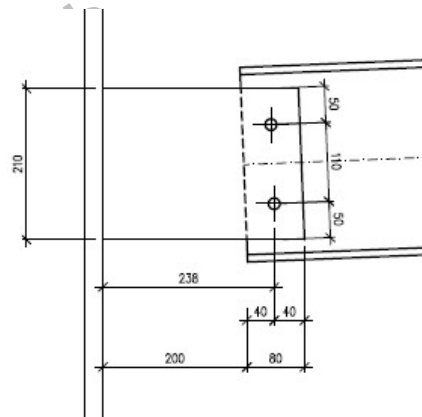
Únosnost v otláčení

P15 $t_p := 15 \text{ mm}$

$e_1 := 50 \text{ mm}$ $d := 16 \text{ mm}$ $p_1 := 110 \text{ mm}$

$e_2 := 40 \text{ mm}$ $d_0 = 18 \text{ mm}$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$



$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.926$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 217.778 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 120.576 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 89.92 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad V_{Rd} = 120.576 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení na vytržení skupiny šroubů

Styčnickový plech

Oslabená plocha při působení smyku $n := 2$

$$A_{nv} := t_p \cdot (e_1 + p_1 - (n - 0.5) \cdot d_0) = (1.995 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

Oslabená plocha při působení tahu

$$A_{nt} := t_p \cdot \left(e_2 - \frac{d_0}{2}\right) = 465 \text{ mm}^2$$

$$V_{eff;2;Rd} := \frac{0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = 500.034 \text{ kN} \quad \square \geq \square \quad N_{Ed} = 89.92 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Stěna nosníku

Oslabená plocha při působení smyku $n := 2$ $t_w := 6.6 \text{ mm}$ $h := 270 \text{ mm}$

$$A_{nv} := t_w \cdot (h + e_1 + p_1 - (n - 0.5) \cdot d_0) = (2.66 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

Oslabená plocha při působení tahu

$$A_{nt} := t_w \cdot \left(e_2 - \frac{d_0}{2}\right) = 204.6 \text{ mm}^2$$

$$V_{eff;2;Rd} := \frac{0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = 585.252 \text{ kN} \quad \square \geq \square \quad N_{Ed} = 89.92 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Návrh a posouzení svarů

Svarový přípoj styčnickového plechu k pásnici sloupu HEA 600

2x koutový svar $a := 5 \text{ mm}$

$L := 210 \text{ mm}$

$e := 238 \text{ mm}$

$$M_{Ed} := V_{z;Ed} \cdot e = 14.087 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Průřezový modul svarového obrazce

$$W_w := 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot L^2 = (7.35 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

Posouzení svaru

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z;Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = 28.186 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{M_{Ed}}{W_w}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 135.526 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 275.414 \text{ MPa}$$

$$275.414 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{kolmé} = 135.526 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení styčnickového plechu v ohybu

$$w_{el;y} := \frac{t_p \cdot h_p^2}{6} = (1.103 \cdot 10^5) \text{ mm}^3 \quad h_p := 210 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} := \frac{w_{el;y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 39.139 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0.36 \leq 1.0$$

VYHOVUJE

Posouzení styčnickového plechu oslabeného otvory ve smyku

$$A_{v;d} := t_p \cdot (h_p - n \cdot d_0) = (2.61 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$V_{pl;Rd} := \frac{A_{v;d} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = 534.944 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 89.92 \text{ kN}$$

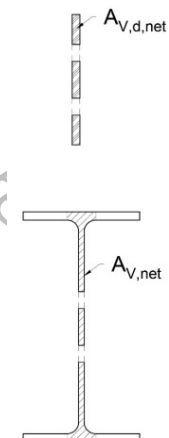
VYHOVUJE

Posouzení nosníku oslabeného otvory ve smyku

$$A_{v;eff} := A_{vz} - n \cdot (t_w \cdot d_0) = (1.976 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad A_{vz} := 2214 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl;Rd} := \frac{A_{v;eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = 405.082 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 89.92 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



13.2 NÁVRH PŘÍPOJE TÁHLA MARKÝZY

Návrh šroubů

Šrouby 2xM16 8.8 $\alpha_v := 0.6$ $A_s := 157 \text{ mm}^2$ $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$
 $N_{Ed} := 113.5 \text{ kN}$ viz. 7.1.11

Únosnost ve stříhu

$$n := 1$$

$$F_{v;Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub} \cdot n}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

P15 $t_p := 15 \text{ mm}$

$$e_1 := 40 \text{ mm} \quad d := 16 \text{ mm} \quad p_1 := 50 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm} \quad d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$k_1 := \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.5$$

$$\alpha_b := \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0 \right) = 0.676$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 158.978 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku

$$F_{t;Rd} := 2 \cdot \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 120.576 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 113.5 \text{ kN} \quad \blacksquare \leq \blacksquare \quad F_{t;Rd} = 120.576 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Návrh a posouzení svarů

Svarový přípoj styčnickového plechu k pásnici sloupu HEA 600

2x koutový svar $a := 5 \text{ mm}$
 $L := 295 \text{ mm}$

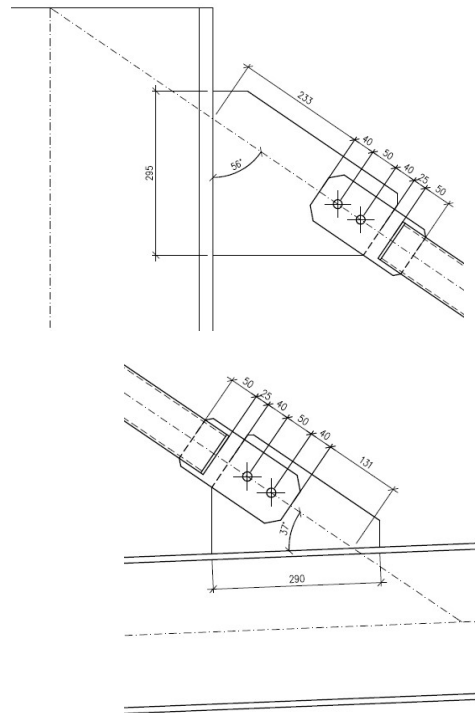
$$e := 233 \text{ mm}$$

$$F_{t;H;Ed} := N_{Ed} \cdot \sin(56^\circ) = 94.096 \text{ kN}$$

$$F_{t;V;Ed} := N_{Ed} \cdot \cos(56^\circ) = 63.468 \text{ kN}$$

Průřezový modul svarového obrazce

$$W_w := 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot L^2 = (1.45 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$



Posouzení svaru

$$\tau_{\parallel} := \frac{F_{t;V;Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = 21.515 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{F_{t;H;Ed}}{a \cdot L} + \frac{F_{t;H;Ed} \cdot e}{W_w} \right)$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 151.994 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 306.264 \text{ MPa}$$

$$306.264 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{kolmé} = 151.994 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Svarový přípoj styčnickového plechu k pásnici markýzy IPE 270

2x koutový svar $a := 5 \text{ mm}$

$L := 290 \text{ mm}$

$e := 131 \text{ mm}$

$$F_{t;H;Ed} := N_{Ed} \cdot \cos(37^\circ) = 90.645 \text{ kN}$$

$$F_{t;V;Ed} := N_{Ed} \cdot \sin(37^\circ) = 68.306 \text{ kN}$$

Průřezový modul svarového obrazce

$$W_w := 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot L^2 = (1.402 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

Posouzení svaru

$$\tau_{\parallel} := \frac{F_{t;H;Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = 31.257 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{F_{t;V;Ed}}{a \cdot L} + \frac{F_{t;V;Ed} \cdot e}{W_w} \right)$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 78.451 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 165.98 \text{ MPa}$$

$$165.98 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{kolmé} = 78.451 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Svarový přípoj táhla čtvercové trubky 80x80x4,0 ke styčnickovému plechu P15

4x koutový svar

$$a := 5 \text{ mm}$$

$$L := 50 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = 113.5 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = 227 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 393.176 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

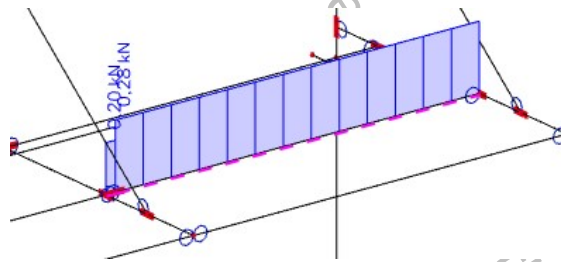
VYHOVUJE

13.3 VAZNICE MARKÝZY

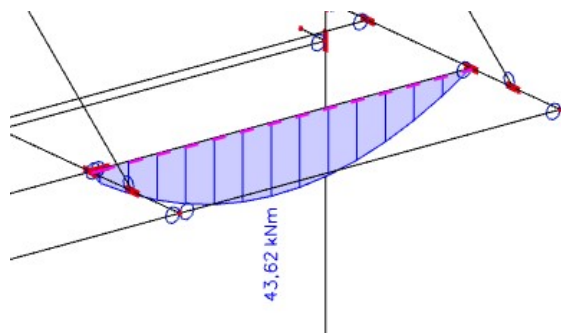
Výpočet vnitřních sil

Pomocí programu Scia Engineer, nelineární kombinace a zadané imperfekce.

Normálová síla - NK_KZS20



Moment y - NK_KZS20



Posouzení vaznice markýzy

Uvažované vnitřní síly

$$N_{Ed,mar} := 0.32 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y,mar} := 44.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,z,mar} \approx 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

IPE 270

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

ocel S355

$$h_{mar} := 270 \text{ mm}$$

$$b_{mar} := 135 \text{ mm}$$

$$i_{y;mar} := 112 \text{ mm}$$

$$i_{z;mar} := 30.2 \text{ mm}$$

$$W_{y;el;mar} := 428.9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{y;pl;mar} := 484.0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{mar} := 4595 \text{ mm}^2$$

Průřez 1. třídy.

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

ŠTÍHLOSTI

$$L_{cr;y;mar} := 6.0 \text{ m}$$

$$L_{cr;z;mar} := 6.0 \text{ m}$$

$$\lambda_{y;mar} := \frac{L_{cr;y;mar}}{i_{y;mar}} = 53.571$$

$$\lambda_{z;mar} := \frac{L_{cr;z;mar}}{i_{z;mar}} = 198.675$$

POMĚRNÉ ŠTÍHLOSTI

$$E := (2.1 \cdot 10^5) \text{ MPa}$$

$$\lambda_{y;mar_} := \frac{\lambda_{y;mar}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0.701 \quad \rightarrow \quad \chi_{y;mar} := 0.848 \quad (\text{křivka a})$$

$$\lambda_{z;mar_} := \frac{\lambda_{z;mar}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 2.6 \quad \rightarrow \quad \chi_{z;mar} := 0.130 \quad (\text{křivka b})$$

VLIV KLOPENÍ

Kritický moment

Výpočet byl proveden v programu LTBeamN, protokol o výpočtu je uveden v příloze.

$$M_{cr;mar} := 74.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SOUČINITELE KLOPENÍ

$$\lambda_{LT;mar_} := \sqrt{\frac{w_{y;pl;mar} \cdot f_y}{M_{cr;mar}}} = 1.519$$

$$\frac{h_{mar}}{b_{mar}} = 2 > 2, \text{ platí (křivka klopení b)}$$

$$\chi_{LT;mar} := 0.335$$

$$\chi_{LT;mar} = 0.335 \quad \square \leq 1.0$$

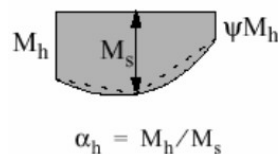
$$\chi_{LT;mar} = 0.335 \quad \square \leq \frac{1}{\lambda_{LT;mar_}^2} = 0.433$$

POSOUZENÍ NA KOMBINACI TLAKU S OHYBEM

$$M_{Ed;L;mar1} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed;P;mar1} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{mar1} := 44.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



$$\psi_{mar1} := 0$$

$$\alpha_{s;mar1} := \frac{M_{Ed;L;mar1}}{M_{mar1}} = 0 \quad -1 \leq \alpha_{s;mar1} \leq 0 \quad \text{a} \quad 0 \leq \psi_{mar1} \leq 1$$

$$C_{my;mar} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_{s;mar1} = 0.95$$

$$C_{mLT;mar} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_{s;mar1} = 0.95$$

CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY ÚNOSNOSTI V TLAKU A OHYBU

$$N_{Rk;mar} := A_{mar} \cdot f_y = (1.631 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk;mar} := w_{y;pl;mar} \cdot f_y = 171.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

INTERAKČNÍ SOUČINITELE

$$k_{yy;mar} := \min \left(C_{my;mar} \cdot \left(1 + (\lambda_{y;mar_} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{y;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my;mar} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{y;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.95$$

$$k_{zy;mar} := \max \left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z;mar_}}{(C_{mLT;mar} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{z;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT;mar} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{z;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} \right) = 1$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{y;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy;mar} \cdot \frac{M_{Ed;y;mar}}{\chi_{LT;mar} \cdot \frac{M_{y;Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} = 0.741 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

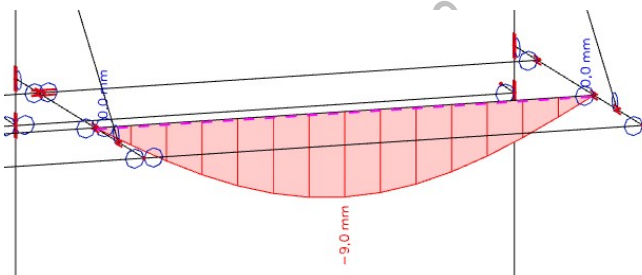
$$\frac{N_{Ed;mar}}{\chi_{z;mar} \cdot \frac{N_{Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy;mar} \cdot \frac{M_{Ed;y;mar}}{\chi_{LT;mar} \cdot \frac{M_{y;Rk;mar}}{\gamma_{M1}}} = 0.781 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

PODMÍNKA ÚNOSNOSTI PRO PRŮŘEZ

$$\frac{N_{Ed;mar}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed;y;mar}}{\gamma_{M0}} = 0.261 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

MSP

Průhyb u_z (MSP-KZS20)

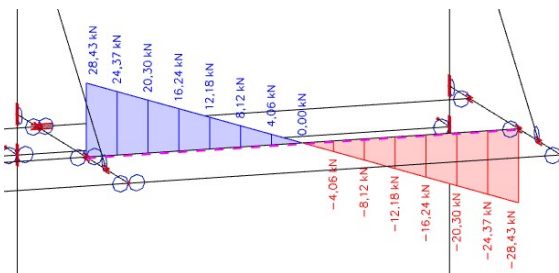


$$\delta := 9.0 \text{ mm} \leq \delta_{lim} := \frac{6 \text{ m}}{250} = 24 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

PRŮŘEZ VAZNICE MARKÝZY IPE 270 --> VYHOVUJE

13.3.1 Příklad vaznice markýzy

Posouvající síla - NK_KZS20



Návrh šroubů

Šrouby 2xM16 8.8 $\alpha_v := 0.6$ $A_s := 157 \text{ mm}^2$ $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$

$V_{z;Ed} := 28.43 \text{ kN}$

$N_{Ed} := 0.28 \text{ kN}$ viz. 13.3

Únosnost ve stříhu

$n := 1$

$$F_{v;Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub} \cdot n}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

P10 $t_p := 10 \text{ mm}$

$e_1 := 50 \text{ mm}$ $d := 16 \text{ mm}$ $p_1 := 110 \text{ mm}$

$e_2 := 40 \text{ mm}$ $d_0 = 18 \text{ mm}$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.926$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 145.185 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 120.576 \text{ kN}$$

$$V_{z;Ed} = 28.43 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad V_{Rd} = 120.576 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Návrh a posouzení svarů

Svarový přípoj styčnickového plechu ke stojině nosníku markýzy IPE 270

2x koutový svar $a := 4 \text{ mm}$

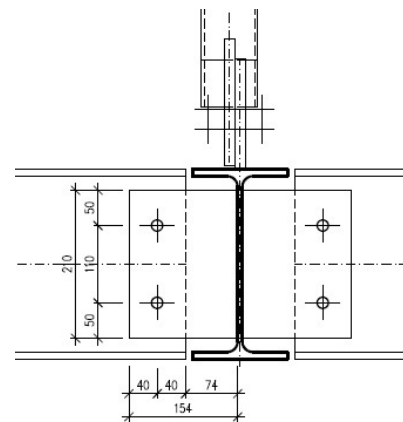
$L := 210 \text{ mm}$

$e := 114 \text{ mm}$

$$M_{Ed} := V_{z;Ed} \cdot e = 3.241 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Průřezový modul svarového obrazce

$$W_w := 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot L^2 = (5.88 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$



Posouzení svaru

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z;Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = 16.923 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{M_{Ed}}{W_w}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 38.975 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 83.279 \text{ MPa}$$

$$83.279 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_{kolmé} = 38.975 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

14. PŘÍPOJ PŘÍČLE KE ŠTÍTOVÉMU SLOUPU

Návrh šroubů

Šrouby 4xM16 8.8 $\alpha_v := 0.6$ $A_s := 157 \text{ mm}^2$ $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$

$V_{z;Ed} := 22.68 \text{ kN}$

$V_{y;Ed} := 74.37 \text{ kN} \cdot \cos(43.6^\circ) = 53.857 \text{ kN}$ viz. 9.1 (PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO)

Únosnost ve stříhu

$n := 1$

$$F_{v;Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub} \cdot n}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

P10 $t_p := 10 \text{ mm}$

$e_1 := 122 \text{ mm}$ $d := 16 \text{ mm}$ $p_1 := 66 \text{ mm}$

$e_2 := 40 \text{ mm}$ $d_0 = 18 \text{ mm}$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.972$$

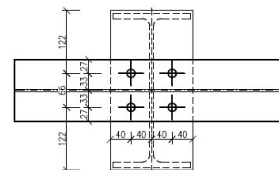
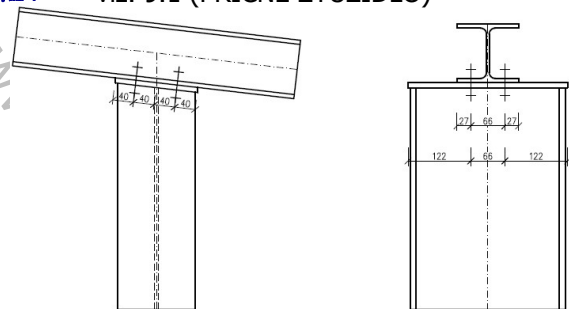
$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 152.444 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd} := 4 \cdot \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 241.152 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := \sqrt{V_{y;Ed}^2 + V_{z;Ed}^2} = 58.437 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 241.152 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



Jre information.

Svar čelní desky a štítového sloupu

$$b := 150 \text{ mm} \quad t_f := 10.7 \text{ mm}$$

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$j := 56 \text{ mm} \quad k := 124 \text{ mm}$$

$$I_w := 2 \cdot \left(\left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot a_w^3 + b \cdot a_w \cdot \left(\frac{b}{2} \right)^2 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot a_w^3 \cdot j + j \cdot a_w \cdot \left(\frac{b}{2} - t_f \right)^2 \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot k^3 \cdot a_w + k \cdot a_w \cdot \left(\frac{k}{2} \right)^2 \right) \right)$$

$$I_w = (2.063 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$I_{z,w} := 2 \cdot \left(\left(\frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot a_w \right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot a_w \cdot j^3 + j \cdot a_w \cdot (43 \text{ mm})^2 \right) \right)$$

$$I_{z,w} = (4.141 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$l_1 := b = 150 \text{ mm}$$

$$l_2 := j = 56 \text{ mm}$$

$$l_3 := 2 \cdot k = 248 \text{ mm}$$

Posouzení v bodě 1

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{y;Ed}}{2 \cdot a_w \cdot l_1 + 4 \cdot a_w \cdot l_2} = 25.695 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa} \quad \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 44.505 \text{ MPa} \quad \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení v bodě 2

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z;Ed}}{2 \cdot a_w \cdot l_3} = 11.431 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa} \quad \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 19.8 \text{ MPa} \quad \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

14.1 PŘÍPOJ DIAGONÁLY KE ŠTÍTOVÉMU SLOUPU

Návrh šroubů

Šrouby 2xM16 8.8 $\alpha_v := 0.6$ $A_s := 157 \text{ mm}^2$ $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$

$N_{Ed} := 74.37 \text{ kN}$

Únosnost ve stříhu

$n := 1$

$$F_{v;Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub} \cdot n}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

P10 $t_p := 10 \text{ mm}$

$e_1 := 40 \text{ mm}$ $d := 16 \text{ mm}$

$e_2 := 50 \text{ mm}$ $d_0 = 18 \text{ mm}$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.741$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 116.148 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku

$$F_{t;Rd} := 2 \cdot \min(F_{v;Rd}, F_{b;Rd}) = 120.576 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 74.37 \text{ kN} \quad \square \leq \square \quad F_{t;Rd} = 120.576 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Návrh a posouzení svarů

Svislý svarový přípoj styčnickového plechu ke stojině sloupu IPE 300

2x koutový svar $a := 3 \text{ mm}$

$L := 169 \text{ mm}$

$$F_{sd} := N_{Ed} \cdot \cos(49.2^\circ) = 48.595 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{F_{sd}}{2 \cdot a \cdot L} = 47.924 \text{ MPa}$$

$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$

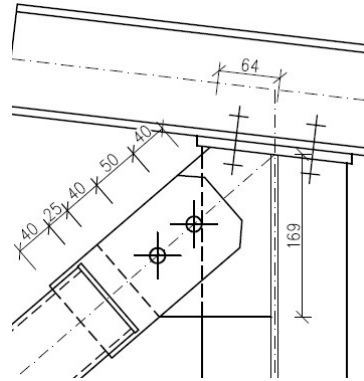
$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa}$

$$\square \leq \square \quad \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 83.007 \text{ MPa} \quad \square \leq \square \quad \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE



Vodorovný svarový přípoj styčnickového plechu k čelní desce P10

2x koutový svar $a := 3 \text{ mm}$
 $L := 64 \text{ mm}$

$$F_{vd} := N_{Ed} \cdot \sin(49.2^\circ) = 56.298 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{F_{vd}}{2 \cdot a \cdot L} = 146.609 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 253.934 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Svarový přípoj diagonály TR 89/5,0 ke styčnickovému plechu P10

4x koutový svar $a := 4 \text{ mm}$
 $L := 40 \text{ mm}$

$$N_{Ed} = 74.37 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = 232.406 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmé} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmé}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 402.539 \text{ MPa} \quad \leq \quad \frac{f_u}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w} = 435.556 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

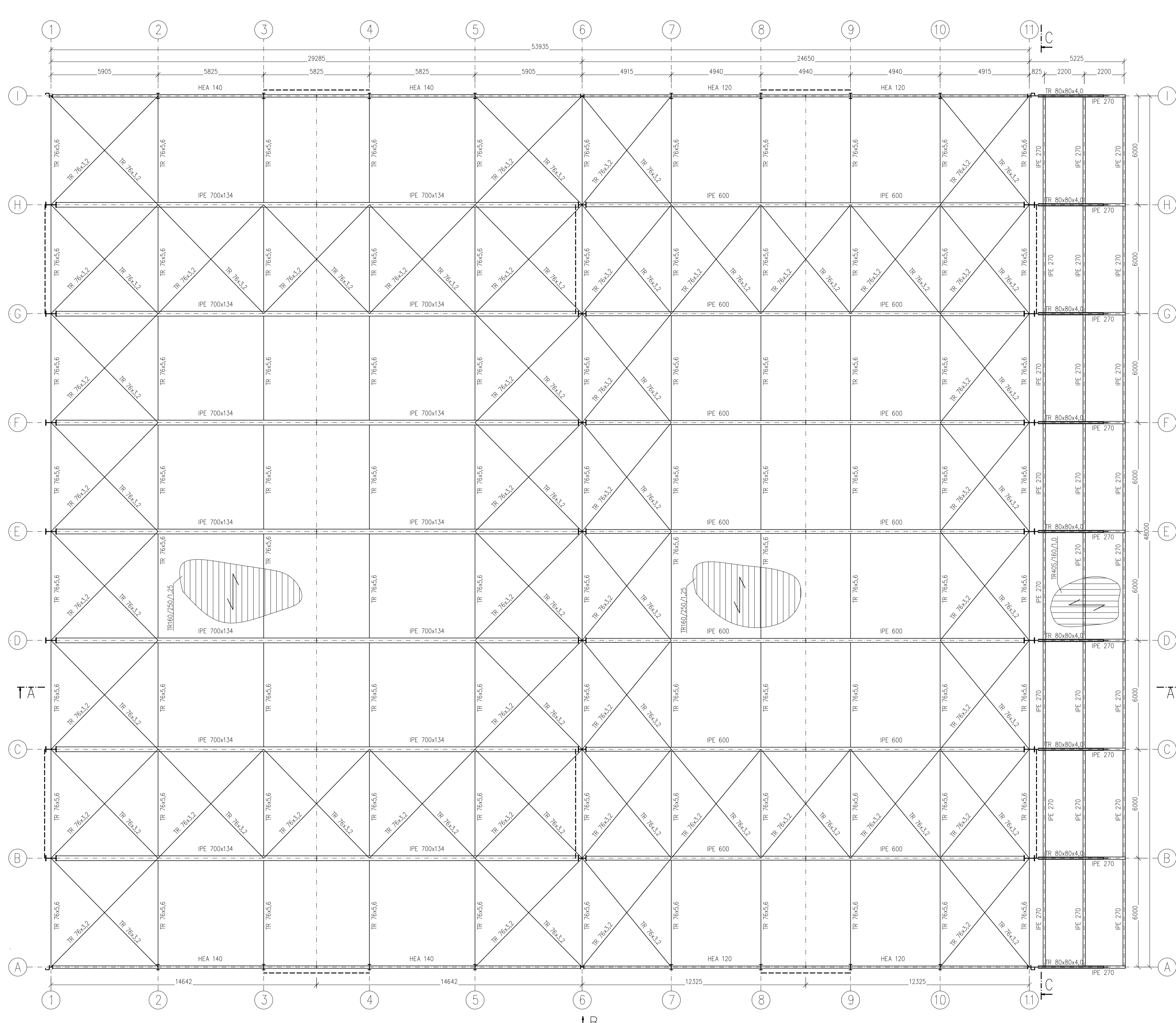
**DVOULODNÍ SKLADOVACÍ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY
VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**

Vypracoval:
Vedoucí práce:


Bc. Lukáš Hozman
prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

OBSAH:

01 - Půdorys dvoulodní ocelové haly	1:100	A1
02 - Řez a pohledy dvoulodní ocelové haly	1:100	A1
03 - D1 - Detail uložení nosníku JD pro 6,3t jeřáb	1:5	A1
04 - D2 - Detail uložení nosníku JD pro 20t jeřáb	1:5	A1
05 - D3 - Momentový přípoj na prostřední sloup	1:10	A1
D7 - Markýza + vaznice markýzy	1:10	
D8 - Přípoj příče na štítový sloup	1:10	
06 - D4 - Vetknutá patka se ztužidlem	1:10	A1
D5 - Vetknutá patka	1:10	
D6 - Kloubová patka štítového sloupu se ztužidlem	1:10	

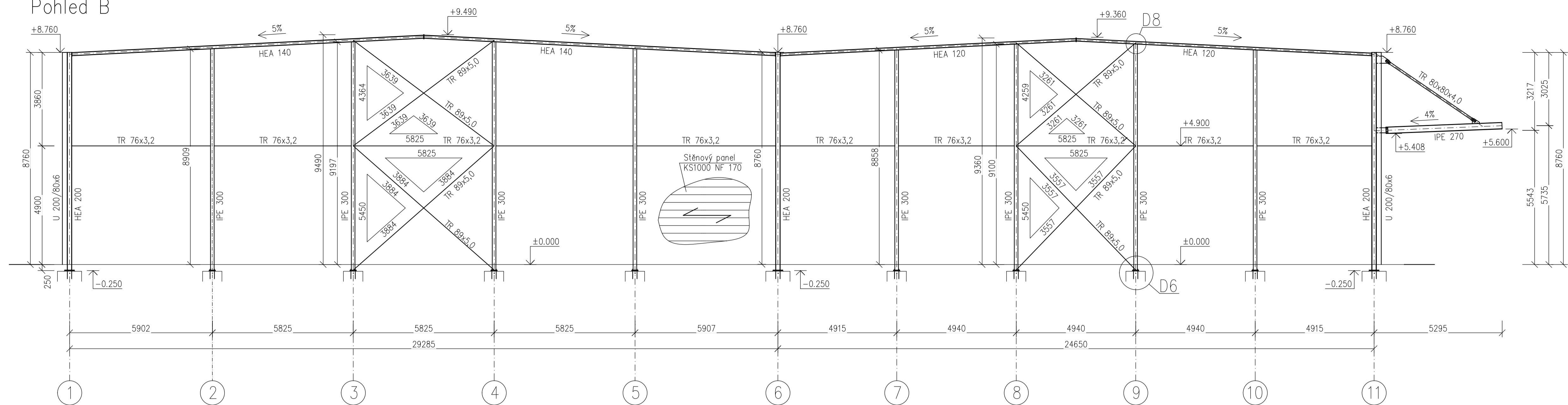


OCEL: S355JR
 TRÍDA PROVEDENÍ NOSNÍKŮ JD: EXC2
 TRÍDA PROVEDENÍ OSTATNÍCH OK: EXC2
 PATKY SLOUPŮ: C20/25

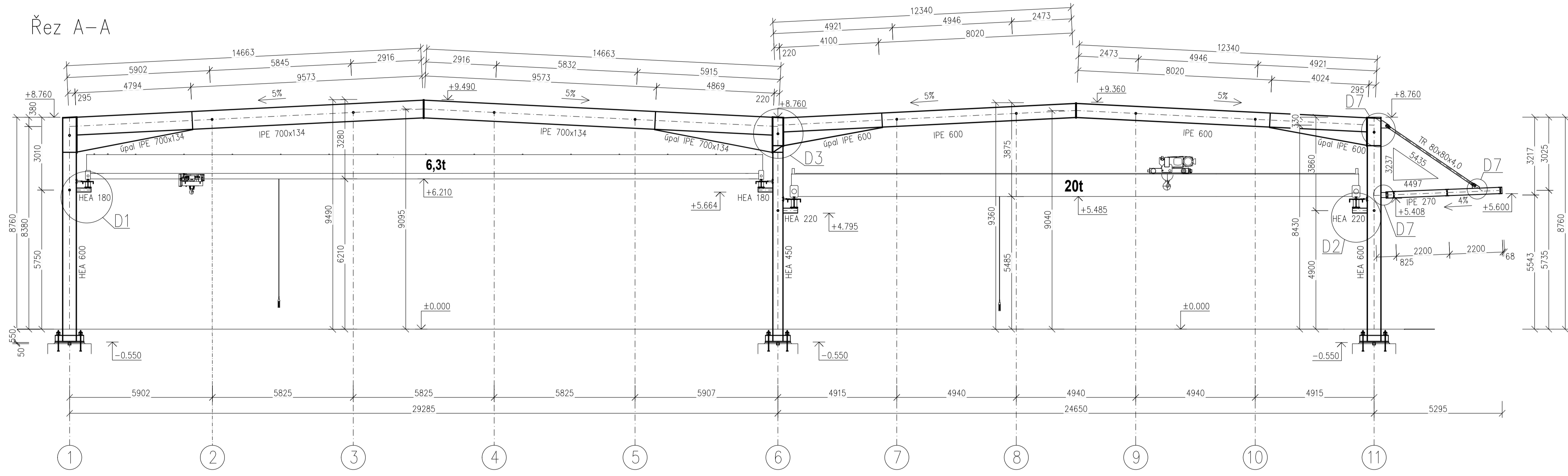
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT Bc. Lukáš Hozman	VYPRACOVAL Bc. Lukáš Hozman	KONTROLOVAL prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	
OBOR: St-C	KATEGORIE: k134	FORMAT: A4 DATUM: PROSINEC 2023 STUPEŇ: ČÍSLO ZAKÁZKY: ČÁST PROJEKTU:	
DIPLOMOVÁ PRÁCE Dvoudlní skladovací hala s mostovými jeřáby OBSAH:			PARÉ ČÍSLO 01

Půdorys dvoudlní ocelové haly

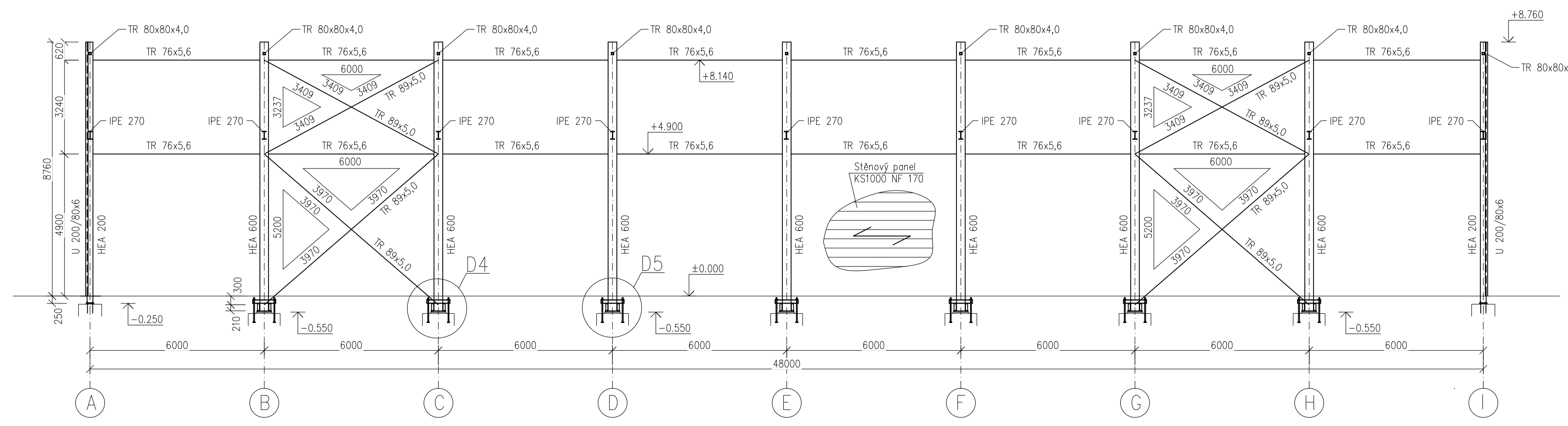
Pohled B




Řez A-A

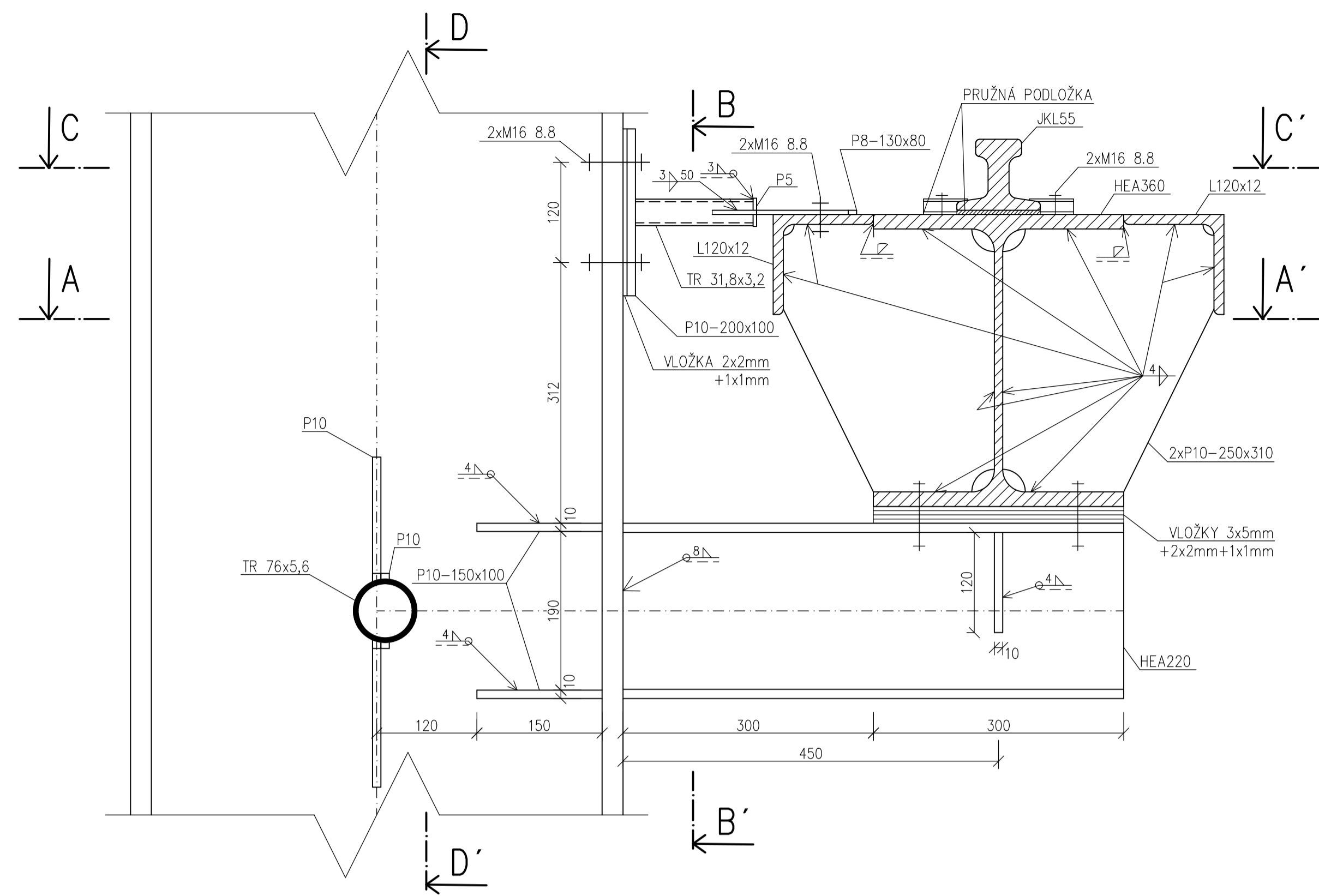


Řez C-C

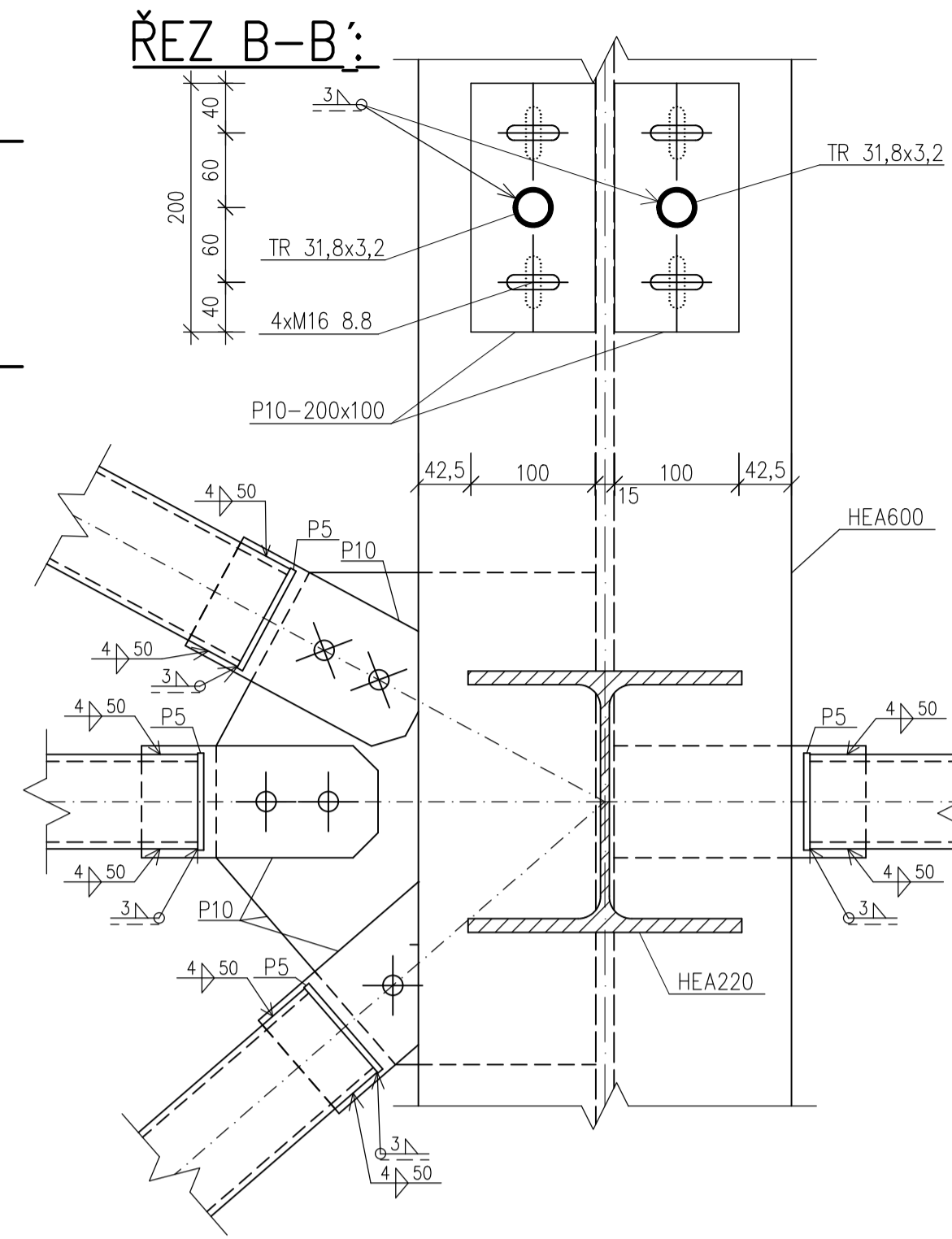


OCEL: S355JR
 TŘÍDA PROVEDENÍ NOSNÍKŮ JD: EXC2
 TŘÍDA PROVEDENÍ OSTATNÍCH OK: EXC2
 PATKY SLOUPŮ: C20/25

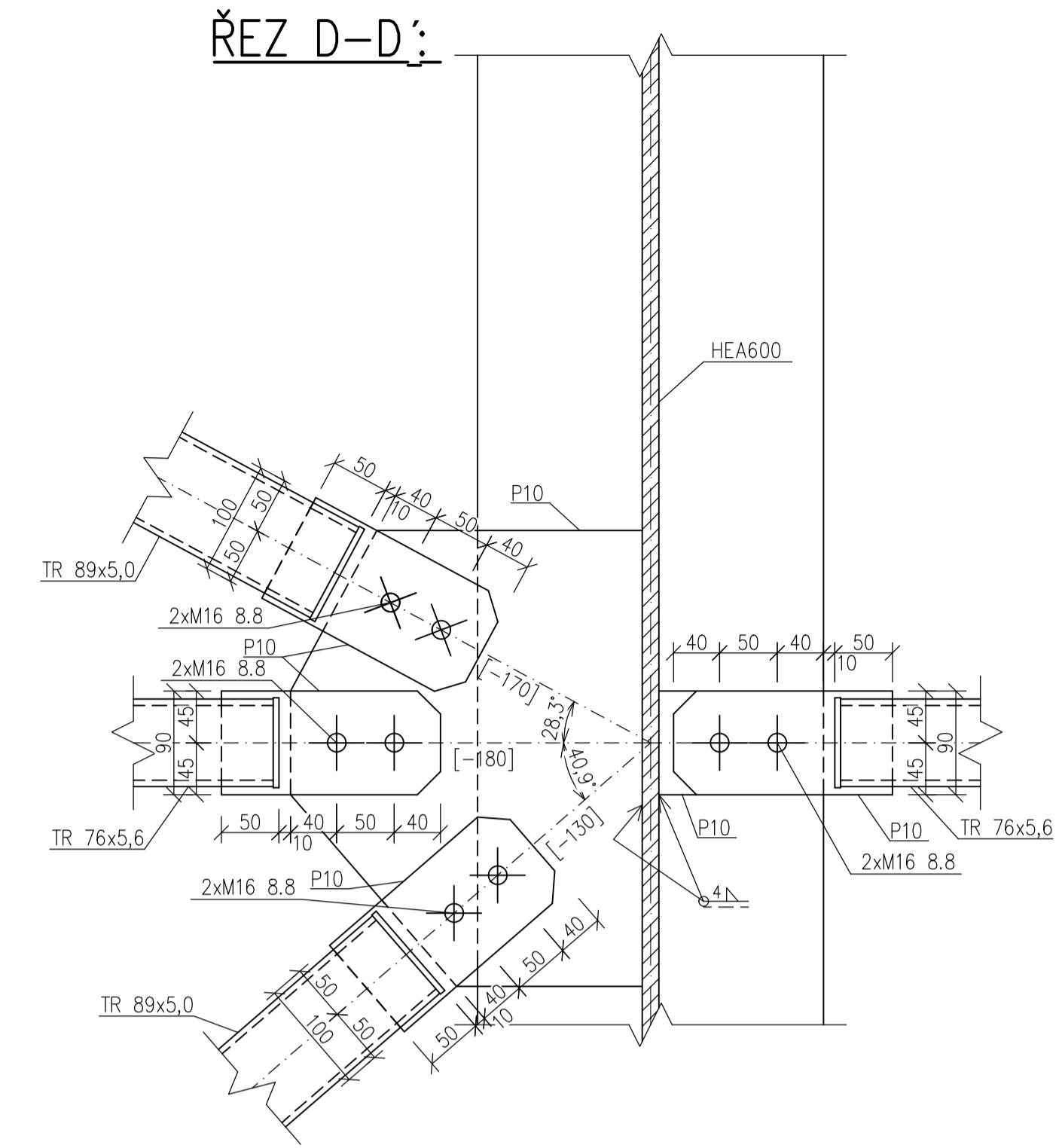
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT Bc. Lukáš Hozman	VYPRACOVAL Bc. Lukáš Hozman	KONTROLOVAL prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	 FORMÁT: A4 / 1 : 100 DATUM: PROSINEC 2023
OBOR: SI-C KATEGORIE: k134			
DIPLOMOVÁ PRÁCE Dvouúrodní skladovací hala s mostovými jeřáby			STUPEŇ: ČÍSLO ZAKÁZKY ČÁST PROJEKTU
OBSAH: Řez a pohledy dvouúrodní ocelové haly			PARÉ ČÍSLO: 02



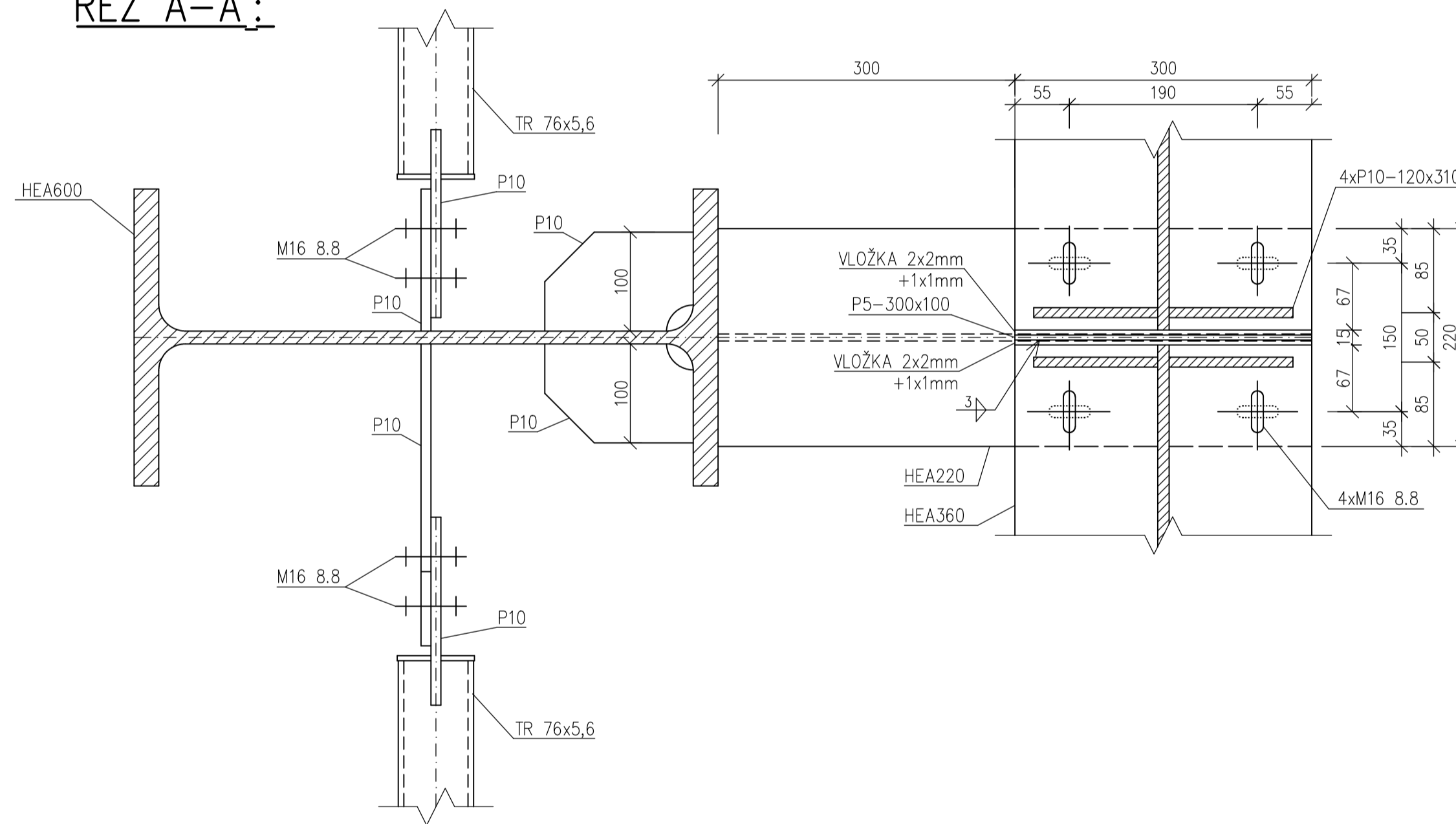
ŘEZ B-B:



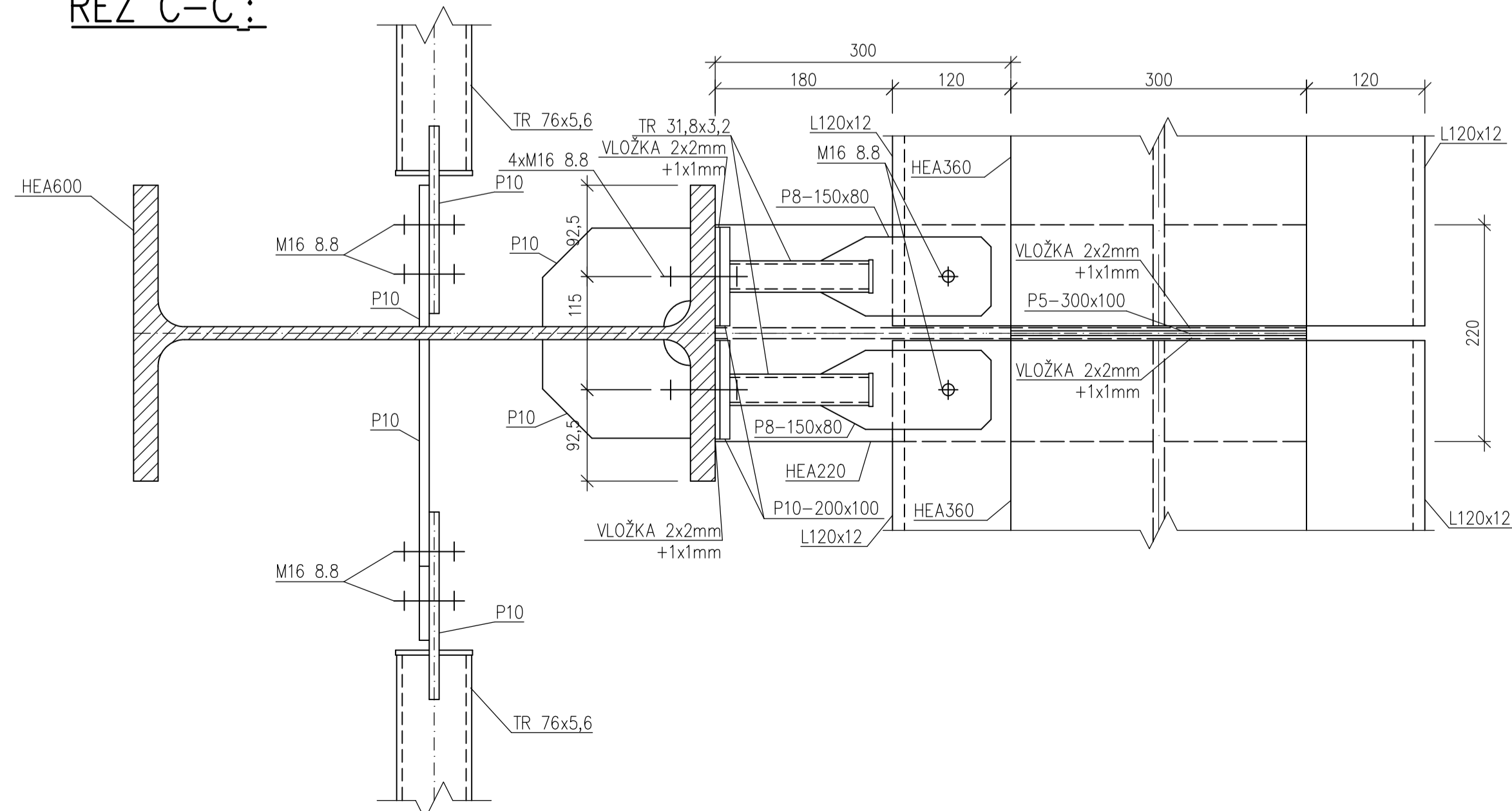
ŘEZ D-D:




ŘEZ A-A:



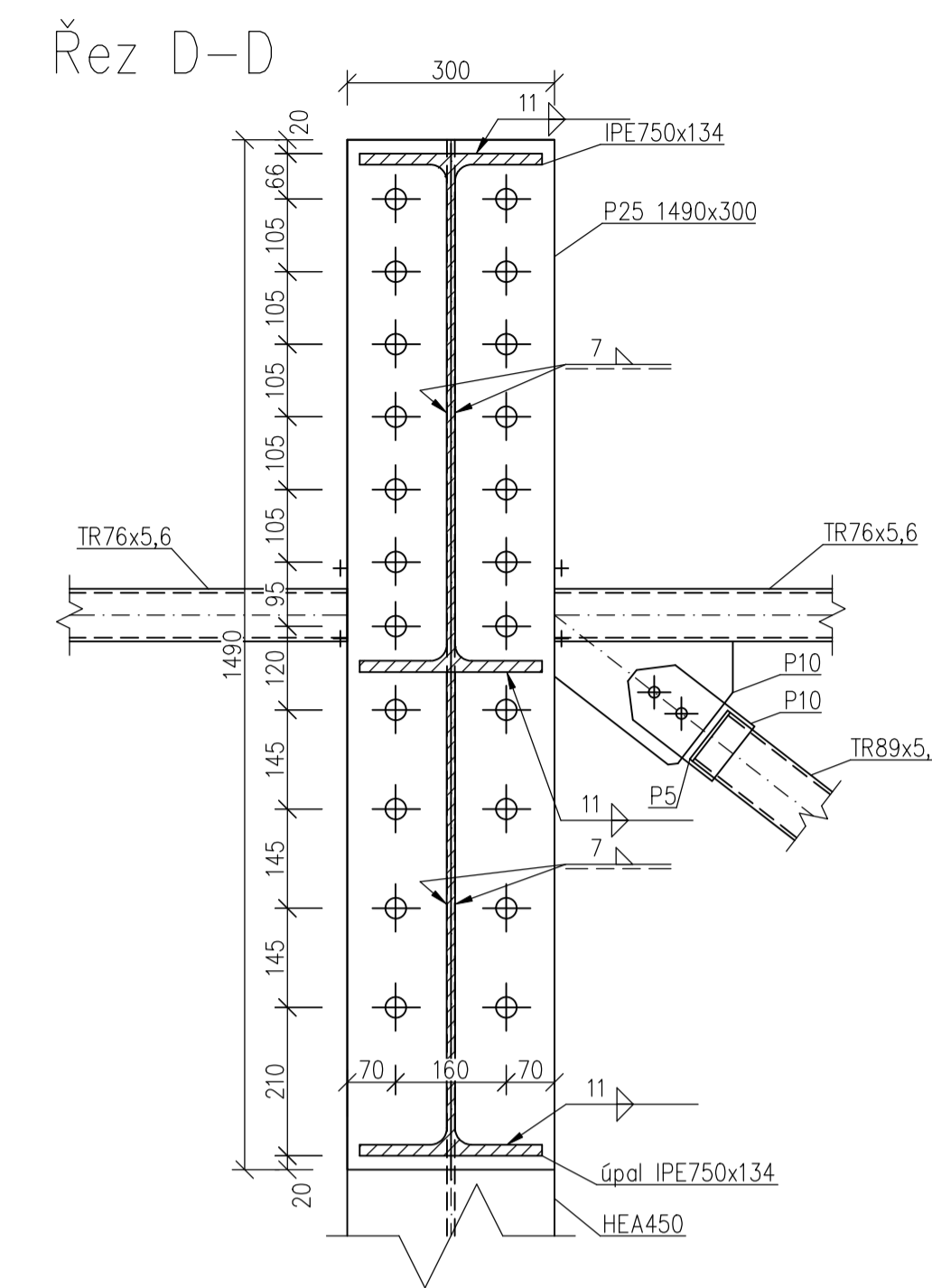
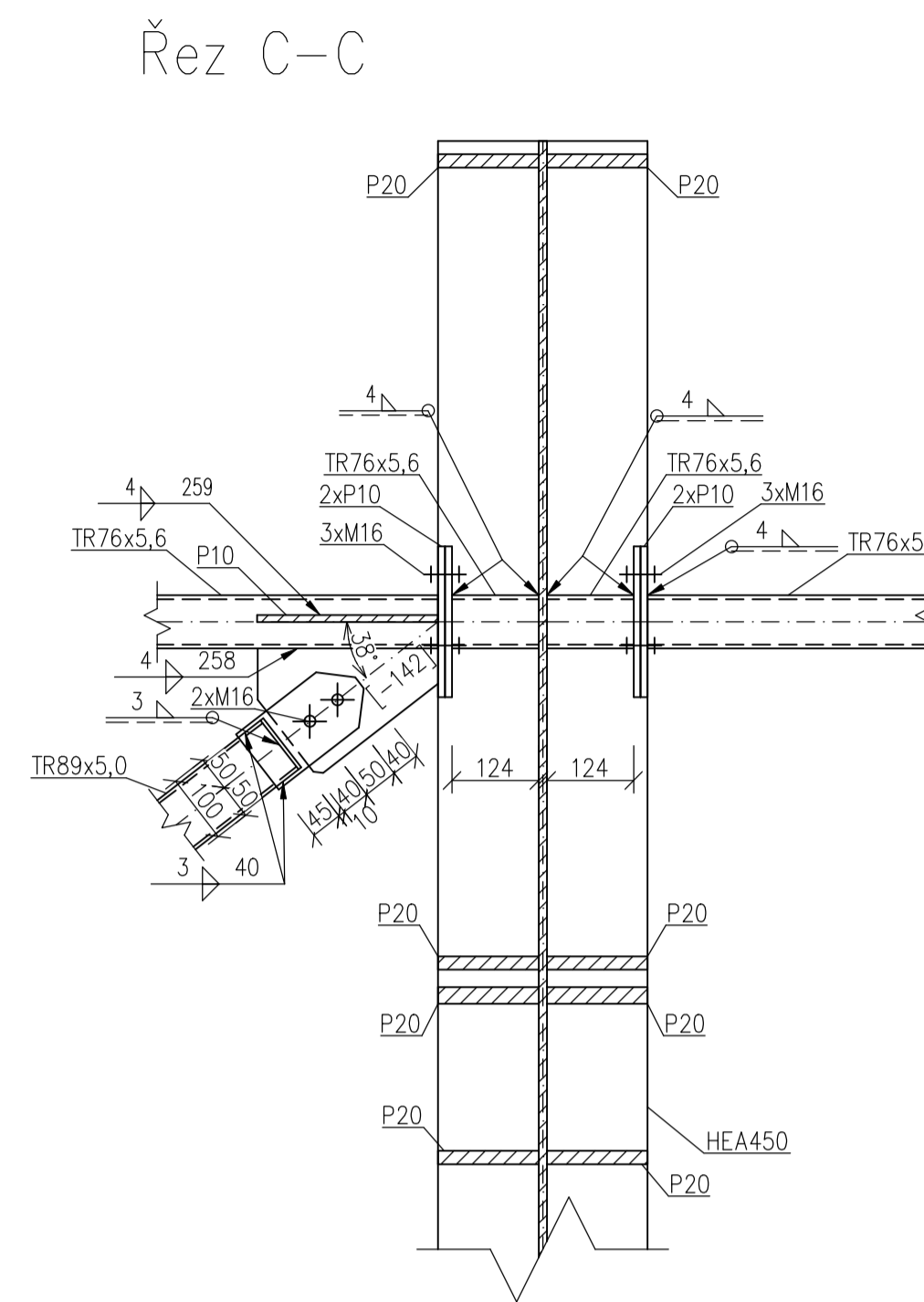
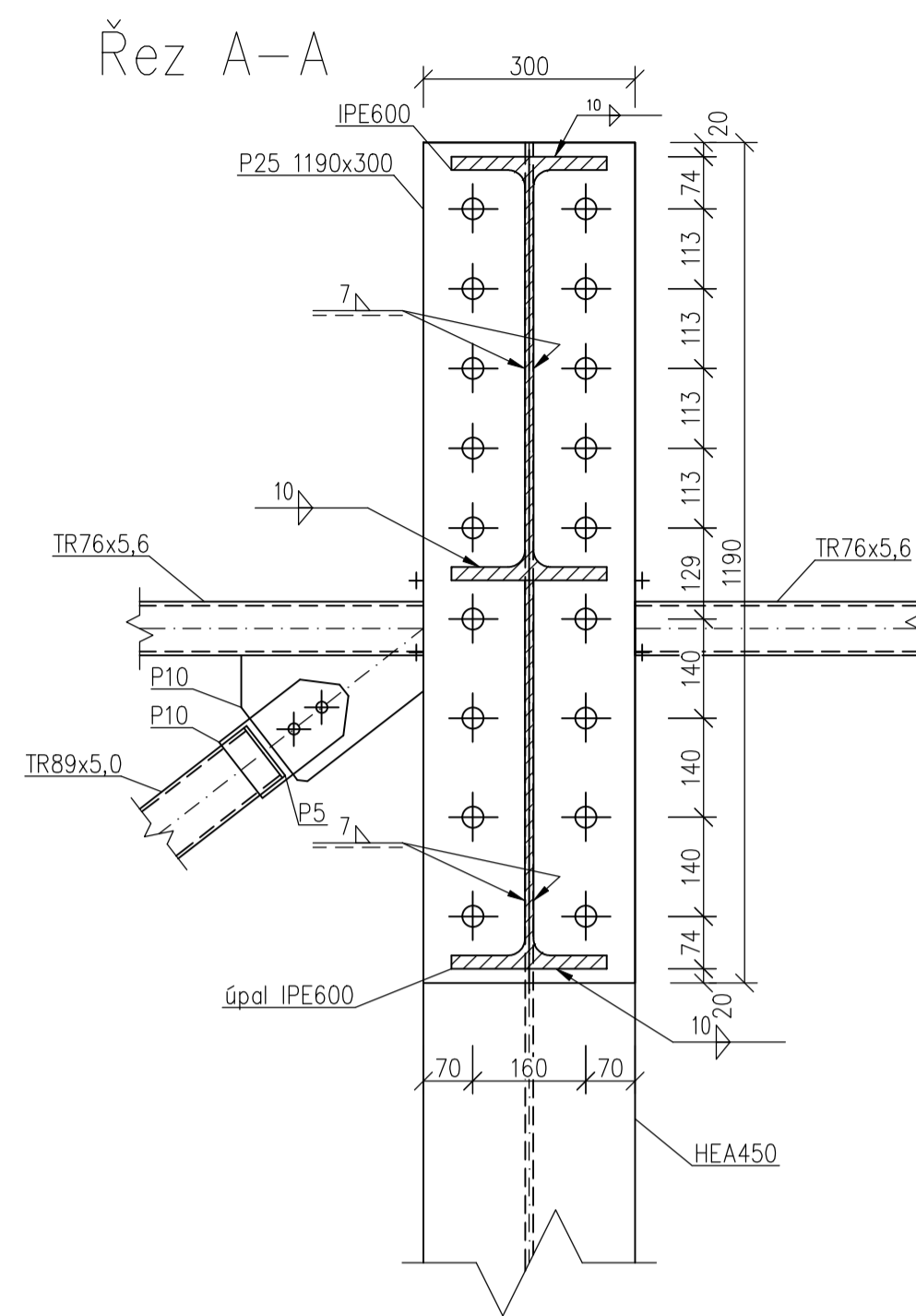
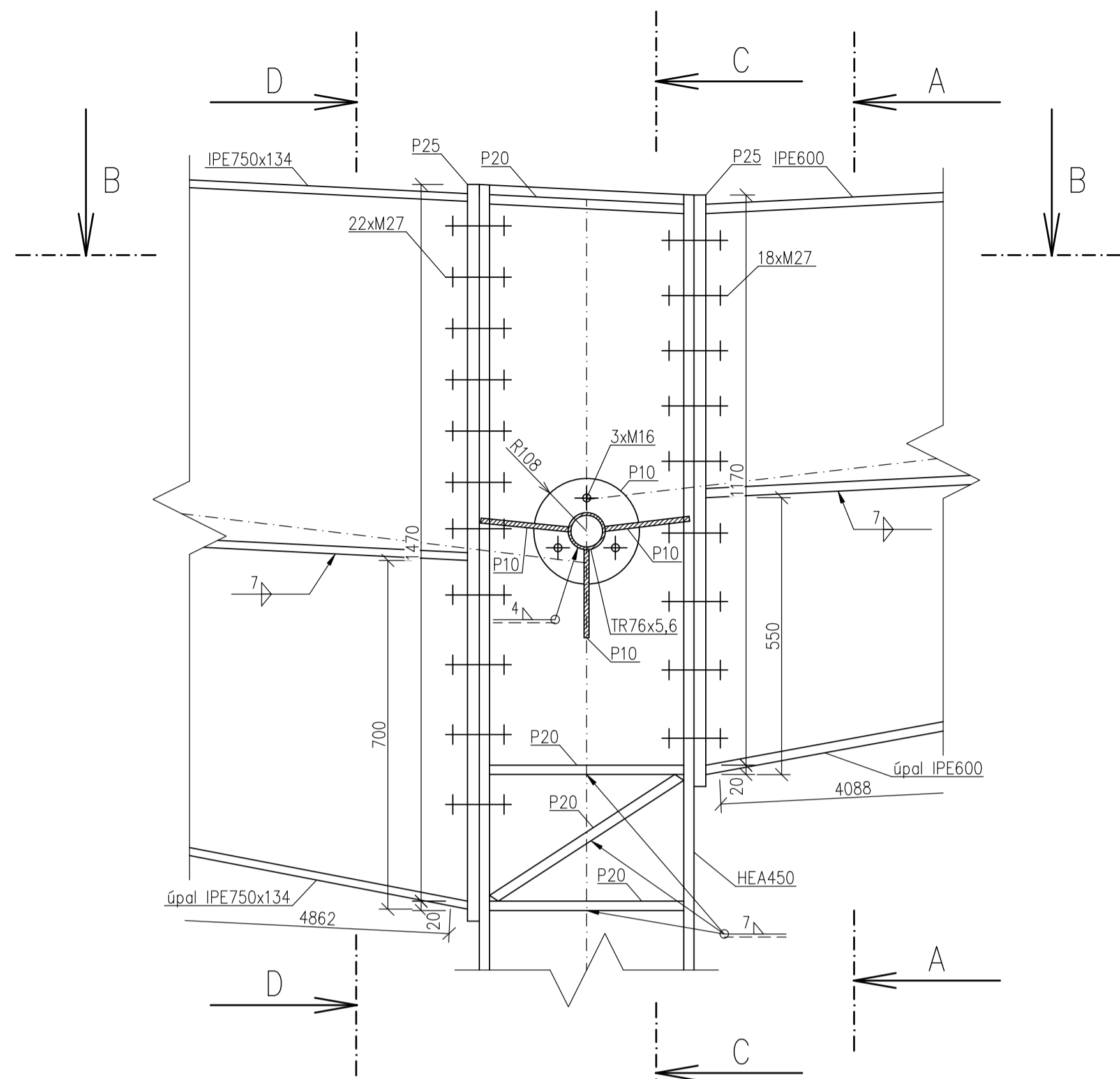
ŘEZ C-C:



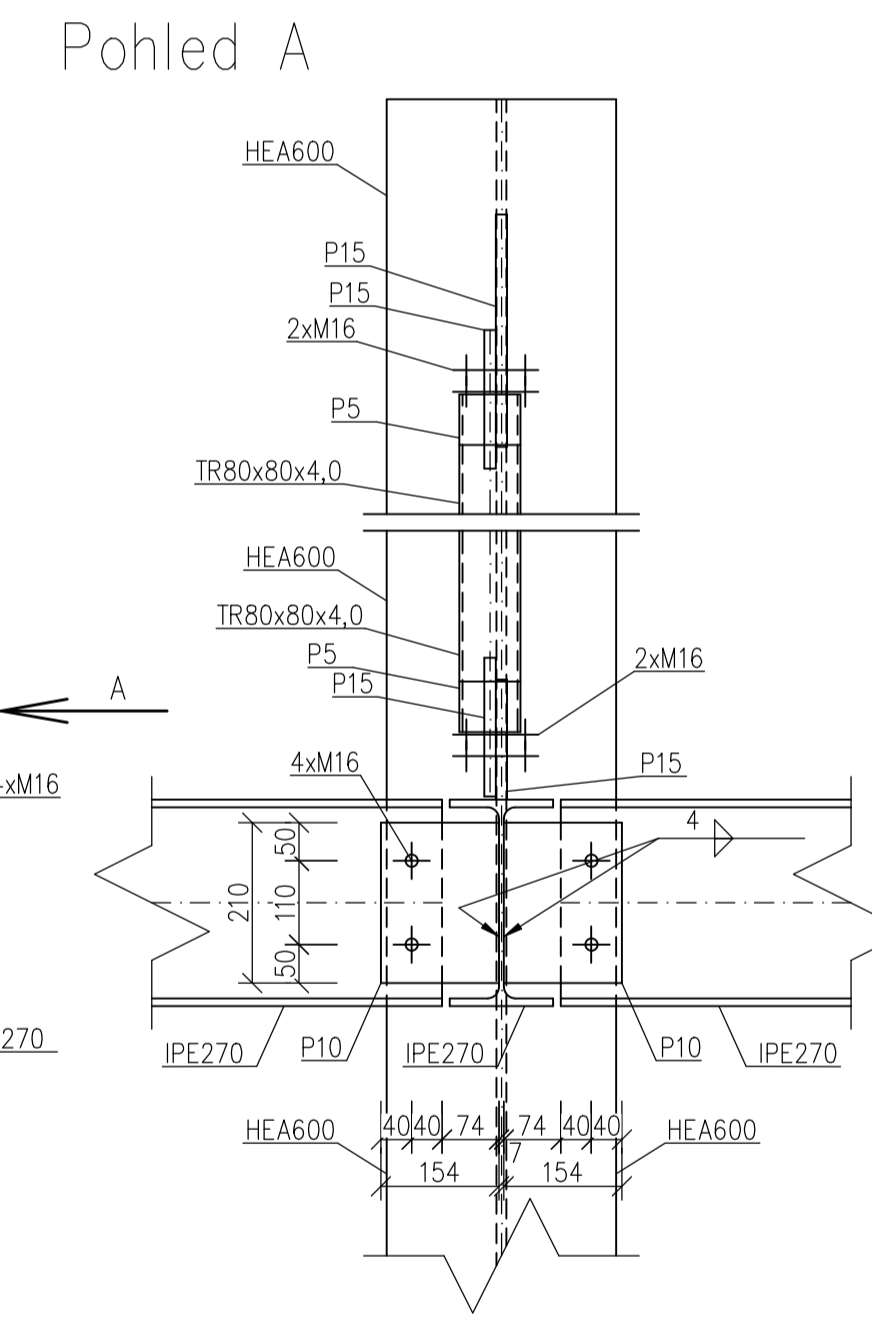
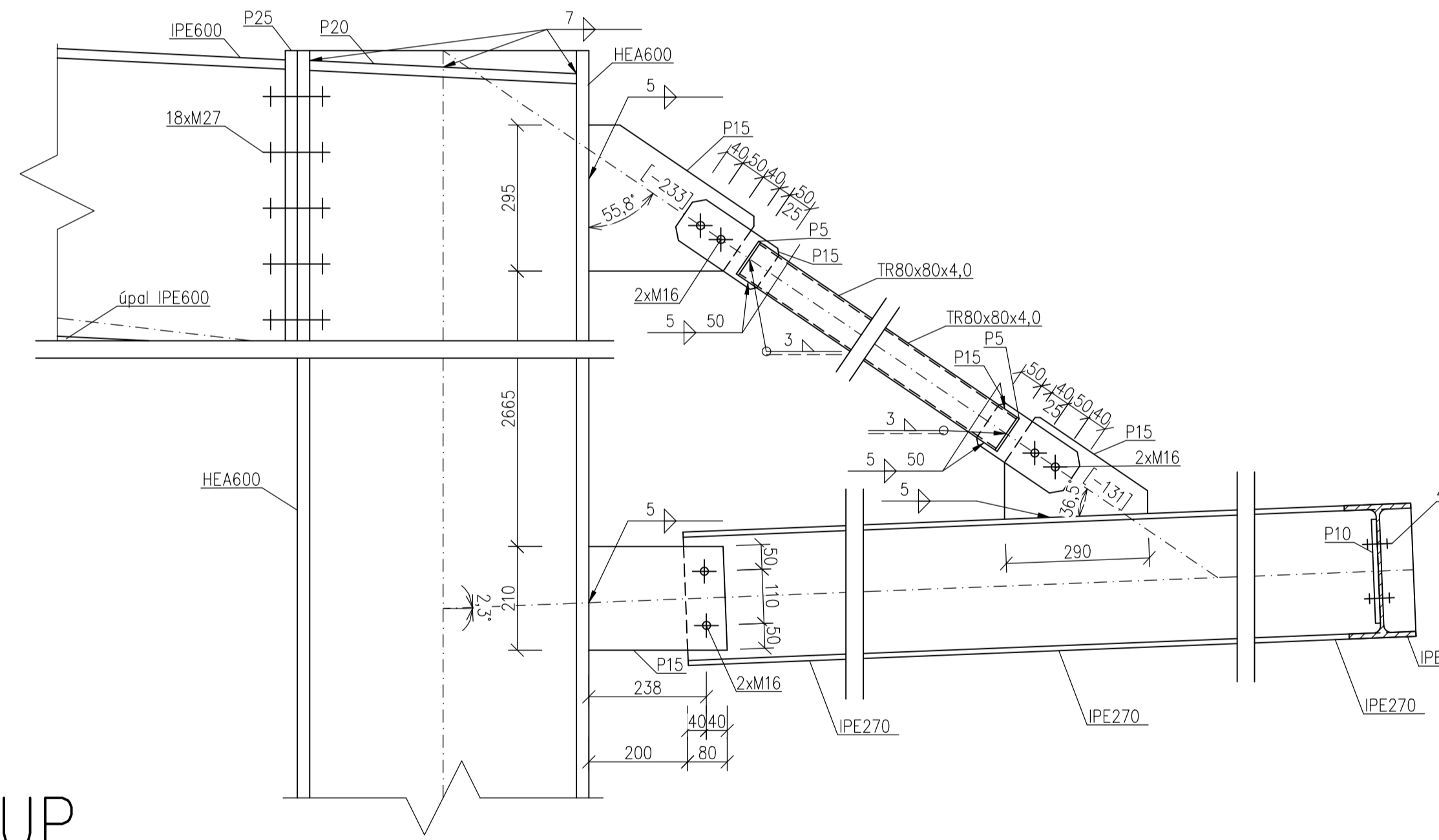
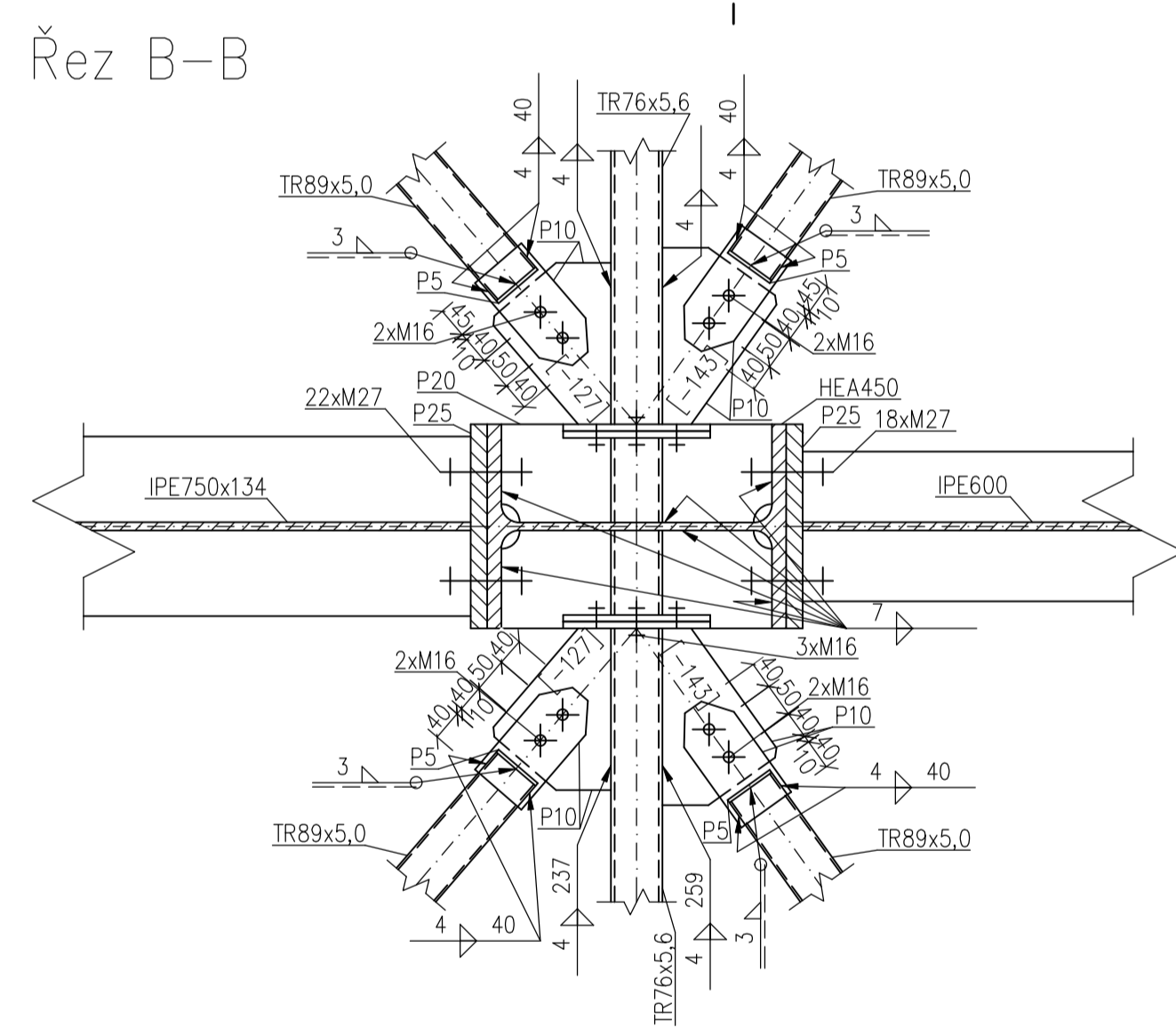
OCEL: S355JR
 ŠROUBY: 8.8
 TRÍDA PROVEDENÍ NOSNÍKŮ JD: EXC2
 TRÍDA PROVEDENÍ OSTATNÍCH OK: EXC2

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT Bc. Lukáš Hozman	VYPRACOVAL Bc. Lukáš Hozman	KONTROLOVAL prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	 FORMÁT: 8x4 / 1 : 5 DATUM: PROSINEC 2023
OBOR: St-C		KATEDRA: k134	
DIPLOMOVÁ PRÁCE Dvoulodňá skladovací hala s mostovými jeřáby			STUPEŇ
OBSAH: D2 - Detail uložení nosníku JD pro 20t jeřáb			ČÍSLO ZAKÁZKY ČÁST PROJEKTU PARÉ ČÍSLO 04

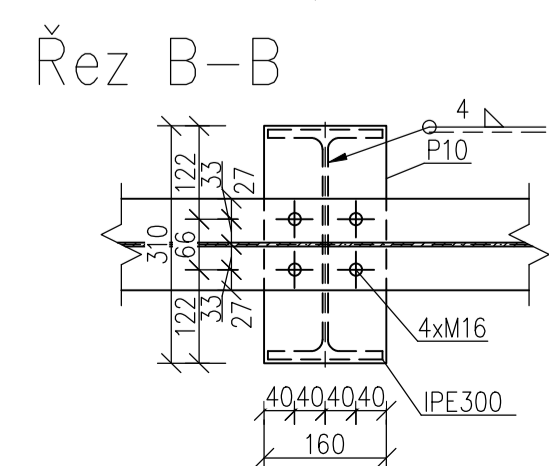
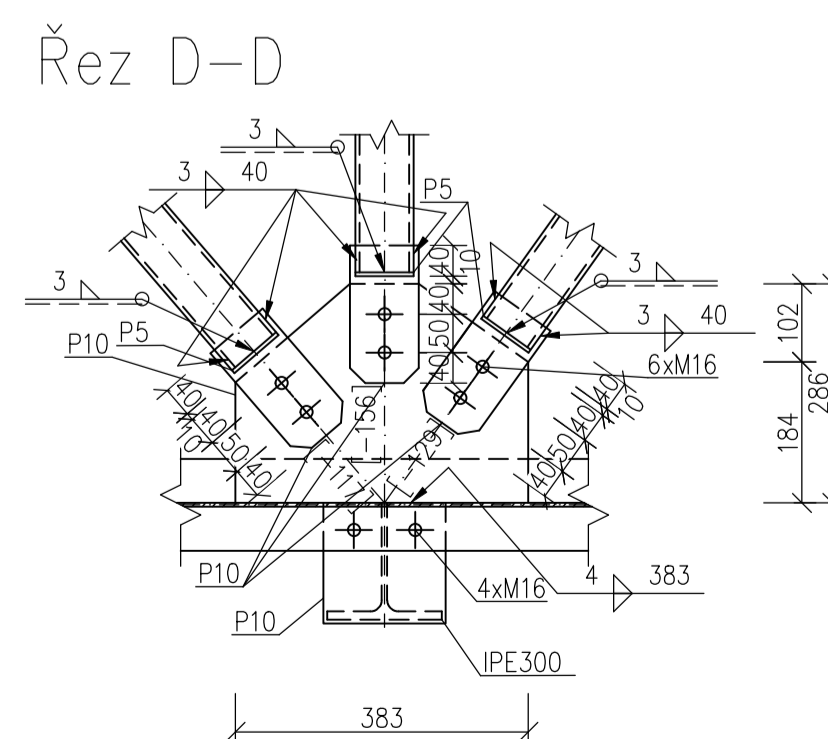
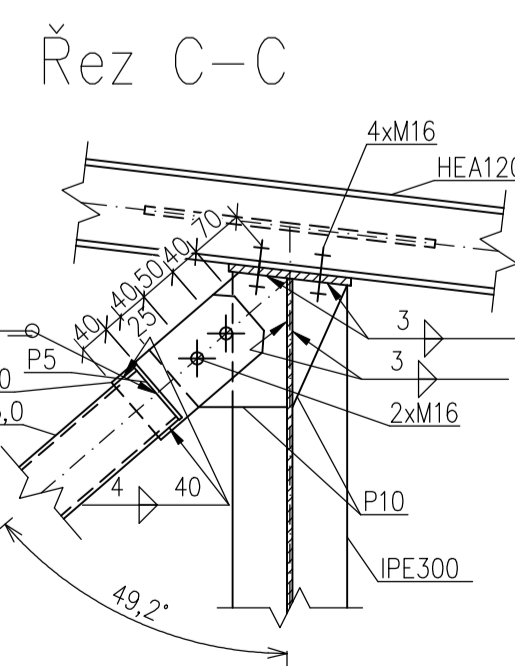
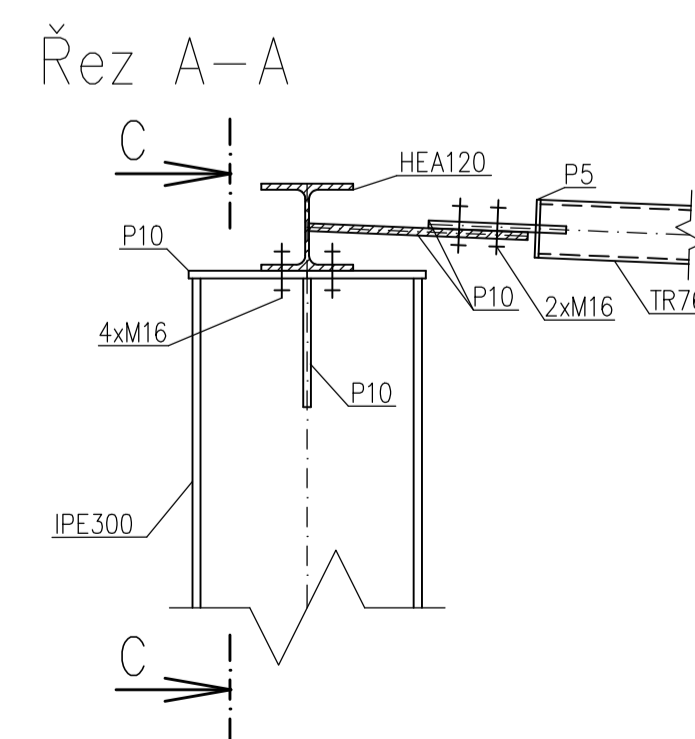
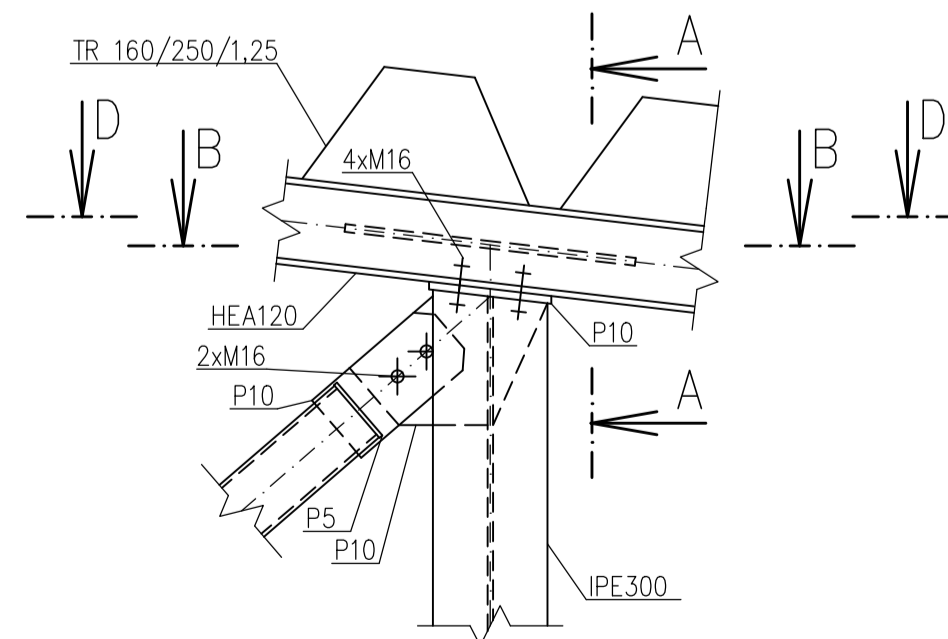
D3 – MOMENTOVÝ PŘÍPOJ K PROSTŘEDNÍMU SLOUPU




D7 – MARKÝZA + VAZNICE MARKÝZY



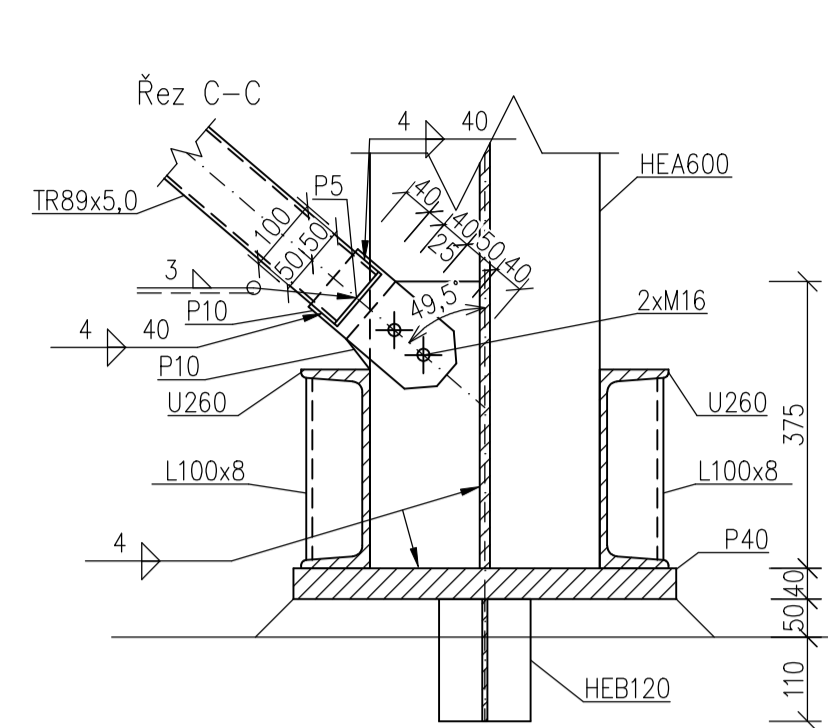
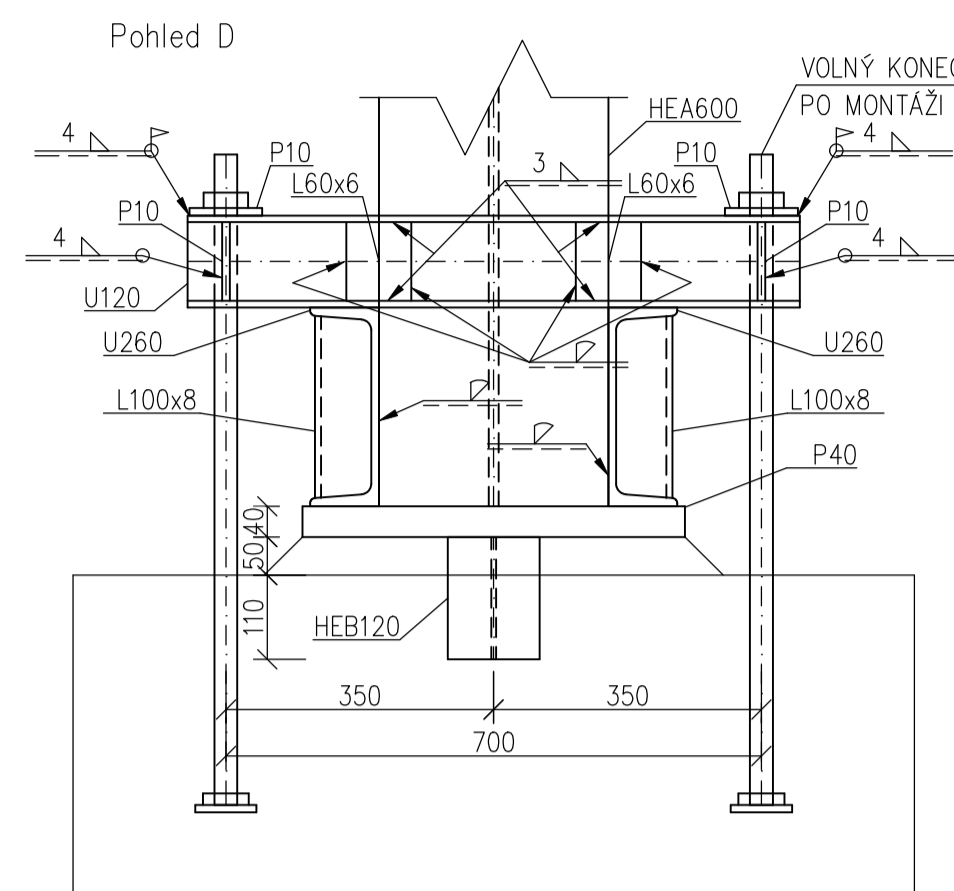
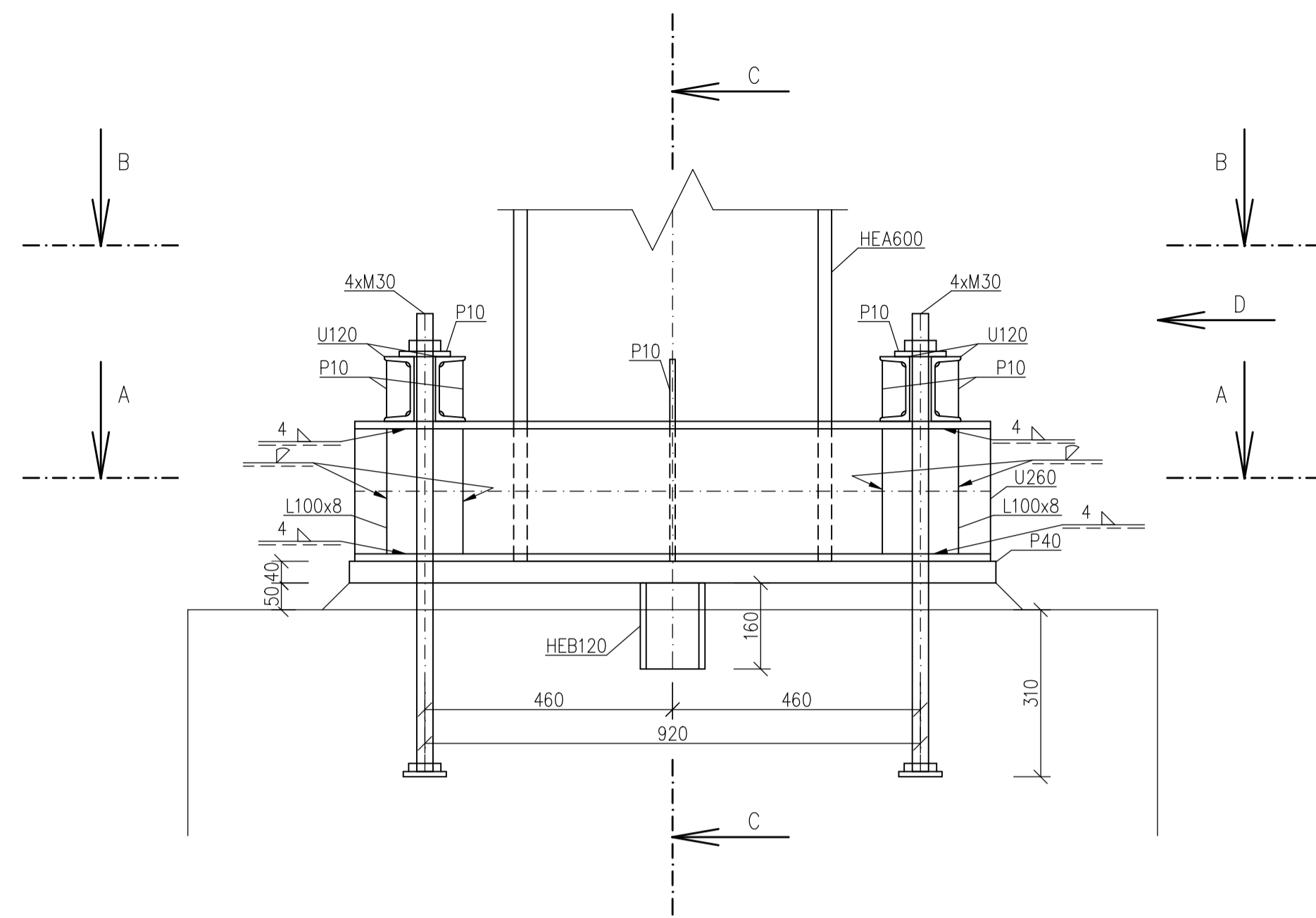
D8 – PŘÍPOJ PŘÍČLE NA ŠTÍTOVÝ SLOUP



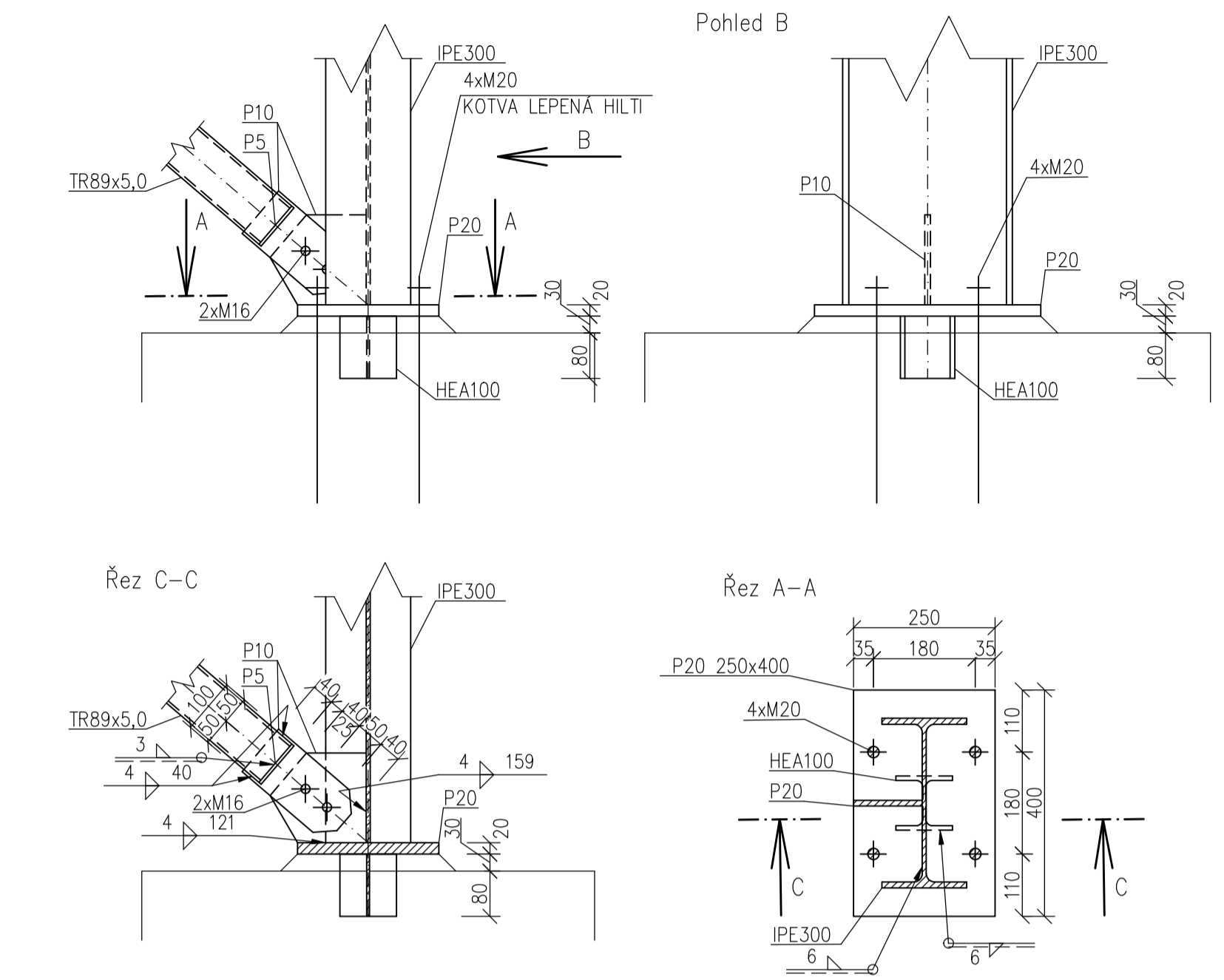
OCEL: S355JR
 ŠROUBY: 8.8
 TŘÍDA PROVEDENÍ OSTATNÍCH OK: EXC2

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT Bc. Lukáš Hozman	VYPRACOVAL Bc. Lukáš Hozman	KONTROLOVAL prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	 FORMÁT: 8xA4 / 1 : 10 DATUM: PROSINEC 2023
OBOR: SI-C		KATEGORIE: k134	
DIPLOMOVÁ PRÁCE Dvoulodní skladovací hala s mostovými jeřáby			ČÁST PROJEKTU: PARÉ ČÍSLO
OBSAH: D3 - Momentový přípoj na prostřední sloup D7 - Markýza + vaznice markýzy D8 - Přípoj příčle na štítový sloup			05

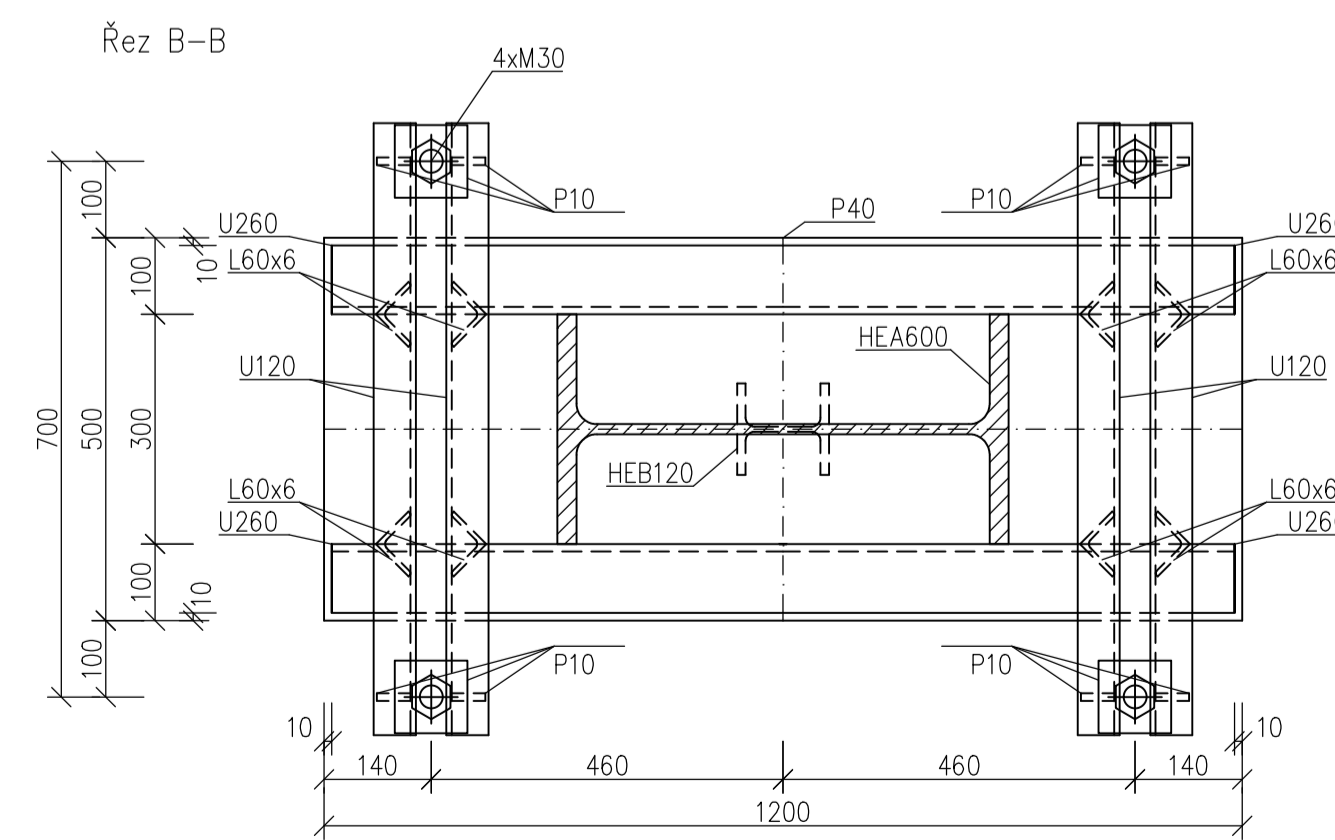
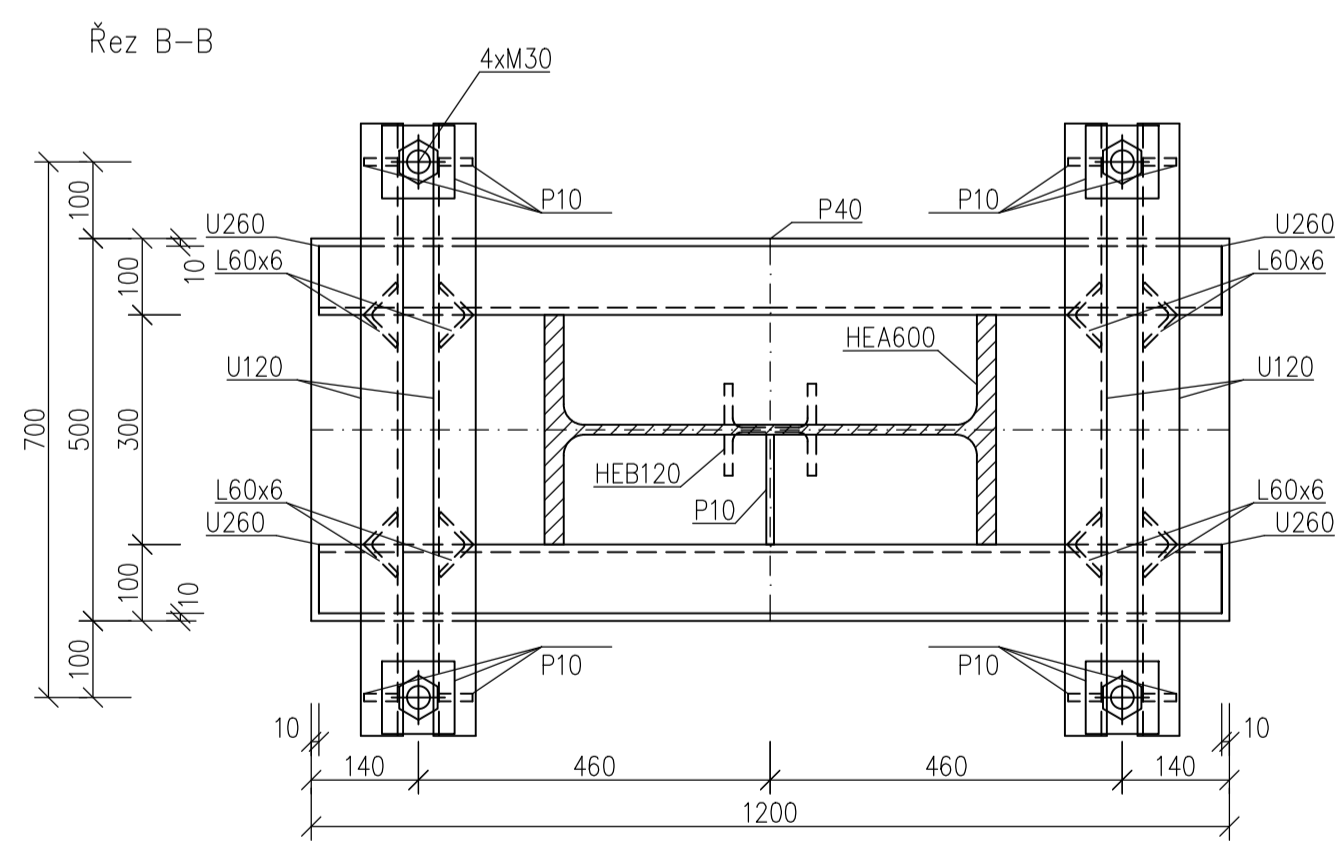
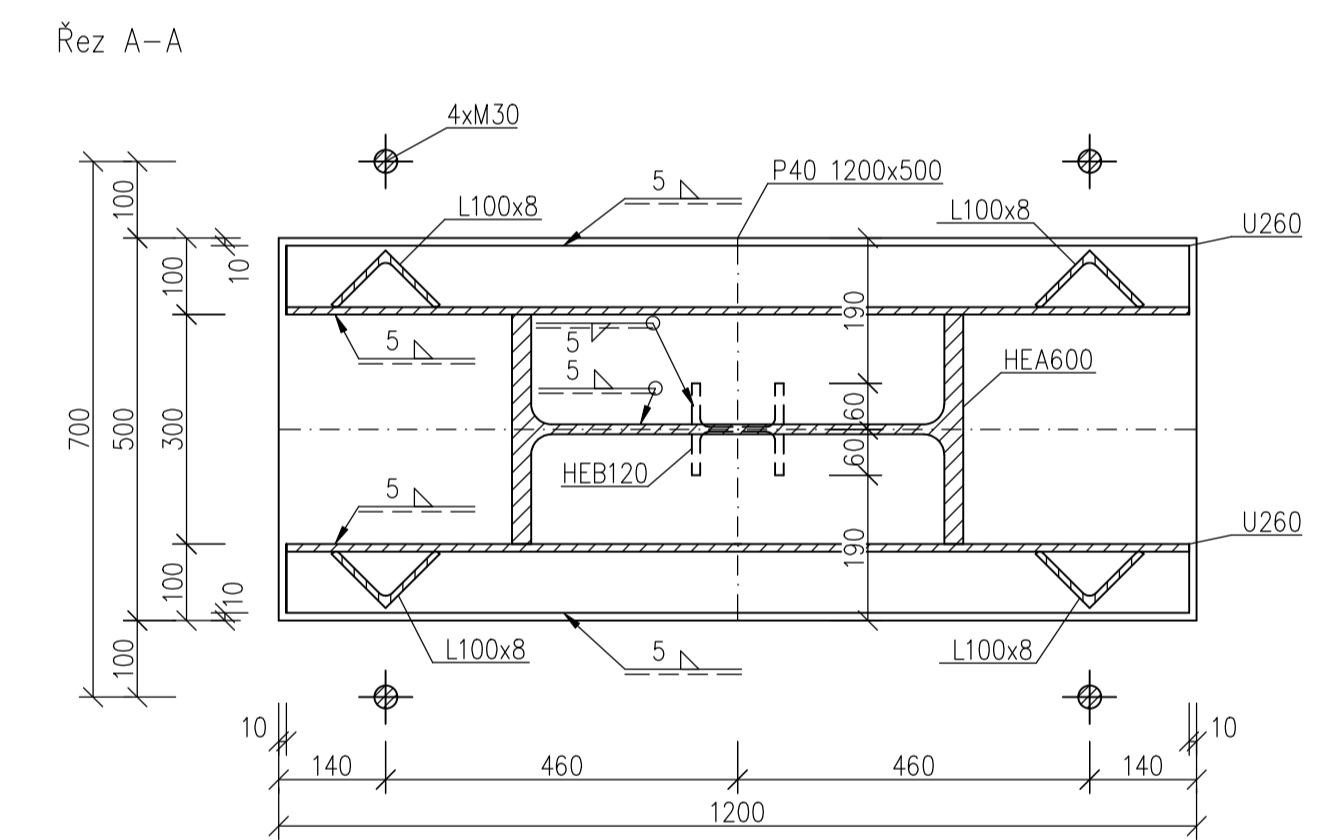
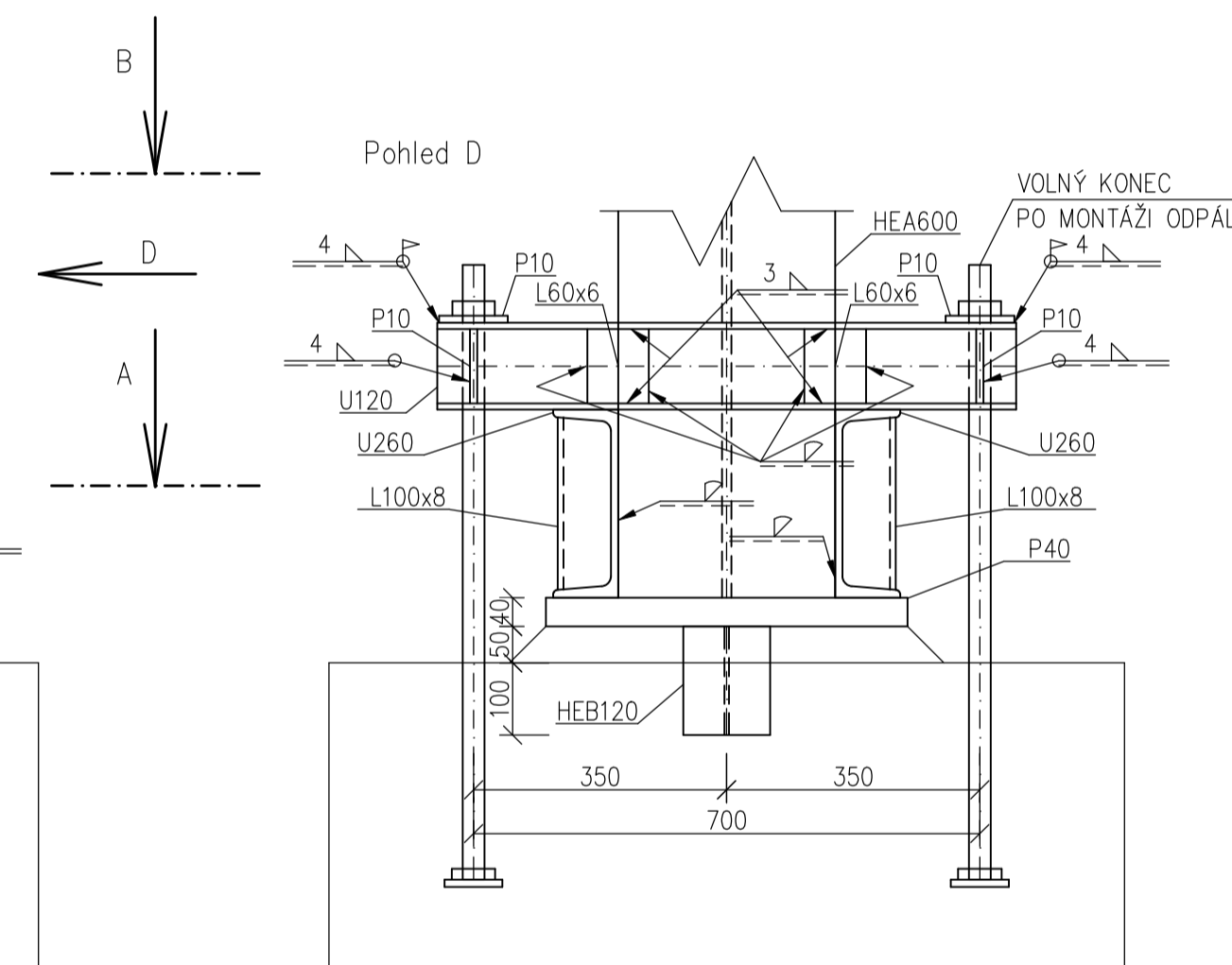
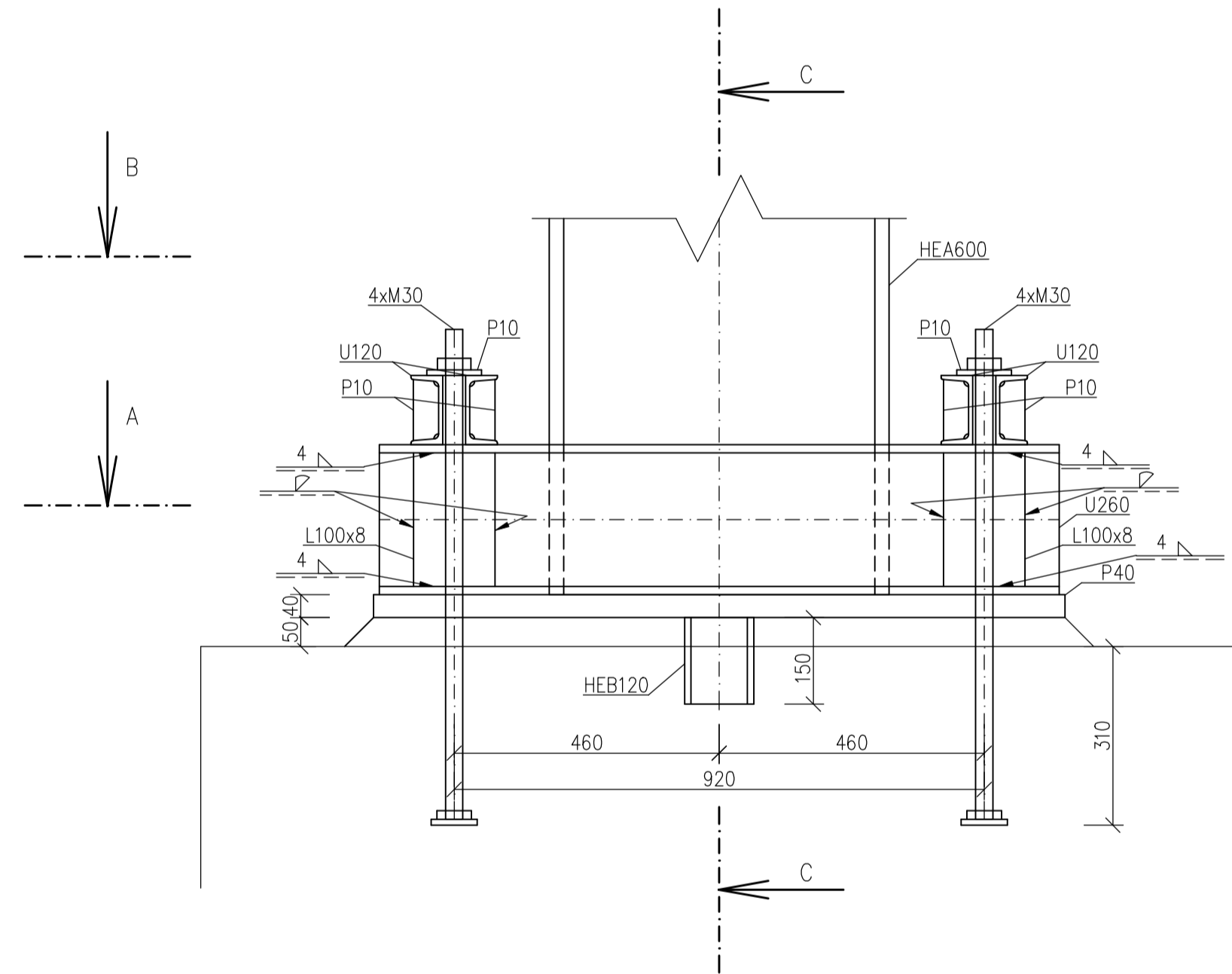
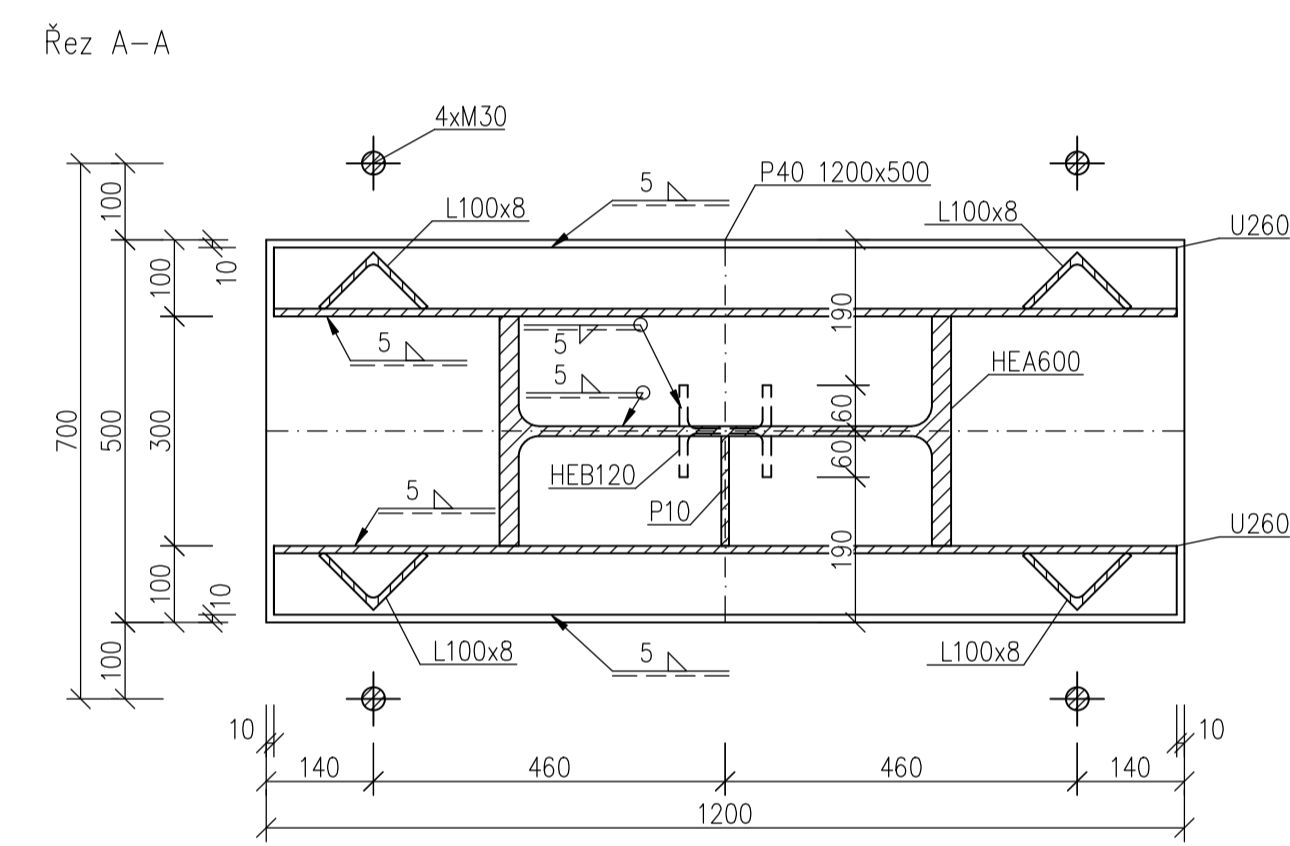
D4 – VETKNUTÁ PATKA SE ZTUŽIDLEM




D6 – KLOUBOVÁ PATKA ŠTÍTOVÉHO SLOUPU SE ZTUŽIDLEM



D5 – VETKNUTÁ PATKA



OCEL: S355JR
 ŠROUBY: 8.8
 TŘÍDA PROVEDENÍ OSTATNÍCH OK: EXC2
 PATKY SLOUPŮ: C20/25

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT Bc. Lukáš Hozman	VYRACOVAL Bc. Lukáš Hozman	KONTROLOVAL prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	 FORMAT: 8xA4 / 1 : 10 DATUM: PROSINEC 2023
OBOR: SI-C		KATEGORIE: k134	
DIPLOMOVÁ PRÁCE Dvoudílní skladovací hala s mostovými jeřáby			STUPEŇ
OBSAH: D4 - Vetknutá patka se ztužidlem D5 - Vetknutá patka D6 - Kloubová patka štítového sloupu se ztužidlem			ČÍSLO ZAKÁZKY ČÁST PROJEKTU PARÉ ČÍSLO 06