

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

ŠESTILODNÍ SKLADOVACÍ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY

SIX-BAY STORAGE HALL WITH OVERHEAD CRANES

2024

Autor práce:	Bc. Michal Peukert
Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce:	prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.
Konzultant práce:	Ing. Alena Zemanová, Ph.D.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Peukert Jméno: Michal Osobní číslo: 484461
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: Šestilodní skladovací hala s mostovými jeřáby
Název diplomové práce anglicky: Six-bay storage hall with overhaed cranes
Pokyny pro vypracování:
Návrh nosné ocelové konstrukce šestilodní 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)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Michal Peukert

Název diplomové práce: Šestilodní skladovací hala s mostovými jeřáby

Základní část: Ocelové konstrukce podíl: 90 %

Formulace úkolů: viz zadání

Podpis vedoucího DP: _____

Datum: 26.9.2023

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: Geotechnika podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Alena Zemanová, Ph.D., K135

Formulace úkolů: Předběžný návrh založení hlavní vazby ocelové haly

Podpis konzultanta: _____

Datum: 21.11.2023

3. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: 21.11.2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací s názvem „Šestilodní skladovací hala s mostovými jeřáby“ vypracoval samostatně a použil k tomu plný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamech zdrojů v závěrečné práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 7.1.2024

Bc. Michal Peukert

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Michalu Janderovi, Ph.D. za veškeré rady, podklady, odborné vedení a taktéž ochotu, kterou mi věnoval.

Dále bych chtěl poděkovat konzultantce části zakládání Ing. Aleně Zemanové, Ph.D. a Ing. Lukášovi Gödrichovi, Ph.D. za rady k mé závěrečné práci.

Anotace

Diplomová práce se zabývá statickým návrhem ocelové konstrukce šestilodní skladovací haly s mostovými jeřáby. V práci byly navrženy prvky hlavní rámové vazby, nosník jeřábové dráhy, štítové sloupy, ztužení konstrukce, paždíky, vaznice, obvodový a střešní plášť. Navrženy jsou také detaily rámových přípojí, vrcholový přípoj příčle, kotvení patek, přípoj štítového sloupu, přípoj ztužidel a přípoj jeřábové dráhy ke sloupu. Součástí je také posouzení založení konstrukce a výkresová dokumentace. Celý návrh je proveden v souladu s platnými Evropskými normami.

Klíčová slova

Skladovací hala, rámová konstrukce, nosná ocelová konstrukce, statický výpočet, založení konstrukce, jeřábová dráha.

Abstract

The Master's Thesis deals with the structural design of a six-bay storage hall steel structure with overhead cranes. In the thesis, elements of the main portal frame, crane runway beams, gable columns, structural bracings, rails, purlins, cladding and roofing were designed. The frame connections, the top flange connection, the footing anchorage, the gable column connection, the bracing connection and the crane runway beam connection to the column were also designed. Also included is the structure foundation design and drawings documentation. The entire design is carried out in accordance with the current European Standards.

Keywords

Storage hall, portal frame, load - bearing steel construction, structural design, foundation of construction, crane runway beam.

Seznam částí a příloh diplomové práce

Část 1. Statický výpočet ocelové konstrukce a technická zpráva

Část 2. Návrh založení konstrukce a technická zpráva

Příloha 1. Výkresová dokumentace

Příloha 2. Výstup z výpočetních programů

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

ŠESTILODNÍ SKLADOVACÍ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY

TECHNICKÁ ZPRÁVA

2024

Autor práce:	Bc. Michal Peukert
Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce:	prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Obsah

1. Základní údaje o projektu	4
1.1 Obecný popis stavby.....	4
1.2. Podklady pro zhotovení projektu	4
1.3. Použitý software	5
2. Materiálové řešení stavby.....	5
3. Konstrukční řešení stavby	5
3.1. Základové konstrukce	5
3.2. Kotvení sloupů.....	6
3.3. Rámová konstrukce	6
3.4. Konstrukce jeřábové dráhy	6
3.5. Štítové sloupy	6
3.6. Ztužení objektu.....	6
3.6.1. Příčná střešní ztužidla	6
3.6.2. Podélná střešní ztužidla	6
3.6.3. Svislá podélná ztužidla.....	7
3.7. Přípoje ztužidel a rámu.....	7
3.8. Opláštění budovy.....	7
3.8.1. Střešní plášť	7
3.8.2. Obvodový plášť.....	7
3.9. Podpůrné prvky opláštění.....	7
3.9.1. Vaznice.....	7
3.9.2. Stěnové paždíky.....	7
4. Zatížení.....	8
4.1. Stálé zatížení	8
4.2. Zatížení jeřábem	8
4.3. Zatížení sněhem.....	8

4.4. Zatížení větrem	8
4.5. Zatížení teplotou.....	8
5. Technologie provádění stavby	9
5.1. Výroba ocelové konstrukce.....	9
5.2. Montáž ocelové konstrukce.....	9
6. Ochrana konstrukce před nepříznivými vlivy.....	9
6.1. Ochrana proti požáru.....	9
6.2. Ochrana proti korozi	9

1 Základní údaje o projektu

1.1 Obecný popis stavby

Jedná se o novostavbu šestilodní skladovací haly s mostovými jeřáby navrženou pro skladování ocelových konstrukčních prvků. Objekt se nachází v městské části Praha 6. Budova má přibližné půdorysné rozměry 75x135 metrů. Výška hřebene je přibližně 11 metrů. Nosná konstrukce je navržena z ocelových válcovaných profilů.

Všechny stavební úpravy budou provedeny na pozemcích investora. Budova bude pomocí přípojek napojena na stávající inženýrské sítě.

1.2 Podklady pro zhotovení projektu

Seznam norem, předpisů, projektových dokumentů a dalších zdrojů, které byly použity při zpracování projektu.

- Projektová dokumentace stavebně architektonického řešení objektu
- ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- ČSN EN 1993: Navrhování ocelových konstrukcí
- ČSN EN 1997: Navrhování geodetických konstrukcí
- ČSN 73 1004: Navrhování základových konstrukcí
- <http://people.fsv.cvut.cz/~xjanderm/teaching.html>
- Jandera, M., Eliášová, M., Vraný, T.: Ocelové konstrukce 1 – Cvičení. ČVUT Praha, 2015.
- Sokol, Z., Wald, F.: Ocelové konstrukce – Tabulky. ČVUT Praha, 2019
- https://construction.arcelormittal.com/medias/sys_master/amc-media/amc-media/hb6/h75/8983909335070/Sendvi-ov-panely-AMC.pdf
- https://construction.arcelormittal.com/medias/sys_master/amc-media/amc-media/h15/he5/8985564086302/Sendvicove-panely-1003-B-PL.pdf
- https://construction.arcelormittal.com/medias/sys_master/amc-media/amc-media/hb0/h1c/9039936913438/Promisol-1003-B-tablice-obciazen.pdf
- https://www.kovprof.cz/sortiment/statikaTR/TR200-420-EN-2013.pdf?_ga=2.82162207.801995547.1703283695-1166730112.1703283695
- <https://adoc.pub/tenkostne-profily-z-c-a-pro-vaznice-a-padiky.html>

1.3 Použitý software

Seznam programů, které byly použity při zpracování projektu.

- Cadkon 2022
- GEO 5 2024 CS
- SCIA Engineer 22.1.
- PTC Mathcad Prime 9.0.0.0
- MS Word
- MS Excel

2 Materiálové řešení stavby

Nosná konstrukce je navržena z válcovaných ocelových HEA a IPE profilů. Ztužení haly je navrženo z kulatých za studena válcovaných trubek TR. Podrobný návrh viz statický výpočet ocelové konstrukce.

- Nosná konstrukce: Ocel S355J0
- Ztužidla a připojovací plechy: Ocel 235JR
- Tenkostěnné vaznice a paždíky: Ocel S350GD
- Šroubové přípoje: šrouby pevnostní třídy 8.8
- Podkladní beton: beton C16/20 XC2 (CZ) – CI 0,2 – D_{max} 16 – S3.
- Základové patky: C25/30 XC2 (CZ) – CI 0,2 – D_{max} 16 – S3.
- Výztuž železobetonových patek: Ocel B500B.

3 Konstrukční řešení stavby

3.1 Základové konstrukce

Základové patky rámové konstrukce jsou z železobetonu. Navržené rozměry patek krajních vetknutých sloupů jsou: 2,8 x 2,0 x 1,25m. Navržené rozměry patek vnitřních kloubových sloupů jsou: 2,0 x 2,0 x 0,85m. Štítové sloupy jsou založeny na základových patkách z prostého betonu o rozměrech: 0,6 x 0,45 x 0,8m. Podkladní vrstva vyztužená KARI sítěmi bude provedena v tloušťce 150mm. Podrobné posouzení a návrh viz část zakládání.

3.2 Kotvení sloupů

Kotvení krajních vetknutých sloupů je navrženo pomocí patního plechu tloušťky 30mm, podélných výztuh UPE400, kotevních příčniců UPE200 a zabetonovaných šroubů M56x4 s kotevní hlavou.

Kotvení vnitřních kloubových sloupů a štítových sloupů je navrženo pomocí patního plechu tloušťky 20mm a mechanických svorníkových kotev FISCHER FAZ II M20.

3.3 Rámová konstrukce

Rámovou konstrukci tvoří krajní sloupy HEA 800, příčel IPE 550 s náběhy IPE 550 o výšce 500mm od úžlabí do poloviny délky příčle. Vnitřní sloupy jsou navrženy z profilu HEA 550. Rámové rohy a vrcholové přípoje příčelí jsou spojeny pomocí plechů tloušťky 25mm a šroubů M20. Rozpony jednotlivých lodí jsou 22,5m a vzdálenost vazeb rámu je 7,5m.

3.4 Konstrukce jeřábové dráhy

Jeřábový nosník je svařenec tvořen z válcovaných profilů HEA 450, dvou L 130x12 a kolejnice JKL 55. Konzolový nosník podírající nosník jeřábový je navržen z profilu HEA 450. Rozpětí jeřábu je 21m.

3.5 Štítové sloupy

Prvky štítových sloupů jsou navrženy s kloubovým přípojem na příčel umožňující vertikální posun příčle. Krajní štítové sloupy S1a a vnitřní štítové sloupy S1b jsou z průřezu IPE 220. Vnitřní štítové sloupy S2 jsou navrženy z průřezu IPE 270 a S3 z průřezu IPE 300. Štítové sloupy jsou vodorovně drženy ve výšce 5475mm prvky TR 89x5mm.

3.6 Ztužení objektu

3.6.1 Příčná střešní ztužidla

Ve střešní rovině jsou navržena 2 příčná střešní ztužidla při krajích a jedno uprostřed objektu. Krajní ztužidla jsou navržena pro přenos zatížení od větru, vnitřní ztužidlo pro stabilizaci konstrukce. Příčné střešní ztužidlo je složeno z diagonály průřezu TR 89x5 a svislice průřezu TR 89x5.

3.6.2 Podélná střešní ztužidla

Ve střešní rovině jsou v každé lodi zabudována podélná střešní ztužidla pro přenos vodorovných sil jeřábu mezi sousední vazby, zatížení větrem a pro prostorovou stabilitu. Ztužidlo je složeno z diagonály průřezu TR 70x5 a svislice průřezu TR 89x5. Ve střešní rovině jsou dále navrženy podélné vodorovné prvky TR 89x5 stabilizující vazby konstrukce.

3.6.3 Svislá podélná ztužidla

Ve všech podélných stěnách jsou umístěna 3 svislá ztužidla pro přenos sil od větru a podélného pojezdu jeřábu. Jsou vždy situována k příčným střešním ztužidlům tak, aby přenášela jejich reakce. Svislé ztužidlo je složeno z horních diagonál D1 průřezu TR 60,3x5, spodních diagonál D2 průřezu TR 108x5 a vodorovného prvku o průřezu TR 114x5,6.

3.7 Přípoje ztužidel a rámu

Přípoje jsou dle namáhání navrženy ze šroubů M16 nebo M20. Styčnickové plechy jsou tloušťky 10mm.

3.8 Opláštění budovy

3.8.1 Střešní plášť

Pro střešní plášť byla zvolena varianta sendvičového panelu Ondatherm 1001-TS 100PU tloušťky 100mm. Střešní plášť je podepírán vaznicemi o rozponu 2,812m od vrcholu do vzdálenosti jednoho rozponu vaznice, dále jsou prvky v rozponech 1,406m.

3.8.2 Obvodový plášť

Pro obvodový plášť byla zvolena varianta sendvičového panelu Promisol 1003-B 100PU tloušťky 100mm. Obvodový plášť je podepírán stěnovými paždíky o rozponu 1,255m.

3.9 Podpůrné prvky opláštění

3.9.1 Vaznice

Navržený tenkostěnný profil průřezu Z270-S. Krajiní vaznice jsou tloušťky 3mm, vnitřní vaznice tloušťky 2,5mm. Rozpon mezi vazbami 7,5m. Rozpon mezi vaznicemi 2,812m/1,406m.

3.9.2 Stěnové paždíky

Navržený tenkostěnný profil průřezu Σ 265-S o tloušťce 2,5mm. Rozpon mezi vazbami 7,5m. Rozpon mezi paždíky 1,255m.

4 Zatížení

Zatížení navrženo dle platných norem pro Českou republiku. Klimatické zatížení bylo určeno dle zeměpisného umístění stavby.

4.1 Stálé zatížení

Zatěžovací stavy jsou uvedeny ve statickém výpočtu. Zatížení od hmotnosti nosné konstrukce bylo automaticky počítáno programem SCIA Engineer 21.1.

4.2 Zatížení jeřábem

Rozpětí jeřábu 21m.
Celková nosnost jeřábu s kladkostrojem 20 t.
Hmotnost jeřábu 18t.
Hmotnost kočky 2t.
Rychlost zdvihu kočky 10 m/s.
Rychlost pojezdu jeřábu 1,33 m/s.

4.3 Zatížení sněhem

Stavba umístěná v městské části Praha 6 náleží do sněhové oblasti I.

4.4 Zatížení větrem

Stavba umístěná v městské části Praha 6 náleží do větrové oblasti II. Vzhledem k umístění stavby a hustějšímu osídlení volím kategorii terénu III.

4.5 Zatížení teplotou

Teplota při montáži $T = 15^{\circ}\text{C}$
Uvažovaná působící teplota na konstrukci: $T_1 = 40^{\circ}\text{C}$
Uvažovaná působící teplota na konstrukci: $T_2 = 0^{\circ}\text{C}$

5 Technologie provádění stavby

5.1 Výroba ocelové konstrukce

Nosník jeřábové dráhy je z hlediska výroby zařazen do třídy provedení EXC3 dle ČSN EN 1090. Ostatní ocelové konstrukce jsou z hlediska výroby zařazeny do třídy provedení EXC2 dle ČSN EN 1090.

5.2 Montáž ocelové konstrukce

Konstrukce bude budována postupně. Nejdříve se vyrovnají a ukotví sloupy do předem vybetonovaných patek. Následně se montují svislá ztužidla a dočasné podpěry pro stabilizaci konstrukce. Pomocí navržených přípojů budou na sloupy namontovány příčle a na příčle budou montovány vodorovné prvky a prvky střešních ztužidel. Jeřábová dráha se osadí na konzoly sloupů a provede se rektifikace jeřábu. Po sestavení hlavní nosné konstrukce budou montovány stěnové paždíky a vaznice, na které bude kladeno opláštění objektu.

6 Ochrana konstrukce před nepříznivými vlivy

6.1 Ochrana proti požáru

Požární odolnost není předmětem návrhu diplomové práce, pro možnost výstavby by bylo nutno stanovit.

6.2 Ochrana proti korozi

Protikorozní ochrana je navržena v souladu s ČSN EN ISO 12944.

Stupeň korozní agresivity: C2 – nízká (prostory s občasnou kondenzací). Předpokládaná životnost (H) > 15 let. Příprava povrchu Sa 21/2 – Otrýskávání. Zvolený nátěrový systém ISO 12944 – 5/A2.02. Požadovaná tloušťka suchého povlaku vrchního nátěru o tloušťce 120 μm. Ocelové profily budou natřeny dílensky 1x základním nátěrem a 1x vrchním nátěrem.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

ŠESTILODNÍ SKLADOVACÍ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY

STATICKÝ VÝPOČET

2024

Autor práce:	Bc. Michal Peukert
Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce:	prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Obsah

1. Zadání	3
2. Schéma dispozice	3
3. Zatížení	4
3.1. Součinitele zatížení	4
3.2. Zatížení sněhem	4
3.3. Zatížení větrem	5
4. Návrh konstrukčních prvků	10
4.1. Střešní plášť	10
4.2. Vaznice	11
4.3. Obvodový plášť	15
4.4. Stěnové paždíky	16
5. Návrh mostového jeřábu	17
5.1. Zadání	17
5.2. Zatížení jeřábové dráhy	18
5.3. Výpočet vnitřních sil jeřábu	24
5.4. Návrh jeřábového nosníku	35
5.5. Posouzení MSP	36
5.6. Posouzení MSÚ	41
5.7. Posouzení MSÚ FAT (ÚNAVA)	53
6. Návrh hlavní vazby haly	57
6.1. Zatěžovací stavy	57
6.2. Kombinace zatěžovacích stavů	63
6.3. Návrh statického schématu	64
6.4. Předběžný návrh průřezů	68
6.5. Prověření deformací na 3D modelu konstrukce	69
6.6. Optimalizace předběžného návrhu	71
6.7. Posouzení MSÚ krajního sloupu	72
6.8. Posouzení MSÚ vnitřního sloupu	81
6.9. Posouzení MSÚ příčle	89
6.10. Návrh a posouzení jeřábové konzoly	95
7. Návrh štítových sloupů	101
7.1. Návrh a posouzení štítového sloupu S1a	101
7.2. Návrh a posouzení štítového sloupu S2	105
7.3. Návrh a posouzení štítového sloupu S3	108
8. Návrh a posouzení ztužidel	111
8.1. Příčné střešní ztužidlo	111
8.2. Svislé podélné ztužidlo	115
8.3. Podélné střešní ztužidlo	120
9. Návrh a posouzení vybraných detailů	123
9.1. Detail D1 - Vnitřní rámový roh	123
9.2. Detail D2 - Krajní rámový roh	133
9.3. Detail D3 - Vrcholový přípoj příčle	142
9.4. Přípoje prvků ztužidel k detailům D1, D2 a D4	150
9.5. Přípoje prvků ztužidel k detailu D3	156

9.6. Detail D5 - Kloubová patka vnitřního sloupu s přípojem ztužidla	161
9.7. Detail D5 - Přípoj diagonály ztužidla a vnitřního sloupu	167
9.8. Detail D7 - kotvení štítových sloupů	170
9.9. Detail D9 - Vetknutá patka krajního sloupu s přípojem ztužidla	174
9.10. Detail D9 - Přípoj diagonály ztužidla a krajního sloupu	189
10. Seznam navržených prvků a komponentů detailů	192
11. Seznam použitých zdrojů	194

- Pozn. Část statického výpočtu byla vyřešena v rámci projektu P04C. Jedná se o výpočet klimatického zatížení (kapitola 3), návrh a posouzení konstrukčních prvků (kapitola 4) a návrh a posouzení nosníku mostového jeřábu (kapitola 5). Tedy strany 1-56.

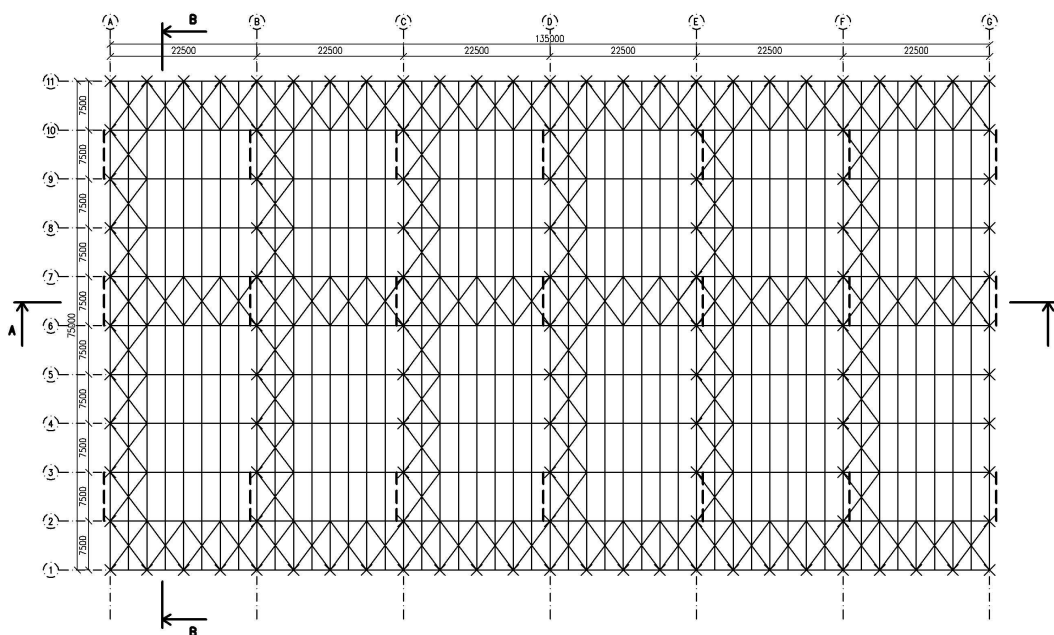
1. Zadání

Šestilodní skladovací hala s mostovými jeřáby

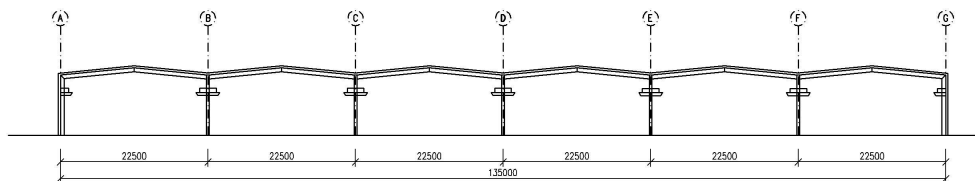
- Umístění: Praha 6
- Přibližné rozměry: 135 x 75 m
- Přibližná výška hřebene: 11 m
- Sklon: $\alpha_{s;1} := 10^\circ = 0.175$
 $\alpha_{s;2} := \alpha_{s;1} = 0.175$

2. Schéma dispozice

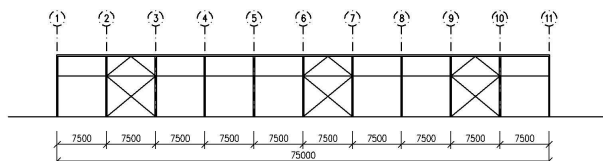
SCHÉMA PŮDORYSU HALY



ŘEZ A-A



ŘEZ B-B



3. Zatížení

3.1. Součinitele zatížení

Stálé zatížení - $\gamma_g := 1.35$

Proměnné zatížení - $\gamma_q := 1.5$

3.2. Zatížení sněhem

Plošné zatížení sněhem

$$\mu_1 := 0.8$$

$$C_e := 1.0$$

$$C_t := 1.0$$

$$s := 0.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ (sněžová oblast I - Praha 6)}$$

$$s_{k;1} := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s = 0.56 \text{ kPa}$$

Plošné zatížení navátého sněhu

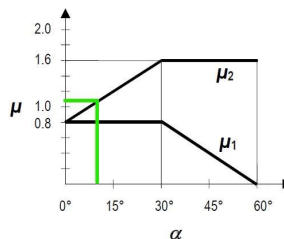
$$\alpha := \frac{(\alpha_{s;1} + \alpha_{s;2})}{2} = 0.175$$

$$\mu_{2;I} := 0.8 + \frac{0.8 \cdot \alpha}{30^\circ} = 1.067$$

$$\mu_{2;II} := 1.067 \text{ (obr.5.1 - ČSN EN 1991-1-3)}$$

$$\mu_2 := \max(\mu_{2;I}, \mu_{2;II}) = 1.067$$

$$s_{k;2} := \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s = 0.747 \text{ kPa}$$



Plošné zatížení vyjimečně navátého sněhu

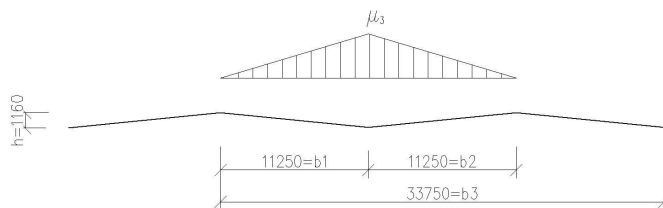
$$\mu_{3;I} := \frac{2 \cdot 1.16}{0.56} = 4.143$$

$$\mu_{3;II} := \frac{2 \cdot 33750}{(11250 + 11250)} = 3$$

$$\mu_{3;III} := 5$$

$$\mu_3 := \min(\mu_{3;I}, \mu_{3;II}, \mu_{3;III}) = 3$$

$$s_{k;3} := \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s = 2.1 \text{ kPa}$$

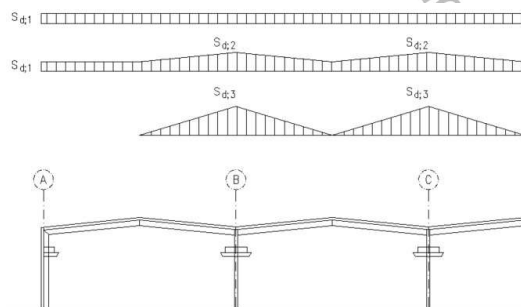


Návrhové hodnoty plošného zatížení sněhem

$$s_{d;1} := s_{k;1} \cdot \gamma_q = 0.84 \text{ kPa}$$

$$s_{d;2} := s_{k;2} \cdot \gamma_q = 1.12 \text{ kPa}$$

$$s_{d;3} := s_{k;3} \cdot \gamma_q = 3.15 \text{ kPa}$$



3.3. Zatížení větrem

Základní rychlost větru

$$c_{dir} := 1.0$$

$$c_{season} := 1.0$$

$$v_{b,0} := 25 \frac{m}{s} \quad (\text{větrná oblast II - Praha 6})$$

Základní tlak větru

$$\rho := 1.25 \frac{kg}{m^3}$$

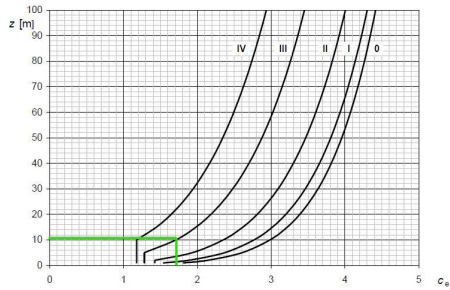
$$q_b(z) := \frac{1}{2} \cdot 1.25 \cdot 25^2 \cdot Pa = 0.391 \text{ kPa}$$

Maximální dynamický tlak

$$v_{b,0} := 1.25 \frac{kg}{m^3}$$

$$h := 11 \text{ m}$$

$$c_e(z) := 1.7 \quad (\text{Součinitel expozice pro kategorii terénu III})$$



$$q_p(z) := c_e(z) \cdot q_b(z)$$

$$q_p(z) := 1.7 \cdot 0.391 \text{ kPa} = 0.665 \text{ kPa}$$

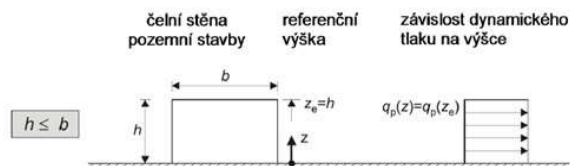
3.3.1 Stěny svíslé - Vítr příčný

$$d_{w;p} := 135 \text{ m}$$

$$b_{w;p} := 75 \text{ m}$$

$$h_r := 11 \text{ m}$$

$$h_r \leq b_{w;p}$$



$$\frac{h_r}{d_{w;p}} = 0.081$$

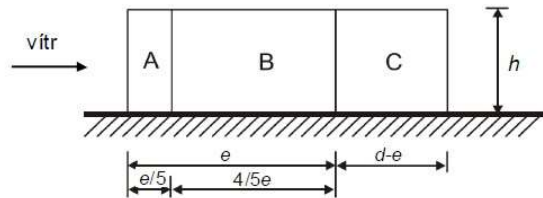
Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	W_e [kPa]
A	-1,2	0,665	-0,798
B	-0,8	0,665	-0,532
C	-0,5	0,665	-0,333
D	0,7	0,665	0,466
E	-0,3	0,665	-0,200

$e_{w;p} := \min(b_{w;p}, 2 \cdot h_r) = 22 \text{ m}$ Pohled pro $e < d$

$A_{s;p} := \frac{e_{w;p}}{5} = 4.4 \text{ m}$

$B_{s;p} := \frac{4 \cdot e_{w;p}}{5} = 17.6 \text{ m}$

$C_{s;p} := d_{w;p} - e_{w;p} = 113 \text{ m}$



3.3.2 Stěny svislé - Vítr podélný

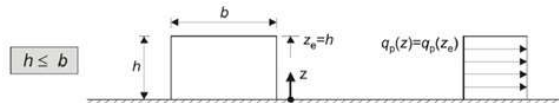
$d_{w;d} := 75 \text{ m}$

$b_{w;d} := 135 \text{ m}$

$h_r := 11 \text{ m}$

$h_r \leq b_{w;d}$

čelní stěna pozemní stavby referenční výška závislost dynamického tlaku na výšce



$\frac{h_r}{d_{w;d}} = 0.147$

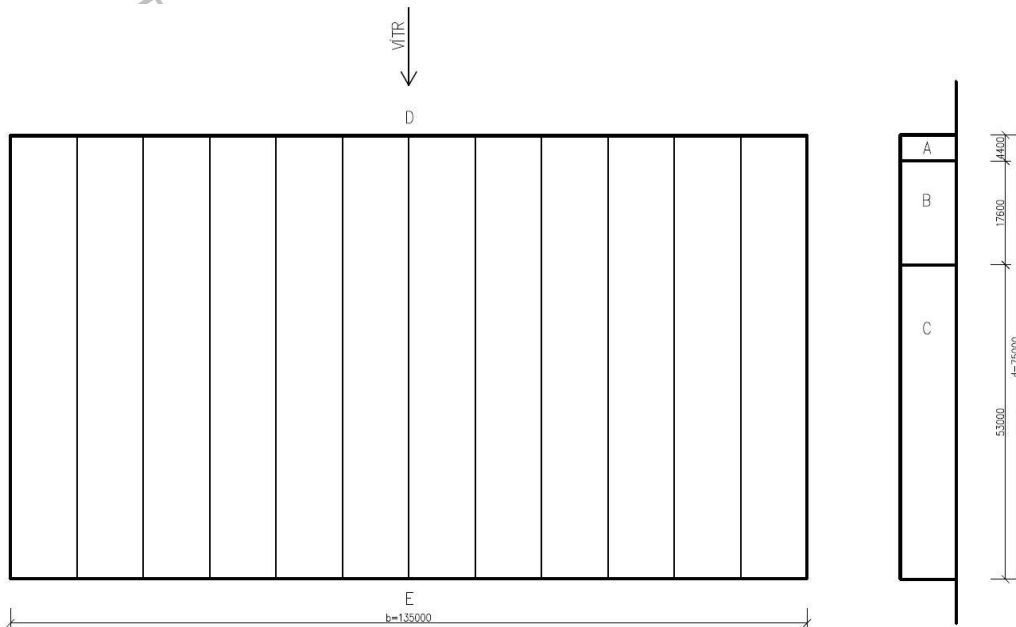
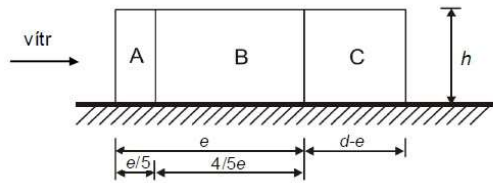
Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	W_e [kPa]
A	-1,2	0,665	-0,798
B	-0,8	0,665	-0,532
C	-0,5	0,665	-0,333
D	0,7	0,665	0,466
E	-0,3	0,665	-0,200

$e_{w;d} := \min(b_{w;d}, 2 \cdot h_r) = 22 \text{ m}$ Pohled pro $e < d$

$A_{w;d} := \frac{e_{w;d}}{5} = 4.4 \text{ m}$

$B_{w;d} := \frac{4 \cdot e_{w;d}}{5} = 17.6 \text{ m}$

$C_{w;d} := d_{w;d} - e_{w;d} = 53 \text{ m}$

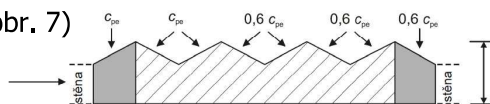


3.3.3 Střecha - Vítr příčný ($\theta = 0^\circ$)

$\alpha := 10^\circ$

- První hodnoty C_{pe} pro střechu pultovou (obr. 7)

Sání:



Oblast	$C_{pe,10}$	$q_{p(z)}$ [kPa]	W_e [kPa]
F _{pultová}	-1,30	0,665	-0,865
G _{pultová}	-1,00	0,665	-0,665
H _{pultová}	-0,45	0,665	-0,299
H _{sedlová}	-0,85	0,665	-0,565
I _{sedlová}	-0,55	0,665	-0,366
J _{sedlová}	-0,65	0,665	-0,432

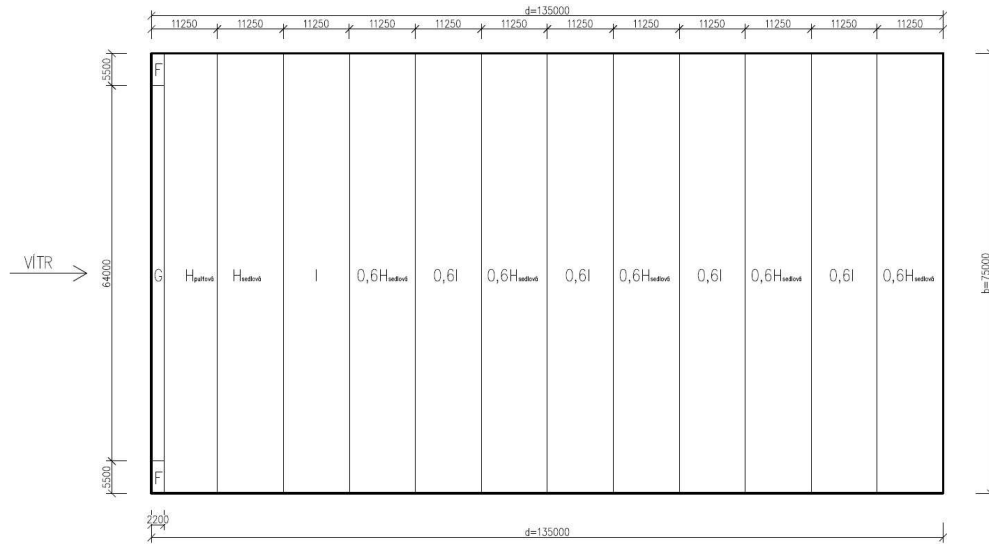
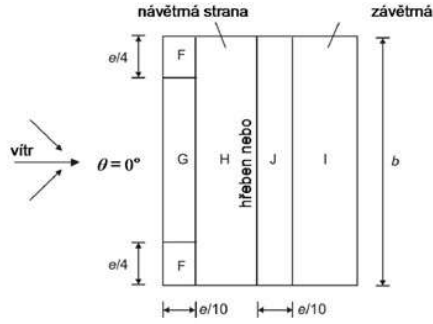
Tlak:

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_{p(z)}$ [kPa]	W_e [kPa]
F	0,10	0,665	0,067
G	0,10	0,665	0,067
H	0,10	0,665	0,067
I	0,0	0,665	0,000
J	0,10	0,665	0,067

$$e_{r;p} := \min(b_{w;p}, 2 \cdot h_r) = 22 \text{ m}$$

$$\frac{e_{r;p}}{4} = 5.5 \text{ m}$$

$$\frac{1}{10} e_{r;p} = 2.2 \text{ m}$$



3.3.4 Střecha - Vítr podélný ($\theta = 90^\circ$)

$$\alpha := 10^\circ$$

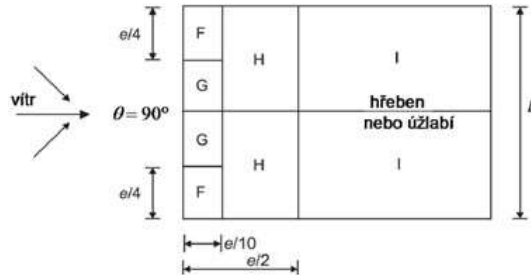
Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	W_e [kPa]
F	-1,45	0,665	-0,964
G	-1,30	0,665	-0,865
H	-0,65	0,665	-0,432
I	-0,55	0,665	-0,366
J	0,0	0,665	0,000

$$e_{r;d} := \min(b_{w;d}, 2 \cdot h_r) = 22 \text{ m}$$

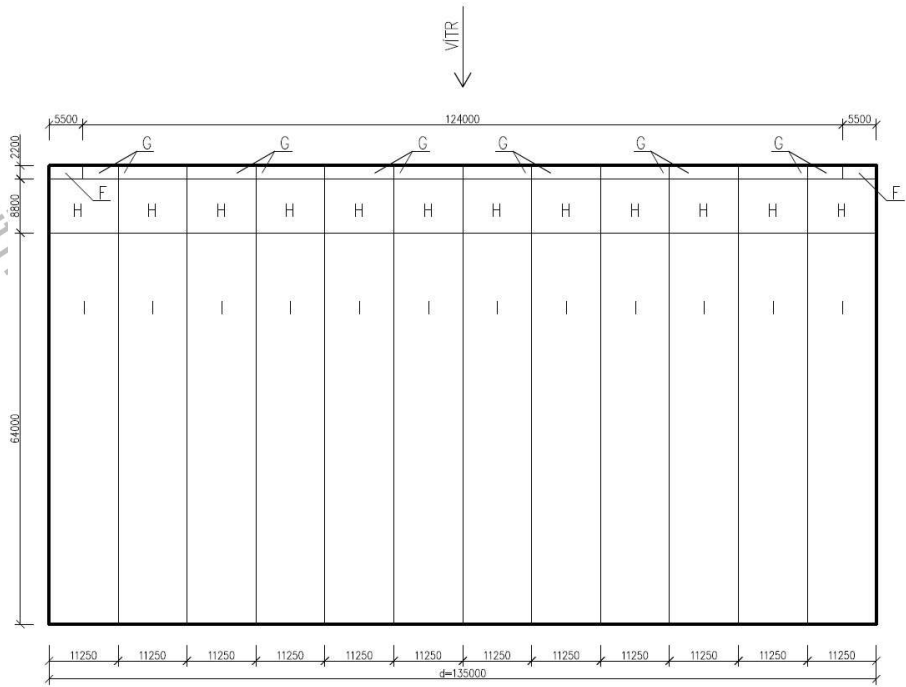
$$\frac{e_{r;d}}{4} = 5.5 \text{ m}$$

$$\frac{1}{10} e_{r;d} = 2.2 \text{ m}$$

$$\frac{e_{r;d}}{2} = 11 \text{ m}$$



Created with



4. Návrh konstrukčních prvků

4.1. Střešní plášť

4.1.1. Varianta 1 - Vysoký trapézový plech

Návrh : TR 200/420 tl. 0.88 mm (Kovové profily, spol. s.r.o.) + tepelná izolace tl. 120mm

- Max. výrobní rozměry l = 13.5 m
- Rozpon mezi vazbami b = 7.5 m
- Navrženo jako prostý nosník

- Návrhové zatížení sněhem $s_{d,3} = 3.15 \frac{kN}{m^2}$

- Max. návrhové zatížení větrem $w_{ed;F;t} := -0.964 \cdot \gamma_q \frac{kN}{m^2} = -1.446 \frac{kN}{m^2}$

$w_{ed;F;p} := 0.067 \gamma_q \frac{kN}{m^2} = 0.101 \frac{kN}{m^2}$

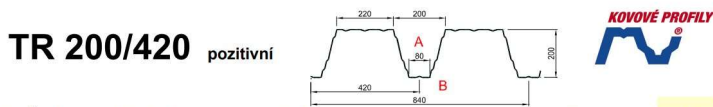
- Vlastní tíha trapézového plechu $g_{tr;d} := \gamma_g \cdot 0.067 \frac{kN}{m^2} = 0.09 \frac{kN}{m^2}$

- Vlastní tíha izolantu $g_{ti;d} := \gamma_g \cdot 0.05 \frac{kN}{m^2} = 0.068 \frac{kN}{m^2}$

Celkové zatížení od stálého zatížení, tlaku větru a sněhu

$$f_{d,1} := g_{tr;d} + g_{ti;d} + w_{ed;F;p} + s_{d,3} = 3.408 \frac{kN}{m^2}$$

Návrhová hodnota únosnosti při šířce podpory min. 40mm a rozponu 7.5 m



TR 200/420 pozitivní

$\gamma_{Mo} = 1,00$

Deformace = L/200

t_k [mm]	g [kg/m ²]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m ²]																					
		Rozpětí [m]																					
0,75	10,71	q_{Ed}	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	9,25	9,50	9,75	10,00
		q_{Ed}	4,08	3,71	3,38	3,09	2,84	2,62	2,42	2,24	2,08	1,94	1,82	1,70	1,60	1,50	1,41	1,33	1,26	1,19	1,13	1,07	1,02
0,88	12,57	q_{Ed}	5,23	4,74	4,32	3,95	3,63	3,35	3,09	2,87	2,67	2,49	2,32	2,18	2,04	1,92	1,81	1,71	1,61	1,53	1,45	1,38	1,31
		q_{Ed}	4,14	3,97	3,71	3,47	3,29	3,12	2,98	2,87	2,79	2,71	2,63	2,55	2,47	2,40	2,32	2,24	2,16	2,08	2,00	1,92	1,84
1,00	14,29	q_{Ed}	6,10	5,53	5,04	4,61	4,24	3,90	3,61	3,35	3,11	2,90	2,71	2,54	2,38	2,24	2,11	1,99	1,88	1,78	1,69	1,60	1,53
		q_{Ed}	4,78	4,11	3,58	3,13	2,78	2,44	2,17	1,93	1,73	1,56	1,41	1,28	1,16	1,06	0,97	0,89	0,82	0,75	0,69	0,64	0,60
1,13	16,14	q_{Ed}	7,07	6,42	5,85	5,35	4,91	4,53	4,19	3,88	3,61	3,36	3,14	2,94	2,76	2,60	2,45	2,31	2,18	2,07	1,96	1,86	1,77
		q_{Ed}	5,42	4,68	4,07	3,56	3,13	2,77	2,47	2,20	1,97	1,78	1,61	1,45	1,32	1,21	1,10	1,01	0,93	0,86	0,79	0,73	0,68
1,25	17,86	q_{Ed}	8,05	7,30	6,65	6,09	5,59	5,15	4,76	4,42	4,11	3,83	3,58	3,35	3,14	2,96	2,78	2,63	2,48	2,35	2,23	2,12	2,01
		q_{Ed}	6,00	5,18	4,51	3,94	3,47	3,07	2,73	2,44	2,19	1,97	1,78	1,61	1,46	1,34	1,22	1,12	1,03	0,95	0,87	0,81	0,75
1,50	21,43	q_{Ed}	10,66	9,67	8,81	8,06	7,40	6,82	6,31	5,85	5,44	5,07	4,74	4,44	4,16	3,91	3,69	3,48	3,29	3,11	2,95	2,80	2,66
		q_{Ed}	8,42	7,16	6,23	5,52	4,92	4,34	3,83	3,37	2,94	2,64	2,37	2,14	1,94	1,77	1,61	1,47	1,35	1,24	1,14	1,05	0,98

$$q_{d,2} := 1.54 \frac{kN}{m^2}$$

Posouzení

$$f_{d,1} = 3.408 \frac{kN}{m^2} \leq q_{d,2} := 1.54 \frac{kN}{m^2} \rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

4.1.2. Varianta 2 - Sendvičový panel

Návrh : Sendvičový panel Ondatherm 1001 TS - 100 PU

- Rozpon mezi vaznicemi ve vrcholu $b_{sp,v} := 2.813 \text{ m}$
- Rozpon mezi vaznicemi v úžlabí $b_{sp,u} := 1.406 \text{ m}$
- Navrženo jako spojitý nosník
- Návrhové zatížení sněhem $s_{d,1} = 0.84 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
- $s_{d,3} = 3.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
- Max. návrhové zatížení větrem $w_{ed;F;t} := -0.964 \cdot \gamma_q \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = -1.446 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Návrhová hodnota únosnosti pro spojitě uložení

Ondatherm 1001 TS - 100 PU

Schemat statyczny	Grupa kolorów	Kryterium	Obciążenia charakterystyczne [kN/m ²]																														
			Śnieg														Wiatr																
			Obciążenie śniegiem [kN/m ²]														Sianie wiatru [kN/m ²]																
Układ jednoprzęsłowy	I	Makymalne rozpiętości przęsla	1,80	1,50	1,20	1,00	0,80	0,60	0,50	0,40	0,30	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,30	2,60	3,00	3,50	4,00	4,50					
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	3,84	4,24	4,76	5,25	5,92	6,85	6,98	6,98	6,98	6,98	5,68	5,45	5,14	4,83	4,56	4,32	4,11	3,75	3,44	3,18	2,95	2,66	2,40	2,12	1,82	1,58	1,39				
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
	II	Makymalne rozpiętości przęsla	3,84	4,24	4,76	5,25	5,80	6,48	6,98	6,98	6,98	5,68	5,45	5,14	4,83	4,56	4,32	4,11	3,75	3,44	3,18	2,95	2,66	2,40	2,12	1,82	1,58	1,39					
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Układ dwuprzęsłowy	I	Makymalne rozpiętości przęsla	2,80	3,21	3,83	4,43	5,32	6,78	7,73	7,80	7,80	4,77	4,35	4,00	3,72	3,48	3,27	3,09	2,80	2,56	2,37	2,21	2,02	1,86	1,70	1,54	1,42	1,31					
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	II	Makymalne rozpiętości przęsla	2,64	3,04	3,62	4,19	5,04	6,45	7,58	7,80	7,80	4,77	4,35	4,00	3,72	3,48	3,27	3,09	2,80	2,56	2,37	2,21	2,02	1,86	1,70	1,54	1,42	1,31					
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Układ wieloprzęsłowy	I	Makymalne rozpiętości przęsla	3,20	3,70	4,44	5,16	5,92	6,96	7,73	8,84	10,64	5,52	5,01	4,60	4,26	3,98	3,73	3,52	3,17	2,89	2,66	2,48	2,25	2,07	1,88	1,70	1,56	1,39					
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	II	Makymalne rozpiętości przęsla	3,08	3,57	4,29	4,99	5,92	6,96	7,73	8,84	10,64	5,52	5,01	4,60	4,26	3,98	3,73	3,52	3,17	2,89	2,66	2,48	2,25	2,07	1,88	1,70	1,56	1,39					
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
III	Makymalne rozpiętości przęsla	2,91	3,37	4,05	4,72	5,71	6,96	7,73	8,84	10,64	5,52	5,01	4,60	4,26	3,98	3,73	3,52	3,17	2,89	2,66	2,48	2,25	2,07	1,88	1,70	1,56	1,39						
	Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

$$b_{max;sp,v} := \min(3.570 \text{ m}, 4.260 \text{ m}) = 3.57 \text{ m}$$

$$b_{max;sp,u} := \min(3.570 \text{ m}, 1.70 \text{ m}) = 1.7 \text{ m}$$

Posouzení

$$b_{sp,v} = 2.813 \text{ m} \leq b_{max;sp,v} = 3.57 \text{ m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$b_{sp,u} = 1.406 \text{ m} \leq b_{max;sp,u} = 1.7 \text{ m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ Volím variantu 2 (sendvičový panel s vaznicemi)

4.2. Vaznice

- Navrženo jako spojitý nosník
- Rozpon mezi vazbami $b = 7.5 \text{ m}$

1, Stálé zatížení + sníh (vrchol)

- Zatěžovací šířka $b = 2812 \text{ mm}$

Zatěžovací tabulka

Druh zatížení	Typ zatížení	$f_k \text{ [kN/m]}$	$v_f \text{ [-]}$	$f_d \text{ [kN/m2]}$
Stálé	Sendvičové panely	$0,151 \times 2,813 = 0,43$	1,35	0,573
	Vaznice (odhad)	0,10	1,35	0,135
Proměnné	Sníh	$0,56 \times 2,812 = 1,57$	1,5	2,362
Celkem		2,10		3,071

$$f_{v1,k} := 2.10 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$f_{v1,d} := 3.071 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

2, Stálé zatížení + sníh (úžlabí)

- Zatěžovací šířka $b = 1406 \text{ mm}$

Druh zatížení	Typ zatížení	$f_k \text{ [kN/m]}$	$v_f \text{ [-]}$	$f_d \text{ [kN/m2]}$
Stálé	Sendvičové panely	$0,151 \times 1,406 = 0,21$	1,35	0,287
	Vaznice (odhad)	0,10	1,35	0,135
Proměnné	Sníh	$2,1 \times 1,406 = 2,95$	1,5	4,429
Celkem		3,26		4,851

$$f_{v2,k} := 3.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

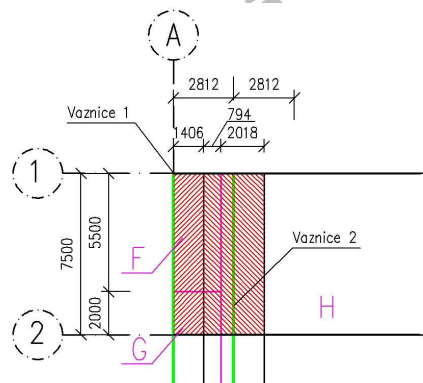
$$f_{v2,d} := 4.851 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3, Stálé zatížení + příčný vítr

$$w_{p;F;k} := -0.865 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{p;G;k} := -0.665 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{p;H;k} := -0.299 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Krajní vaznice (zatěžovací plocha $b = 1406 \text{ mm}$)

$$f_{w1,k} := 1.406 \text{ m} \cdot \frac{5500}{7500} \cdot w_{p;F;k} + 1.406 \text{ m} \cdot \frac{2000}{7500} \cdot w_{p;G;k} = -1.141 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Střední vaznice (zatěžovací plocha b = 2812 mm)

$$f_{w2;k} := 0.794 \cdot m \cdot \frac{5500}{7500} \cdot w_{p;F;k} + 0.794 \cdot m \cdot \frac{2000}{7500} \cdot w_{p;G;k} + 2.018 \cdot m \cdot w_{p;H;k} = -1.248 \frac{kN}{m}$$

Zatěžovací tabulka

Druh zatížení	Typ zatížení	f_k [kN/m ²]	ψ_f [-]	f_d [kN/m ²]
Stálé	Sendvičové panely	0,151x2,813 = 0,43	1,00	0,430
	Vaznice (odhad)	0,10	1,00	0,1
Proměnné	Vítr příčný	-1,248	1,5	-1,872
Celkem		-0,72		-1,342

$$f_{v3;k} := -0.72 \frac{kN}{m}$$

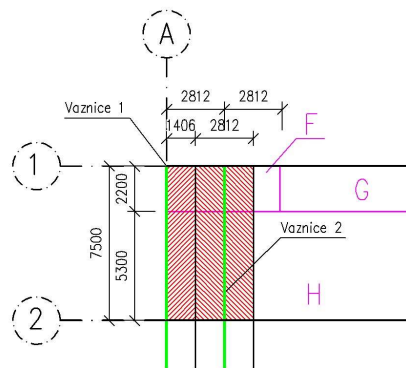
$$f_{v3;d} := -1.342 \frac{kN}{m}$$

4, Stálé zatížení + podélný vítr

$$w_{d;F;k} := -0.964 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{d;G;k} := -0.865 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{d;H;k} := -0.432 \frac{kN}{m^2}$$



Střední vaznice (zatěžovací plocha b = 2812 mm)

$$f_{w3;k} := 2.812 \cdot m \cdot \frac{2200}{7500} \cdot w_{d;F;k} + m \cdot \frac{5300}{7500} \cdot w_{d;H;k} = -1.1 \frac{kN}{m}$$

Zatěžovací tabulka

Druh zatížení	Typ zatížení	f_k [kN/m ²]	ψ_f [-]	f_d [kN/m ²]
Stálé	Sendvičové panely	0,151x2,813 = 0,43	1,00	0,430
	Vaznice (odhad)	0,10	1,00	0,1
Proměnné	Vítr podélný	-1,10	1,5	-1,650
Celkem		-0,57		-1,120

$$f_{v4;k} := -0.570 \frac{kN}{m}$$

$$f_{v4;d} := -1.120 \frac{kN}{m}$$

Návrh : Vaznice Z 270 - S

Z 270-S



Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Rádek č. 1 : Únosnost bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Rádek č. 2 : Únosnost s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Rádek č. 3 : Únosnost pro sání bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Rádek č. 4 : Únosnost pro sání s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Rádek č. 5 : Maximální zatížení pro deformaci L/200 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

Rádek č. 6 : Maximální zatížení pro deformaci L/300 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

SPOJITÝ NOSNÍK O 5 A VÍCE POLÍCH - PŘESAHY 0,6 m + 0,9 m

Profil	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																	
	5,00	5,50	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00	
krajní : Z 270/2,5 vnitřní : Z 270/2,0	1	8,16	6,84	5,83	5,32	4,88	4,49	4,14	3,83	3,55	3,30	3,07	2,66	2,32	2,04	1,80	1,60	1,43
	2	6,74	5,72	4,94	4,59	4,28	4,01	3,76	3,54	3,33	3,15	2,98	2,59	2,27	2,00	1,76	1,53	1,34
	3	-6,63	-5,33	-4,36	-3,99	-3,67	-3,39	-3,13	-2,90	-2,70	-2,51	-2,34	-2,05	-1,81	-1,61	-1,43	-1,28	-1,16
	4	-4,79	-3,78	-3,04	-2,77	-2,53	-2,32	-2,14	-1,97	-1,82	-1,69	-1,57	-1,36	-1,19	-1,04	-0,92	-0,82	-0,73
krajní : Z 270/3,0 vnitřní : Z 270/2,5	5	12,8	9,65	7,43	6,58	5,85	5,22	4,68	4,21	3,81	3,45	3,14	2,61	2,20	1,87	1,61	1,39	1,21
	6	8,56	6,43	4,96	4,38	3,90	3,48	3,12	2,81	2,54	2,30	2,09	1,74	1,47	1,25	1,07	0,92	0,80
	1	10,57	8,90	7,61	7,02	6,50	6,03	5,61	5,23	4,89	4,59	4,31	3,73	3,24	2,84	2,51	2,23	2,00
	2	9,38	7,99	6,91	6,41	5,97	5,57	5,21	4,89	4,60	4,33	4,09	3,56	3,11	2,74	2,43	2,15	1,91
krajní : Z 270/3,0 vnitřní : Z 270/2,5	3	-8,44	-6,79	-5,55	-5,09	-4,68	-4,32	-4,00	-3,71	-3,45	-3,21	-3,00	-2,63	-2,32	-2,06	-1,83	-1,64	-1,48
	4	-6,67	-5,30	-4,28	-3,91	-3,58	-3,29	-3,03	-2,80	-2,60	-2,41	-2,24	-1,95	-1,71	-1,51	-1,34	-1,19	-1,07
	5	16,1	12,1	9,32	8,24	7,33	6,54	5,87	5,28	4,77	4,32	3,93	3,28	2,76	2,35	2,01	1,74	1,51
	6	10,7	8,07	6,21	5,50	4,88	4,36	3,91	3,52	3,18	2,88	2,62	2,18	1,84	1,56	1,34	1,16	1,01

Posouzení

$$\text{Maximální tlak} \quad f_{v2;d} = 4,851 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \leq f_{v2;Rd} := 4,89 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální sání} \quad f_{v3;d} = -1,342 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \leq f_{v3;Rd} := -3,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Deformace L/200} \quad f_{v2;k} = 3,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \leq f_{v2;Rk} := 4,77 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ Vaznice budou uloženy po roztečích 2812 mm do vzdálenosti 2812 mm od hřebene. Dále k úžlabí budou pokládány po roztečích 1406 mm.

4.3. Obvodový plášť

Návrh : Promisol 1003 B - 100

- Rozpon mezi pažďíky
- Navrženo jako spojitý nosník

$$b_{op} := 1.255 \text{ m}$$

- Max. návrhové zatížení větrem

$$w_{ed;A} := -0.798 \cdot \gamma_q \frac{kN}{m^2} = -1.197 \frac{kN}{m^2}$$

Návrhová hodnota únosnosti pro spojitě uložení

Promisol 1003 B - 100

Schéma statický	Grupa kolorů	Kriterium	Obtíženía charakterystické [kN/m ²]																											
			Sáníe wíatru [kN/m ²]														Obtíženía šnígiem [kN/m ²]													
			-1.50	-1.20	-1.00	-0.90	-0.80	-0.70	-0.65	-0.60	-0.55	-0.50	-0.45	-0.40	-0.35	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20	1.50		
Úklad jednoprůžkový	I	Makymálne rozpětíostí přezšla	3,70	4,14	4,53	4,78	5,07	5,42	5,62	5,85	6,11	6,41	6,76	7,17	7,66	7,54	7,23	6,97	6,74	6,53	6,25	6,00	5,78	5,41	5,10	4,84	4,42	3,95		
		Ilošć łącznikóv na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
		II	Makymálne rozpětíostí přezšla	3,70	4,14	4,53	4,78	5,07	5,42	5,62	5,85	6,11	6,41	6,76	7,17	7,54	7,23	6,97	6,74	6,53	6,25	6,00	5,78	5,41	5,10	4,84	4,42	3,95		
	Ilošć łącznikóv na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	III	Makymálne rozpětíostí přezšla	3,70	4,14	4,53	4,78	5,07	5,42	5,62	5,85	6,11	6,29	6,49	6,59	6,77	7,54	7,23	6,97	6,74	6,53	6,25	6,00	5,78	5,41	5,10	4,84	4,42	3,95		
	Ilošć łącznikóv na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Úklad dwuprůžkový	I	Makymálne rozpětíostí přezšla	3,70	4,14	4,53	4,77	5,03	5,34	5,52	5,72	5,96	6,22	6,54	6,90	7,35	7,04	6,64	6,31	6,03	5,78	5,56	5,36	5,19	4,89	4,65	4,44	4,11	3,75		
		Ilošć łącznikóv na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Ilošć łącznikóv na podporze pošrednej [szt]	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	
	II	Makymálne rozpětíostí přezšla	3,63	3,97	4,29	4,47	4,68	4,94	5,08	5,25	5,44	5,66	5,92	6,22	6,59	7,04	6,64	6,31	6,03	5,78	5,56	5,36	5,19	4,89	4,65	4,44	4,11	3,75		
	Ilošć łącznikóv na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	Ilošć łącznikóv na podporze pošrednej [szt]	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	
III	Makymálne rozpětíostí přezšla	2,96	3,14	3,29	3,38	3,50	3,62	3,70	3,78	3,87	3,97	4,09	4,22	4,38	7,04	6,64	6,31	6,03	5,78	5,56	5,36	5,19	4,89	4,65	4,44	4,11	3,75			
Ilošć łącznikóv na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Ilošć łącznikóv na podporze pošrednej [szt]	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4		
Úklad wieloprůžkový	I	Makymálne rozpětíostí přezšla	3,70	4,14	4,53	4,78	5,07	5,42	5,62	5,85	6,11	6,41	6,76	7,17	7,66	7,99	7,44	7,03	6,69	6,40	6,14	5,91	5,71	5,37	5,09	4,84	4,42	3,95		
		Ilošć łącznikóv na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
		Ilošć łącznikóv na podporze pošrednej [szt]	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
	II	Makymálne rozpětíostí přezšla	3,70	4,14	4,53	4,78	5,07	5,42	5,62	5,85	6,11	6,41	6,76	7,16	7,63	7,99	7,44	7,03	6,69	6,40	6,14	5,91	5,71	5,37	5,09	4,84	4,42	3,95		
	Ilošć łącznikóv na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	Ilošć łącznikóv na podporze pošrednej [szt]	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	
III	Makymálne rozpětíostí přezšla	3,28	3,56	3,81	3,96	4,14	4,36	4,48	4,62	4,78	4,97	5,18	5,43	5,73	7,99	7,44	7,03	6,69	6,40	6,14	5,91	5,71	5,37	5,09	4,84	4,42	3,95			
Ilošć łącznikóv na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Ilošć łącznikóv na podporze pošrednej [szt]	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4		

$$b_{max;op} := 4.14 \text{ m}$$

Posouzení

$$b_{op} = 1.255 \text{ m} \leq b_{max;op} = 4.14 \text{ m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

4.4. Stěnové paždíky

- Rozpon mezi vazbami $b_p := 7.5 \text{ m}$
- Rozpon mezi paždíky $b_{op} = 1.255 \text{ m}$
- Navrženo jako prostý nosník

Zatížení podélným větrem

$$A_{w;d} = 4.4 \text{ m}$$

$$w_{w;A;k} := -0.798 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{w;B;k} := -0.532 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{w4;k} := 1.255 \text{ m} \cdot \frac{4400}{7500} \cdot w_{w;A;k} + 1.255 \text{ m} \cdot \frac{3100}{7500} \cdot w_{w;B;k} = -0.864 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$f_{w4;d} := \gamma_q \cdot f_{w4;k} = -1.295 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Návrh : Paždík S 265/2,5 S

Σ 265-S

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Rádek č. 1: Únosnost bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Rádek č. 2: Únosnost s vlivem osové síly 15 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Rádek č. 3: Únosnost pro sání bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Rádek č. 4: Únosnost pro sání s vlivem osové síly 15 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Rádek č. 5: Maximální zatížení pro deformaci L/200 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

Rádek č. 6: Maximální zatížení pro deformaci L/300 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)



PROSTÝ NOSNÍK

Profil G [kg/m]	Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																	
	3.75	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	
Σ 265/2,0	1	11.55	10.15	9.00	8.02	7.20	6.50	5.90	5.37	4.92	4.51	4.16	3.85	3.57	3.32	3.09	2.89	2.71
	2	10.18	8.91	7.85	6.97	6.23	5.59	5.04	4.56	4.14	3.78	3.46	3.17	2.92	2.70	2.49	2.30	2.13
G = 6,77 kg/m	3	-4.42	-3.87	-3.41	-3.03	-2.71	-2.43	-2.21	-2.01	-1.84	-1.69	-1.56	-1.44	-1.34	-1.24	-1.15	-1.07	-1.00
	4	-3.81	-3.32	-2.91	-2.57	-2.28	-2.04	-1.84	-1.67	-1.53	-1.40	-1.28	-1.18	-1.10	-1.02	-0.94	-0.87	-0.81
Σ 265/2,5	5	12.0	9.89	8.25	6.95	5.91	5.07	4.38	3.81	3.33	2.93	2.59	2.31	2.06	1.85	1.66	1.50	1.36
	6	8.00	6.60	5.50	4.64	3.94	3.38	2.92	2.54	2.22	1.95	1.73	1.54	1.37	1.23	1.11	1.00	0.91
G = 8,46 kg/m	1	14.72	12.93	11.46	10.22	9.17	8.28	7.51	6.84	6.26	5.75	5.30	4.90	4.54	4.23	3.94	3.68	3.45
	2	13.37	11.71	10.33	9.18	8.21	7.38	6.66	6.03	5.48	5.01	4.59	4.22	3.89	3.60	3.32	3.08	2.85
Σ 265/3,0	3	-5.55	-4.86	-4.28	-3.80	-3.40	-3.05	-2.77	-2.52	-2.31	-2.12	-1.95	-1.81	-1.67	-1.56	-1.44	-1.34	-1.25
	4	-4.97	-4.33	-3.80	-3.36	-2.99	-2.67	-2.42	-2.20	-2.01	-1.84	-1.69	-1.56	-1.44	-1.34	-1.24	-1.15	-1.07
G = 10,15 kg/m	5	15.1	12.5	10.4	8.77	7.46	6.39	5.52	4.80	4.20	3.70	3.27	2.91	2.60	2.33	2.10	1.89	1.72
	6	10.1	8.32	6.94	5.84	4.97	4.26	3.68	3.20	2.80	2.46	2.18	1.94	1.73	1.55	1.40	1.26	1.14
Σ 265/3,0	1	17.79	15.64	13.95	12.36	11.09	10.01	9.08	8.28	7.57	6.95	6.41	5.93	5.49	5.11	4.76	4.45	4.17
	2	16.47	14.43	12.74	11.33	10.14	9.12	8.23	7.46	6.80	6.21	5.70	5.24	4.84	4.47	4.14	3.84	3.56
G = 10,15 kg/m	3	-6.57	-5.73	-5.04	-4.47	-3.98	-3.57	-3.23	-2.95	-2.69	-2.47	-2.28	-2.11	-1.95	-1.81	-1.68	-1.56	-1.45
	4	-6.01	-5.23	-4.58	-4.04	-3.59	-3.20	-2.90	-2.64	-2.41	-2.20	-2.03	-1.87	-1.73	-1.61	-1.49	-1.38	-1.28
G = 10,15 kg/m	5	18.2	15.0	12.5	10.5	8.96	7.67	6.63	5.76	5.05	4.44	3.93	3.49	3.12	2.80	2.52	2.27	2.06
	6	12.1	9.99	8.33	7.02	5.97	5.12	4.42	3.84	3.36	2.96	2.62	2.33	2.08	1.86	1.68	1.52	1.37

Posouzení sání

$$f_{w4;d} = -1.295 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \leq f_{v4;Rd} := -1.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5. Návrh mostového jeřábu

5.1. Zadání

Rozpětí lodi $L := 22.5 \text{ m}$

Parametry mostového jeřábu

Nosnost jeřábu $Q_j = 20 \text{ t} \rightarrow Q_{j:e} := 200 \text{ kN}$

Rozvor kol $a_j := 4.4 \text{ m}$

Rozpětí jeřábu $l_j := 21 \text{ m}$

Hmotnost jeřábu (bez kočky) $Q_{j:e} = 18 \text{ t} \rightarrow Q_{j:e} := 180 \text{ kN}$

Hmotnost kočky $G_{j;k} = 2 \text{ t} \rightarrow G_{j;k} := 20 \text{ kN}$

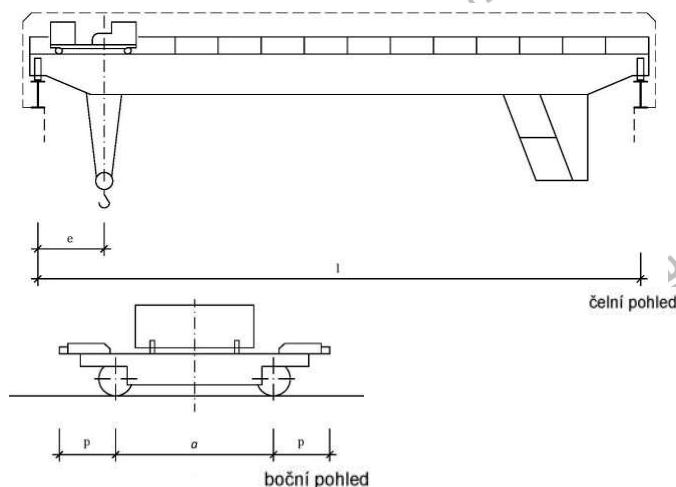
Dojezdová vzdálenost kladkostroje $1,25 \text{ m} / 1,15 \text{ m} \rightarrow e = T_1 := 1.15 \text{ m}$

Rychlost zdvihu $v_h := 10 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0.167 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Rychlost pojezdu jeřábu $v_c := 1.333 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

- Vedení pomocí nákoků, pohon jednotlivých kol, kombinace kol IFF
- Dílenský jeřáb, kategorie zvedacích zařízení HC 3.
- Kategorie S3.

Schéma jeřábu:



5.2. Zatížení jeřábové dráhy

5.2.1. Stálé zatížení

- Vlastní tíha od kolejnice $g_{k;k} := 29.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

- Vlastní tíha od nosníku jeřábové dráhy je odhadnuta na $g_{n;k} := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Druh zatížení	Typ zatížení	g_k [kN/m]	γ_g [-]	g_d [kN/m]
Stálé	Vlastní tíha kolejnice	0,3	1,35	0,41
	Vlastní tíha jeřábové dráhy	Odhad = 1,5	1,35	2,03
Celkem		1,80		2,430

5.2.2. Proměnná zatížení

5.2.2.1. Svislá proměnná zatížení

1, Tíha jeřábu

- Svislé síly od kol zatíženého jeřábu způsobené jeho vlastní tíhou.

$$Q_{j;c} = 180 \text{ kN} = \text{hmotnost jeřábu bez kočky}$$

$$G_{j;k} = 20 \text{ kN} = \text{hmotnost kočky}$$

$$T_1 = 1.15 \text{ m} = \text{dojezdová vzdálenost kladkostroje}$$

$$n := 2$$

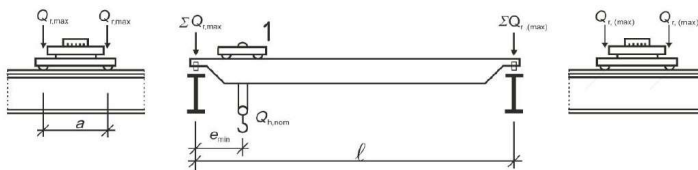
$$Q_{C;r;max} := \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{Q_{j;c}}{2} + \frac{G_{j;k} \cdot (l_j - T_1)}{l_j} \right) = 54.452 \text{ kN}$$

$$Q_{C;r;(max)} := \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{Q_{j;c}}{2} + \frac{G_{j;k} \cdot T_1}{l_j} \right) = 45.548 \text{ kN}$$

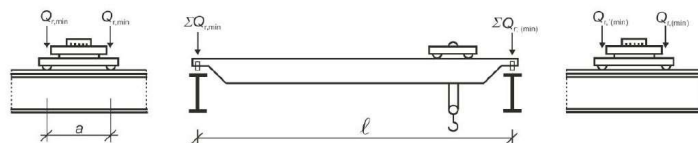
- Svislé síly od kol nezatíženého jeřábu způsobené jeho vlastní tíhou.

$$Q_{C;r;min} = Q_{C;r;(max)} \rightarrow Q_{C;r;min} := 45.595 \text{ kN}$$

$$Q_{C;r;(min)} = Q_{C;r;max} \rightarrow Q_{C;r;(min)} := 54.405 \text{ kN}$$



a) Uspořádání zatíženého jeřábu při maximálním zatížení nosníku jeřábové dráhy



b) Uspořádání zatíženého jeřábu při minimálním zatížení nosníku jeřábové dráhy

2. Zatížení kladkostroje

- Svislé síly způsobené zatížením kladkostroje.

Q_j = maximální zatížení kladkostroje

T_1 = dojezdová vzdálenost kladkostroje

$$Q_{H;r;max} := \frac{1}{n} \cdot \frac{Q_j \cdot (l_j - T_1)}{l_j} = 94.524 \text{ kN}$$

$$Q_{H;r;(max)} := \frac{1}{n} \cdot \frac{Q_j \cdot T_1}{l_j} = 5.476 \text{ kN}$$

5.2.2.2. Vodorovná proměnná zatížení

1. Zrychlení mostu jeřábu

- Zrychlení mostu způsobuje podélné vodorovné síly $H_{L,i}$ a příčné vodorovné síly $H_{T,i}$

- Zrychlení mostu je vyvoláno hnací silou K

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

$\mu := 0.2$ = součinitel tření pro kombinaci ocel - ocel

$m_w := 2$

$$K := \mu \cdot m_w \cdot Q_{C;r;min} = 21.762 \text{ kN}$$

- Podélné a příčné vodorovné síly jsou způsobeny rozjezdem nebo brzděním jeřábu.

$n_r := 2$ = počet větví jeřábové dráhy

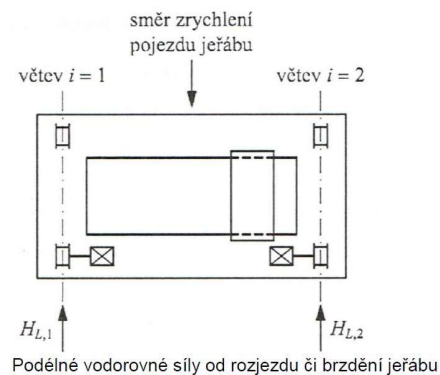
Podélné vodorovné síly

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

$$H_{L,1} := \frac{K}{n_r} = 10.881 \text{ kN}$$

$$H_{L,2} := 10.881 \text{ kN}$$

$$H_{L,i} := 10.881 \text{ kN}$$



Příčné vodorovné síly

$$H_{T,i} = \xi_i \cdot \frac{M}{a_j}$$

ξ_i = podíl vzdáleností těžiště jeřábu od osy jeřábové kolejnice a rozpětí jeřábu

α = rozvor kol

$$\xi_1 := \frac{n \cdot (Q_{C;r;max} + Q_{H;r;max})}{Q_{j;c} + G_{j;k} + Q_j} = 0.745$$

$$\xi_2 := 1 - \xi_1 = 0.255$$

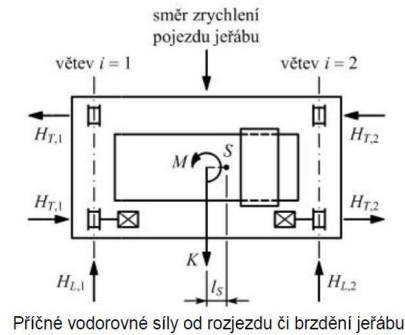
Moment hnací síly k těžišti jeřábu

$$l_s := (\xi_1 - 0.5) \cdot l_j = 5.143 \text{ m}$$

$$M := K \cdot l_s = 111.911 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$H_{T,1} := \xi_1 \cdot \frac{M}{a_j} = 18.946 \text{ kN}$$

$$H_{T,2} := \xi_2 \cdot \frac{M}{a_j} = 6.489 \text{ kN}$$



Příčné vodorovné síly od rozjezdu či brzdění jeřábu

2, Příčení mostu jeřábu

- V důsledku příčení jeřábu se mohou objevit vodorovné síly od kol $H_{S;i;j;k}$

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

$f := 0.3$ = součinitel reakcí příčení

$\lambda_{S;i;j;k}$ = součinitel síly od kola

$\sum Q_r$ = součet svislých zatížení od kol zatíženého jeřábu na obou větvích

- kombinace dvojic kol typu I (kola ve dvojici nezávislá)

$$e_1 := 0$$

$$e_2 := a_j \rightarrow e_2 = 4.4 \text{ m}$$

$$h := a_j \rightarrow h = 4.4 \text{ m}$$

$$\lambda_{S;1;1;T} = \frac{\xi_2}{n} \cdot \left(1 - \frac{e_1}{h}\right) \rightarrow \lambda_{S;1;1;T} := \frac{\xi_2}{n} = 0.128$$

$$\lambda_{S;2;1;T} = \frac{\xi_1}{n} \cdot \left(1 - \frac{e_1}{h}\right) \rightarrow \lambda_{S;2;1;T} := \frac{\xi_1}{n} = 0.372$$

Příčné vodorovné síly

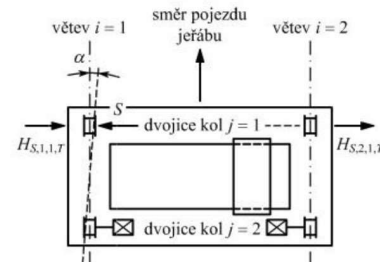
Q_j = maximální nosnost jeřábu

$Q_{j;c}$ = Hmotnost jeřábu (bez kočky)

$G_{j;k}$ = hmotnost kočky

$$H_{S;1;1;T} = f \cdot \lambda_{S;1;1;T} \cdot \sum Q_r \rightarrow H_{S;1;1;T} := f \cdot \lambda_{S;1;1;T} \cdot (Q_{j;c} + G_{j;k} + Q_j) = 15.307 \text{ kN}$$

$$H_{S;2;1;T} = f \cdot \lambda_{S;2;1;T} \cdot \sum Q_r \rightarrow H_{S;2;1;T} := f \cdot \lambda_{S;2;1;T} \cdot (Q_{j;c} + G_{j;k} + Q_j) = 44.693 \text{ kN}$$



-20- Příčné síly od příčení jeřábu

3. Zrychlení kočky

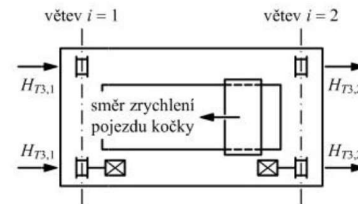
- Zrychlení kočky způsobuje příčné vodorovné síly $H_{T3,i}$
- Předpoklad, že břemeno nesené kočkou není rozkývané.

Q_j = maximální nosnost jeřábu

$G_{j;k}$ = hmotnost kočky

$$H_{T3,1} := \frac{0.1}{2} \cdot (Q_j + G_{j;k}) \cdot \left(\frac{l_j - T_1}{l_j} \right) = 10.398 \text{ kN}$$

$$H_{T3,2} := \frac{0.1}{2} \cdot (Q_j + G_{j;k}) \cdot \left(\frac{T_1}{l_j} \right) = 0.602 \text{ kN}$$



Příčné vodorovné síly od rozjezdu nebo brzdění kočky

5.2.3. Mimořádná zatížení

- Za mimořádné zatížení se uvažují síly od nárazu jeřábu na koncové nárazníky jeřábové dráhy.
- Nutno uvažovat dynamický účinek nárazu na nárazníky φ_7

Charakteristické hodnoty statických složek na nárazníky

$$n_r = 2$$

v_1 = 70% rychlost podélného pojezdu

m_c = Hmotnost jeřábu s břemenem [kg]

$$S_B := 9.25 \cdot 10^5 \frac{N}{m} = \text{konstanta tuhosti nárazníku}$$

$$v_1 := 0.7 \cdot v_c = 0.933 \frac{m}{s}$$

$$m_c := \frac{Q_{j;c} + G_{j;k} + Q_j}{g} = (4.079 \cdot 10^4) \text{ kg}$$

$$H_{B;1} := \frac{v_1 \cdot \sqrt{m_c \cdot S_B}}{n_r} = 90.623 \text{ kN}$$

5.2.4. Charakteristické hodnoty zatížení jeřábem

- Dynamické složky vyvolané kmitáním v důsledku setrvačných a tlumících sil jsou obecně vyjádřeny součiniteli φ_i , kterými se násobí statické hodnoty zatížení.

$$F_{\varphi;k} = \varphi_i \cdot F_k$$

Dynamický součinitel	Uvažované účinky	Použije se pro
φ_1	- buzení vibrací konstrukce jeřábu při zvednutí zatížení kladkostroje ze země	vlastní tíhu jeřábu
φ_2 nebo φ_3	- dynamické účinky zatížení kladkostroje při zvedání ze země k jeřábu - dynamický účinek náhlého uvolnění užitečného zatížení, jestliže jsou použity např. drapáky nebo magnety	zatížení kladkostroje
φ_4	- dynamické účinky, vznikající při pojezdu na kolejích nebo jeřábových drahách	vlastní tíhu jeřábu a zatížení kladkostroje
φ_5	- dynamické účinky vyvolané hnacími silami	hnací síly
φ_6	- dynamické účinky zkušebního zatížení, které se pohybuje po dráze jeřábu pomocí pohonů	zkušební zatížení
φ_7	- dynamický pružný účinek nárazu na nárazníky	síly na nárazníky

		Značka	Kapitola	Skupina zatížení									
				Mezní stav únosnosti							Zkušební zatížení	Mimořádná	
				1	2	3	4	5	6	7			
1	Vlastní tíha jeřábů	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	$\eta^{1)}$	-	1	1
3	Zrychlení mostu jeřábů	H_L, H_I	2.7	φ_5	φ_5	φ_5	φ_5	-	-	-	φ_5	-	-
4	Přičení mostu jeřábů	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_{TA}	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 jeřábů.

1, Dynamický součinitel φ_1
 - Předpoklad, že je dosaženo horní hladiny rázového zatížení.
 $\varphi_1 := 1.1$

2, Dynamický součinitel φ_2
 - Zdvihová třída HC 3 $\rightarrow \beta_2 := 0.51$
 $\varphi_{2,min} := 1.15$

$$\text{Rychlost zdvihu } v_h = 0.167 \frac{m}{s}$$

$$\varphi_2 := \varphi_{2,min} + (\beta_2 \cdot v_h) \cdot \left(\frac{m}{s}\right)^{-1} = 1.235$$

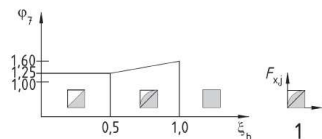
3, Dynamický součinitel φ_4
 - Předpoklad, že jsou dodrženy tolerance kolejnicové dráhy.
 $\varphi_4 := 1.0$

4, Dynamický součinitel φ_5
 - Předpoklad, že se hancí síly mění pozvolna.
 $\varphi_5 := 1.5$

5, Dynamický součinitel φ_6
 - Zkoušky jsou prováděny po montáži jeřábů
 - Zkušební zatížení $\geq 110\%$ jmenovitého zatížení kladkostroje.
 $\varphi_6 := 0.5 \cdot (1 + \varphi_2) = 1.118$

6, Dynamický součinitel φ_7
 - Průběh digramu je konvexní $\rightarrow \xi_b := 0.5$

$$\varphi_7 := 1.25 + 0.7 (\xi_b - 0.5) = 1.25$$



5.2.5. Kombinační součinitele pro zatížení jeřáby

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

Q_j = maximální nosnost jeřábu

$Q_{j;c}$ = Hmotnost jeřábu (bez kočky)

$G_{j;k}$ = hmotnost kočky

$$\psi_0 := 1.0$$

$$\psi_1 := 0.9$$

$$\psi_2 := \frac{Q_{j;c} + G_{j;k}}{Q_{j;c} + G_{j;k} + Q_j} = 0.5$$

5.2.6. Únavové zatížení

- Počet zatěžovacích cyklů $N_c := 2.0 \cdot 10^6$

$\varphi_{fat;i}$ = dynamický součinitel pro ekvivalentní poškození rázem

λ = součinitel ekvivalentního poškození

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

$$\varphi_{fat;2} := \frac{1 + \varphi_2}{2} = 1.118$$

Pro kategorii S3:

$\lambda_\sigma := 0.397$ způsobeno rozkmitem normálového napětí

$\lambda_\tau := 0.575$ způsobeno rozkmitem smykového napětí

Ekvivalentní únavové zatížení

$$Q_{e;\sigma} := \varphi_{fat;1} \cdot \lambda_\sigma \cdot Q_{C;r;max} + \varphi_{fat;2} \cdot \lambda_\sigma \cdot Q_{H;r;max} = 64.634 \text{ kN}$$

$$Q_{e;\tau} := \varphi_{fat;1} \cdot \lambda_\tau \cdot Q_{C;r;max} + \varphi_{fat;2} \cdot \lambda_\tau \cdot Q_{H;r;max} = 93.613 \text{ kN}$$

Lokální účinky

- Součinitele uvažovány o 1 kategorii vyšší (S4):

$$\lambda_{\sigma;loc} := 0.500$$

$$\lambda_{\tau;loc} := 0.660$$

Lokální ekvivalentní únavové zatížení

$$Q_{e;\sigma;loc} := \varphi_{fat;1} \cdot \lambda_{\sigma;loc} \cdot Q_{C;r;max} + \varphi_{fat;2} \cdot \lambda_{\sigma;loc} \cdot Q_{H;r;max} = 81.403 \text{ kN}$$

$$Q_{e;\tau;loc} := \varphi_{fat;1} \cdot \lambda_{\tau;loc} \cdot Q_{C;r;max} + \varphi_{fat;2} \cdot \lambda_{\tau;loc} \cdot Q_{H;r;max} = 107.452 \text{ kN}$$

Díličí součinitel únavového zatížení jeřáby dle ČSN EN 1993-6

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

5.3. Výpočet vnitřních sil jeřábu

- Hlavní nosník jeřábové dráhy působí ze statického hlediska jako prostý nosník o rozpětí 7500 mm.

5.3.1. Vnitřní síly od svislého zatížení

- Výpočet uvažován na zatěžovacích skupinách č. 1, 5 a 6.

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

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

Zatížení	Značka	Situace	
		P/T	A
Stálá zatížení od jeřábů			
- nepříznivá	$\gamma_{G\ sup}$	1,35	1,00
- příznivá	$\gamma_{G\ inf}$	1,00	1,00
Proměnná zatížení od jeřábu			
- nepříznivá	$\gamma_{Q\ sup}$	1,35	1,00
- příznivá:	$\gamma_{Q\ inf}$		
- s jeřábem		1,00	1,00
- bez jeřábu		0,00	0,00
Ostatní proměnná zatížení	γ_Q		
- nepříznivá		1,50	1,00
- příznivá		0,00	0,00
Mimořádná	γ_A	-	1,00
P - trvalá situace T - dočasná situace A - mimořádná situace			

5.3.1.1. Vnitřní síly od působení jeřábu

$$F_1 := \gamma_{Q;sup} \cdot (\varphi_1 \cdot Q_{C;r;max} + \varphi_2 \cdot Q_{H;r;max}) = 238.457 \text{ kN}$$

$$F_5 := \gamma_{Q;sup} \cdot (\varphi_4 \cdot Q_{C;r;max} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r;max}) = 201.118 \text{ kN}$$

$$F_6 := \gamma_{Q;sup} \cdot (\varphi_4 \cdot Q_{C;r;max} + \varphi_4 \cdot Q_{H;r;max}) = 201.118 \text{ kN}$$

Max. hodnoty vnitřních sil

- Pro výpočet jsou použity dva zatěžovací stavy.

ZS 1 - Zatěžovací stav, při kterém je dvojice kol umístěna tak, aby osa jejich rozvoru byla posunuta o čtvrtinu rozvoru od osy nosníku. Max posouvající síla $V_{1;Ed}$ se tedy rovná reakci $R_{a;z}$. Maximální ohybový moment $M_{1;Ed,y}$ se nachází pod pravým kolem.

ZS 2 - Zatěžovací stav, při kterém je pravé kolo uprostřed nosníku, ale levé je již v dalším poli.

$$l := 7500 \text{ mm}$$

$$a_j = 4.4 \text{ m}$$

Zatěžovací stav 1

Reakce R_b

$$R_{b1;1;z} := \frac{F_1 \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{a_j}{4} - a_j \right) + F_1 \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{a_j}{4} \right)}{l} = 168.509 \text{ kN}$$

$$R_{b5;1;z} := \frac{F_5 \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{a_j}{4} - a_j \right) + F_5 \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{a_j}{4} \right)}{l} = 142.123 \text{ kN}$$

$$R_{b6;1;z} := \frac{F_6 \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{a_j}{4} - a_j \right) + F_6 \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{a_j}{4} \right)}{l} = 142.123 \text{ kN}$$

Reakce R_a

$$R_{a1;1;z} := 2 \cdot F_1 - R_{b1;1;z} = 308.404 \text{ kN}$$

$$R_{a5;1;z} := 2 \cdot F_5 - R_{b5;1;z} = 260.112 \text{ kN}$$

$$R_{a6;1;z} := 2 \cdot F_6 - R_{b6;1;z} = 260.112 \text{ kN}$$

Posouvající síly V_z

$$V_{1;1;Ed;z} := R_{a1;1;z} = 308.404 \text{ kN}$$

$$V_{5;1;Ed;z} := R_{a5;1;z} = 260.112 \text{ kN}$$

$$V_{6;1;Ed;z} := R_{a6;1;z} = 260.112 \text{ kN}$$

Ohybové momenty M_y

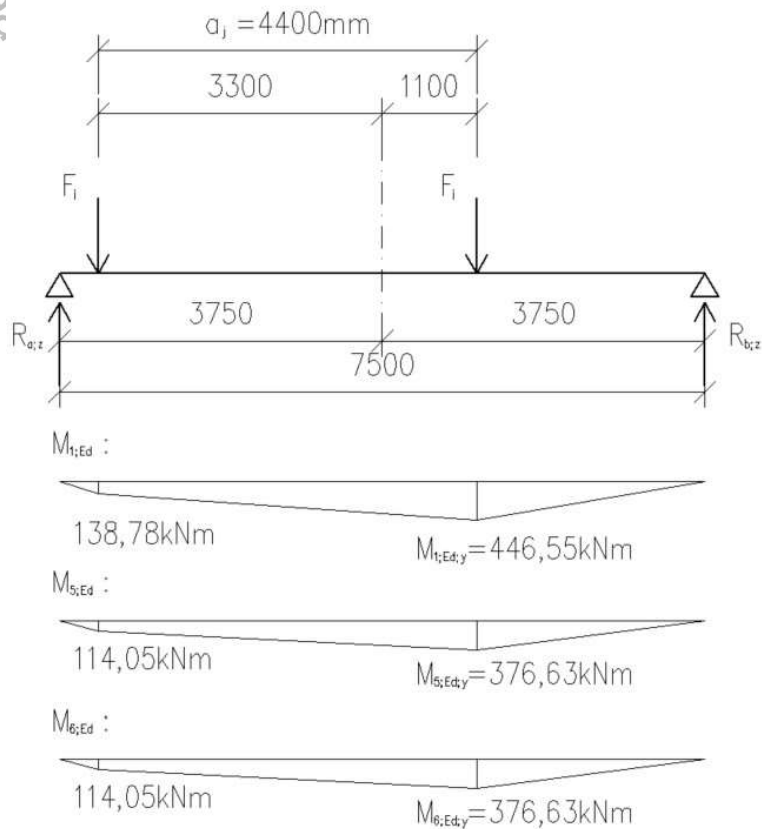
$$M_{1;1;Ed;y} := R_{b1;1;z} \cdot \left(\frac{l}{2} - \frac{a_j}{4} \right) = 446.55 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{5;1;Ed;y} := R_{b5;1;z} \cdot \left(\frac{l}{2} - \frac{a_j}{4} \right) = 376.627 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{6;1;Ed;y} := R_{b6;1;z} \cdot \left(\frac{l}{2} - \frac{a_j}{4} \right) = 376.627 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Crea

Schéma ZS 1:



Zatěžovací stav 2

Reakce R_a a R_b

$$R_{a1;2;z} := \frac{1}{2} \cdot F_1 = 119.228 \text{ kN} = R_{b1;2;z}$$

$$R_{a5;2;z} := \frac{1}{2} \cdot F_5 = 100.559 \text{ kN} = R_{b5;2;z}$$

$$R_{a6;2;z} := \frac{1}{2} \cdot F_5 = 100.559 \text{ kN} = R_{b6;2;z}$$

Posouvající síly V_z

$$V_{1;2;Ed;z} := \frac{1}{2} \cdot F_1 = 119.228 \text{ kN}$$

$$V_{5;2;Ed;z} := \frac{1}{2} \cdot F_5 = 100.559 \text{ kN}$$

$$V_{6;2;Ed;z} := \frac{1}{2} \cdot F_6 = 100.559 \text{ kN}$$

n.mathcad.com for more information.

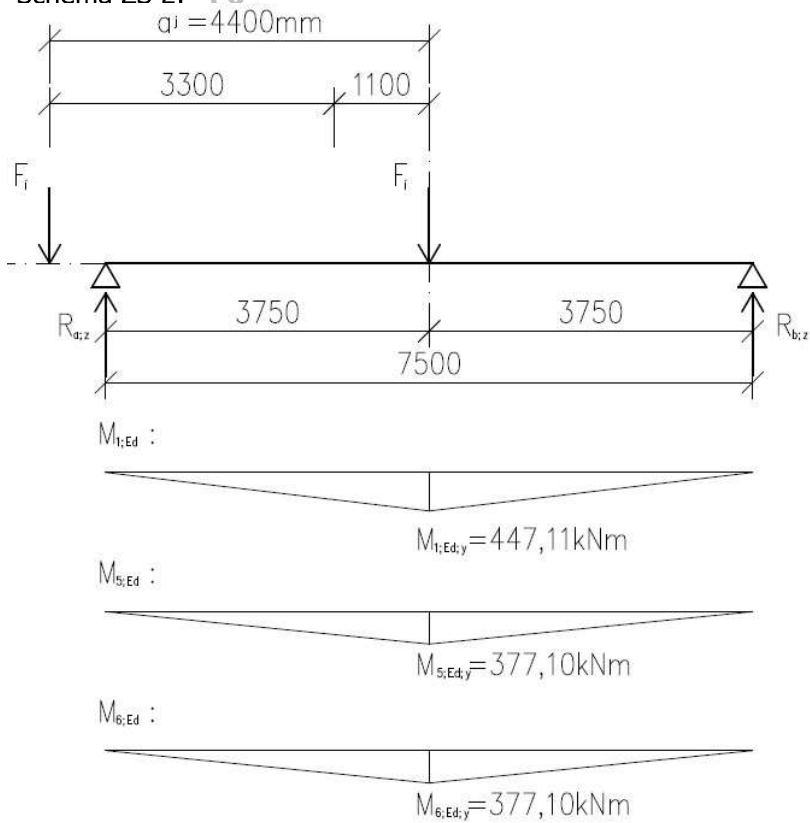
Ohybové momenty M_y

$$M_{1,2;Ed,y} := \frac{1}{4} \cdot F_1 \cdot l = 447.106 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{5,2;Ed,y} := \frac{1}{4} \cdot F_5 \cdot l = 377.096 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{6,2;Ed,y} := \frac{1}{4} \cdot F_6 \cdot l = 377.096 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Schéma ZS 2:



Maximální hodnoty posouvajících sil

$$V_{1;Ed,z} := \max(V_{1,1;Ed,z}, V_{1,2;Ed,z}) = 308.404 \text{ kN}$$

$$V_{5;Ed,z} := \max(V_{5,1;Ed,z}, V_{5,2;Ed,z}) = 260.112 \text{ kN}$$

$$V_{6;Ed,z} := \max(V_{6,1;Ed,z}, V_{6,2;Ed,z}) = 260.112 \text{ kN}$$

Maximální hodnoty ohybových momentů

$$M_{1;Ed;y} := \max(M_{1;1;Ed;y}, M_{1;2;Ed;y}) = 447.106 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$M_{5;Ed;y} := \max(M_{5;1;Ed;y}, M_{5;2;Ed;y}) = 377.096 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$M_{6;Ed;y} := \max(M_{6;1;Ed;y}, M_{6;2;Ed;y}) = 377.096 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

5.3.1.2. Vnitřní síly od vlastní tíhy jeřábové dráhy

$$g_{d;j} := 2.43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{kapitola - 5.2.1. Stálé zatížení})$$

$$l = 7.5 \text{ m}$$

$$V_{g;Ed;z} := \frac{1}{2} \cdot g_{d;j} \cdot l = 9.113 \text{ kN}$$

$$M_{g;Ed;y} := \frac{1}{8} \cdot g_{d;j} \cdot l^2 = 17.086 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

5.3.1.3. Výsledné vnitřní síly od svislého zatížení

$$V_{1;C;Ed;z} := V_{1;Ed;z} + V_{g;Ed;z} = 317.516 \text{ kN}$$

$$V_{5;C;Ed;z} := V_{5;Ed;z} + V_{g;Ed;z} = 269.225 \text{ kN}$$

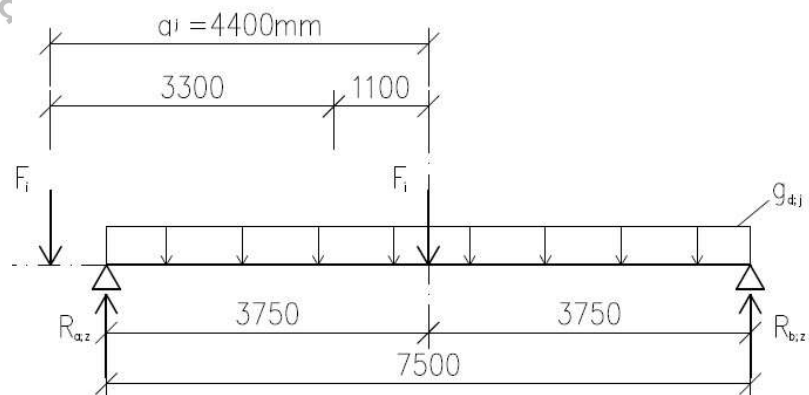
$$V_{6;C;Ed;z} := V_{6;Ed;z} + V_{g;Ed;z} = 269.225 \text{ kN}$$

$$M_{1;C;Ed;y} := M_{1;Ed;y} + M_{g;Ed;y} = 464.192 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

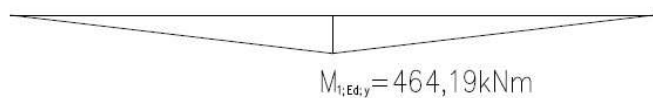
$$M_{5;C;Ed;y} := M_{5;Ed;y} + M_{g;Ed;y} = 394.182 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{6;C;Ed;y} := M_{6;Ed;y} + M_{g;Ed;y} = 394.182 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

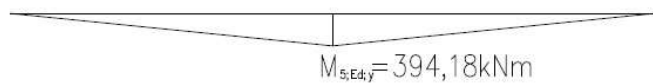
Schéma výsledných ohybových momentů



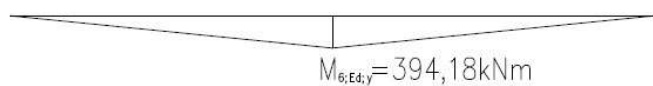
$M_{1,Ed}$:



$M_{5,Ed}$:



$M_{6,Ed}$:



5.3.2. Vnitřní síly od vodorovného zatížení

- Výpočet uvažován na zatěžovacích skupinách č. 1, 5 a 6.

5.3.2.1. Zrychlení mostu jeřábu

1. Podélné vodorovné síly od zrychlení mostu

- Odhad výšky kolejnice $h_{r,e} := 85 \text{ mm}$

- Odhad výšky nosníku $h_e := 500 \text{ mm}$

$$H_{L;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot \varphi_5 \cdot H_{L;i} = 22.034 \text{ kN}$$

Moment od podélné vodorovné síly

$$z_e := h_{r,e} + h_e = 0.585 \text{ m}$$

$$R_{a;x} := H_{L;d} = 22.034 \text{ kN}$$

$$R_{a;z} := \frac{H_{L;d} \cdot z_e}{l} = 1.719 \text{ kN}$$

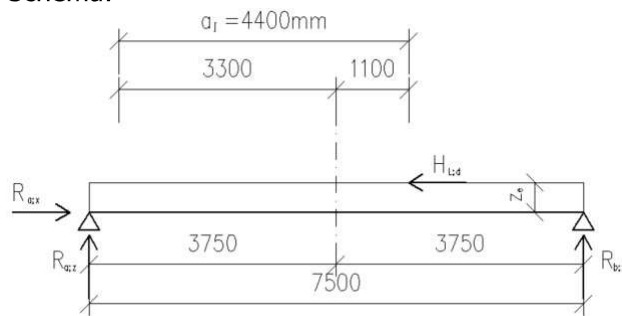
$$R_{b;z} := -R_{a;z} = -1.719 \text{ kN}$$

$$N_{L;d} := R_{a;x} = 22.034 \text{ kN}$$

$$V_{L;Ed;z} := R_{a;z} = 1.719 \text{ kN}$$

$$M_{L;Ed;y} := R_{a;z} \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{a_j}{4} \right) = 8.335 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Schéma:



2. Příčné vodorovné síly od zrychlení mostu

- Pro vyvození extrémního namáhání uvažována pouze síla $H_{T;1;d}$.

$$H_{T;1;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot \varphi_5 \cdot H_{T;1} = 38.365 \text{ kN}$$

$$H_{T;2;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot \varphi_5 \cdot H_{T;2} = 13.14 \text{ kN}$$

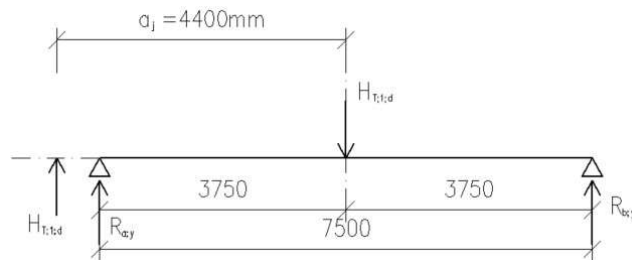
$$R_{a;y} := \frac{1}{2} \cdot H_{T;1;d} = 19.182 \text{ kN}$$

$$R_{b;y} := \frac{1}{2} \cdot H_{T;1;d} = 19.182 \text{ kN}$$

$$V_{H;T;Ed;y} := R_{a;y} = 19.182 \text{ kN}$$

$$M_{H;T;Ed;z} := R_{b;y} \cdot \frac{l}{2} = 71.934 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Schéma:



5.3.2.2. Příčení mostu jeřábu

Příčné vodorovné síly od příčení mostu

- Pro vyvození extrémního namáhání uvažována pouze síla $H_{S;2;1;T;d}$.

$$H_{S;2;1;T;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot H_{S;1;1;T} = 20.665 \text{ kN}$$

$$H_{S;2;1;T;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot H_{S;2;1;T} = 60.335 \text{ kN}$$

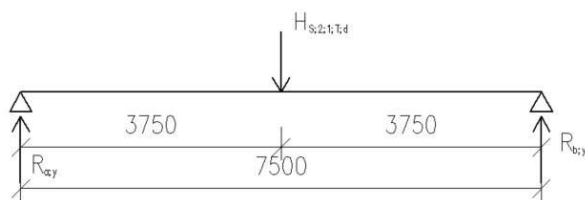
$$R_{a;y} := \frac{1}{2} \cdot H_{S;2;1;T;d} = 30.168 \text{ kN}$$

$$R_{b;y} := \frac{1}{2} \cdot H_{S;2;1;T;d} = 30.168 \text{ kN}$$

$$V_{S;Ed;y} := R_{a;y} = 30.168 \text{ kN}$$

$$M_{S;Ed;z} := R_{b;y} \cdot \frac{l}{2} = 113.129 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Schéma:



5.3.2.3. Zrychlení kočky

- Pro vyvození extrémního namáhání uvažována pouze síla $H_{T3;1;d}$.
- Pro výpočet jsou použity dva zatěžovací stavy, které jsou totožné se zatěžovacími stavy svislého zatížení.

Příčné vodorovné síly od zrychlení kočky

$$H_{T3;1;d} := \gamma_{Q;sup} \cdot H_{T3;1} = 14.037 \text{ kN}$$

Zatěžovací stav 1

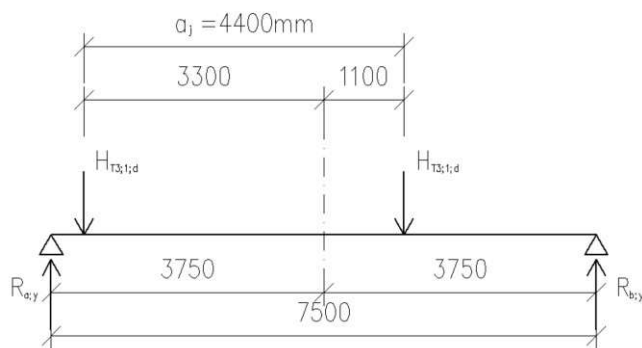
$$R_{b;y} := \frac{H_{T3;1;d} \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{a_j}{4} - a_j \right) + H_{T3;1;d} \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{a_j}{4} \right)}{l} = 9.919 \text{ kN}$$

$$R_{a;y} := -R_{b;y} + 2 \cdot H_{T3;1;d} = 18.154 \text{ kN}$$

$$V_{T3;1;Ed;y} := R_{a;y} = 18.154 \text{ kN}$$

$$M_{T3;1;Ed;z} := R_{b;y} \cdot \left(\frac{l}{2} - \frac{a_j}{4} \right) = 26.286 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Schéma ZS 1:



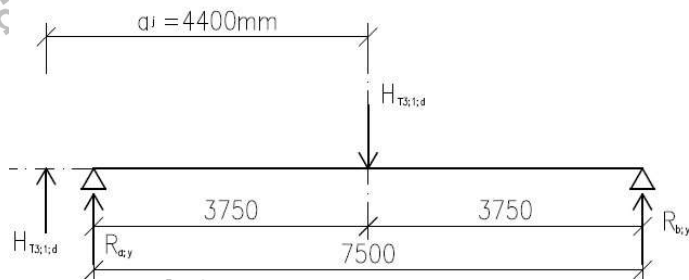
Zatěžovací stav 2

$$R_{a;y} := \frac{1}{2} \cdot H_{T3;1;d} = 7.018 \text{ kN} = R_{b;y}$$

$$V_{T3;2;Ed;y} := \frac{1}{2} \cdot H_{T3;1;d} = 7.018 \text{ kN}$$

$$M_{T3;2;Ed;z} := \frac{1}{4} \cdot H_{T3;1;d} \cdot l = 26.319 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Schéma ZS 2:



Maximální hodnoty vnitřních sil

$$V_{T3;Ed;y} := \max(V_{T3;1;Ed;y}, V_{T3;2;Ed;y}) = 18.154 \text{ kN}$$

$$M_{T3;Ed;z} := \max(M_{T3;1;Ed;z}, M_{T3;2;Ed;z}) = 26.319 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

5.3.3. Hodnoty návrhových hodnot zatížení

- Získané vnitřní síly z předchozího výpočtu v určených směrech

Výsledné síly ve svislém směru $V_{i,z}$ [kN]				
Zatížení	Značka	Skupina zatížení		
		Mezní stav únosnosti		
		1	5	6
Vlastní tíha jeřábu a zatížení kladkostroje	$Q_C + Q_H$	317,52	269,23	269,23
Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	1,72	-	-
Příčnění mostu jeřábu	H_S, S	-	0	-
Zrychlení kočky	H_{Tz}	-	-	0
Síly na nárazník	H_B	-	-	-
Celkem	-	319,24	269,23	269,23

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	$Q_C + Q_H$	447,1	377,1	377,1
Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	8,34	-	-
Příčnění mostu jeřábu	H_S, S	-	0	-
Zrychlení kočky	H_{Tz}	-	-	0
Síly na nárazník	H_B	-	-	-
Celkem	-	455,44	377,1	377,1

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	71,93	-	-
Příčlení mostu jeřábu	H_S, S	-	113,13	-
Zrychlení kočky	H_{T3}	-	-	26,32
Síly na nárazník	H_B	-	-	-
Celkem		71,93	113,13	26,32

Výsledné 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	19,18	-	-
Příčlení mostu jeřábu	H_S, S	-	30,17	-
Zrychlení kočky	H_{T3}	-	-	18,15
Síly na nárazník	H_B	-	-	-
Celkem		19,18	30,17	18,15

5.3.3. Návrhové hodnoty zatížení

Vnitřní síla	Skupina zatížení		Jednotky
	1	5	
$N_{i,Ed}$	22,03	0	kN
$V_{i,z,Ed}$	319,24	269,23	kN
$M_{i,y,Ed}$	455,44	377,1	kNm
$V_{i,y,Ed}$	19,18	30,17	kN
$M_{i,z,Ed}$	71,93	113,13	kNm

Skupina zatížení 1:

$$N_{1;Ed} := 22.03 \text{ kN}$$

$$V_{1;z;Ed} := 319.24 \text{ kN}$$

$$M_{1;y;Ed} := 455.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{1;y;Ed} := 19.18 \text{ kN}$$

$$M_{1;z;Ed} := 71.93 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Skupina zatížení 5:

$$N_{5;Ed} := 0 \text{ kN}$$

$$V_{5;z;Ed} := 269.23 \text{ kN}$$

$$M_{5;y;Ed} := 377.10 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{5;y;Ed} := 30.17 \text{ kN}$$

$$M_{5;z;Ed} := 113.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

5.4. Návrh jeřábového nosníku

5.4.1. Materiál nosníku

- Materiál hlavního nosníku jeřábové dráhy je ocel pevnostní třídy S355.

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

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Dílčí součinitelé spolehlivosti materiálu

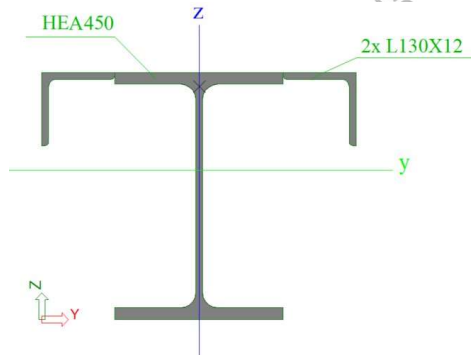
$\gamma_{M0} := 1.0$

$\gamma_{M1} := 1.0$

$\gamma_{M2} := 1.25$

5.4.2. Průřez nosníku

- Po porovnání výsledků různých průřezů a dimenzí byla zvolena varianta HEA 450 s přivařenými rovnoramennými profily L 130x12 mm.



Průřezové charakteristiky

$A := 2.3809 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$

$z_d := -266 \text{ mm}$

$z_h := 174 \text{ mm}$

$z_s := 149 \text{ mm}$

$y_s := 280 \text{ mm}$

$I_y := 7.9830 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$

$I_z := 4.5988 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$

$i_y := 183 \text{ mm}$

$i_z := 139 \text{ mm}$

$W_{el;y} := 2.9985 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$W_{el;z} := 1.6424 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$I_t := 2.3503 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

$I_w := 9.3427 \cdot 10^{-6} \text{ m}^6$

$W_{pl;y} := 3.7616 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$W_{pl;z} := 2.4262 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Geometrie průřezu

$h_p := 440 \text{ mm}$

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

$b_L := 130 \text{ mm}$

$b_p := b_{HEA} + 2 \cdot b_L = 560 \text{ mm}$

$t_{f;HEA} := 21 \text{ mm}$

$t_{w;HEA} := 11.5 \text{ mm}$

$d_{HEA} := 344 \text{ mm}$

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

$t_L := 12 \text{ mm}$

$r_L := 14 \text{ mm}$

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

$b_r := 100 \text{ mm}$ (šířka paty kolejnice)

5.5. Posouzení MSP

- Posudek bude proveden pro deformace ve směru svislém a ve směru vodorovném.

5.5.1. Svislý průhyb ve směru osy z

Limitní průhyb

$$\delta_{z,lim} := \frac{l}{600} = 12.5 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm}$$

Průhyb od stálého zatížení

$$g_{k;j} := 1.80 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{kapitola - 5.2.1. Stálé zatížení})$$

$$\delta_g := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{k;j} \cdot l^4}{E \cdot I_y} = 0.4 \text{ mm}$$

Průhyb od proměnného zatížení

- Nosník bude zatížen charakteristickými silami F_k ve dvou zatěžovacích stavech.

$$F_k := Q_{C;r;max} + Q_{H;r;max} = 148.976 \text{ kN} \quad \text{kapitola - 5.2.2. (Proměnná zatížení)}$$

Schéma ZS 1:

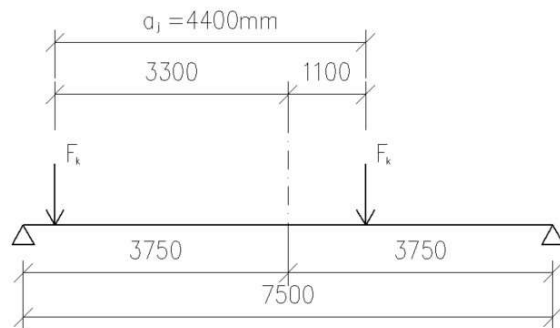
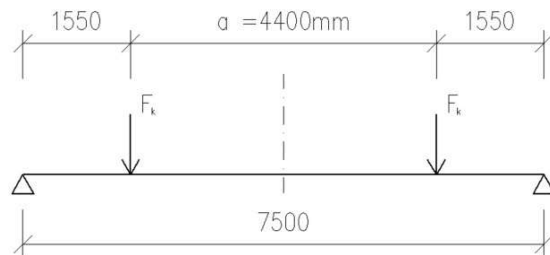


schéma ZS 2:



Výsledné svislé deformace v ose z

$$\delta_{1;z} := 8.8 \text{ mm}$$

$$\delta_{2;z} := 9.6 \text{ mm}$$

Posouzení celkového svislého průhybu

$$\delta_q := \max(\delta_{1;z}, \delta_{2;z}) = 9.6 \text{ mm}$$

$$\delta_z := \delta_g + \delta_q = 10 \text{ mm} \leq \delta_{z;lim} = 12.5 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.5.2. Vodorovná deformace ve směru osy y

- Nosník bude zatížen charakteristickými silami od všech vodorovných zatížení.

Limitní průhyb

$$\delta_{y;lim} := \frac{l}{600} = 12.5 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm}$$

Charakteristické zatížení od zrychlení mostu jeřábu

$$H_{T;1} = 18.946 \text{ kN}$$

schéma ZS 3:

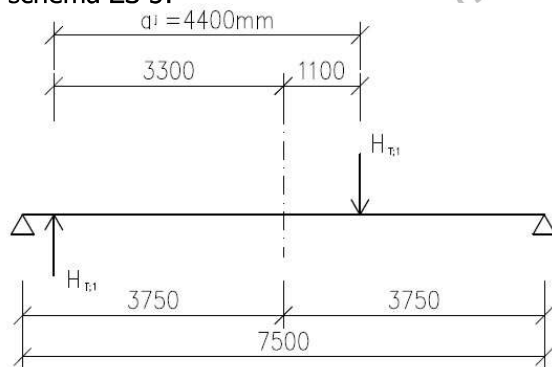
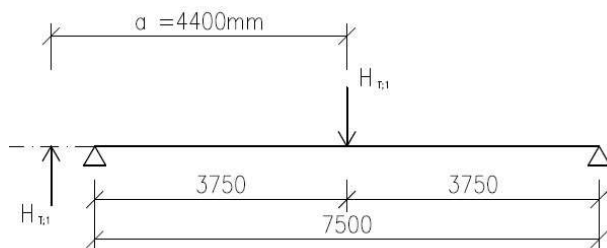


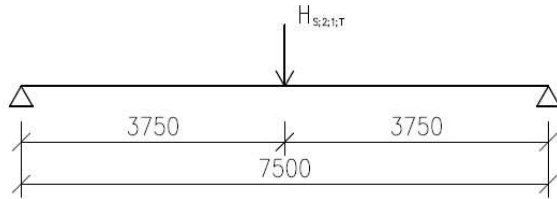
schéma ZS 4:



Charakteristické zatížení od příčeni jeřábu

$$H_{S;2;1;T} = 44.693 \text{ kN}$$

schéma ZS 5:



Charakteristické zatížení od zrychlení kočky

$$H_{T3;1} = 10.398 \text{ kN}$$

schéma ZS 6:

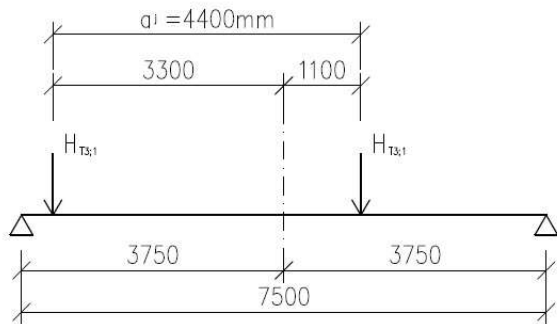
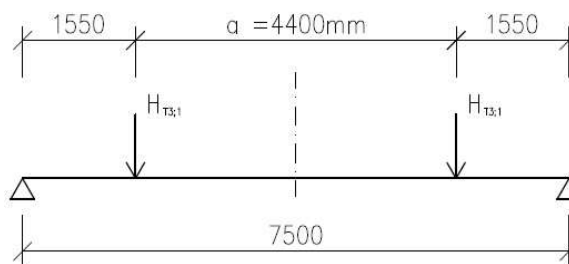
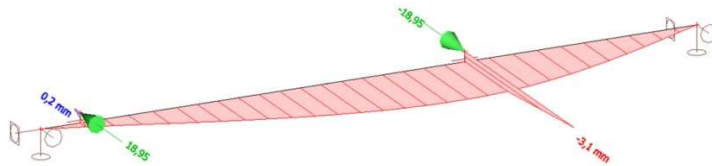


schéma ZS 7:



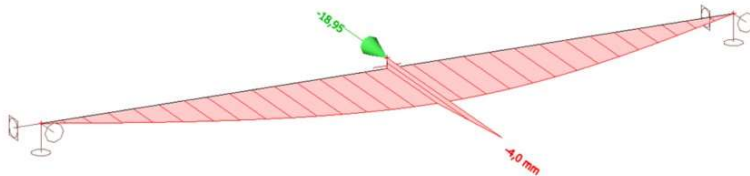
Výsledné vodorovné deformace v ose y

Vodorovný průhyb od ZS 3:



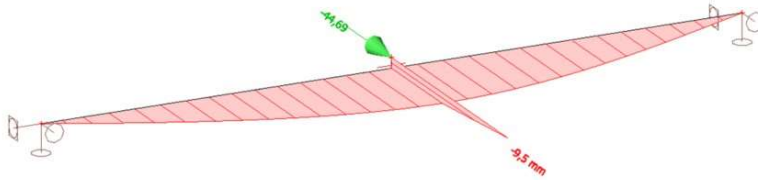
$$\delta_{3;y} := 3.1 \text{ mm}$$

Vodorovný průhyb od ZS 4:



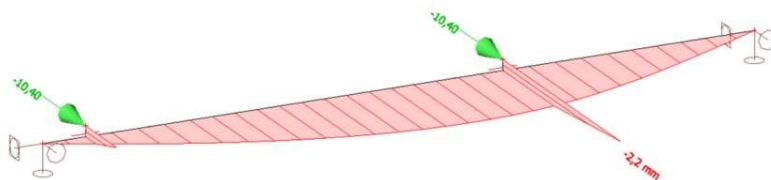
$$\delta_{4;y} := 4.0 \text{ mm}$$

Vodorovný průhyb od ZS 5:



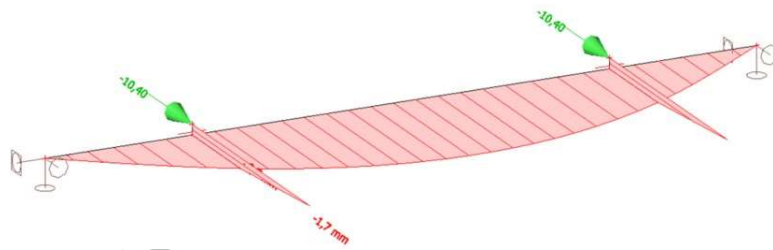
$$\delta_{5;y} := 9.5 \text{ mm}$$

Vodorovný průhyb od ZS 6:



$$\delta_{6;y} := 2.2 \text{ mm}$$

Vodorovný průhyb od ZS 7:



$$\delta_{7;y} := 1.7 \text{ mm}$$

Posouzení celkového vodorovného průhybu

$$\delta_y := \max(\delta_{3;y}, \delta_{4;y}, \delta_{5;y}, \delta_{6;y}, \delta_{7;y}) = 9.5 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 9.5 \text{ mm} \leq \delta_{y;lim} = 12.5 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.6. Posouzení MSÚ

5.6.1. Napětí v dolních vláknech

- Spodní vlákna jsou namáhána vlivem ohybového momentu $M_{y;Ed}$.

$$\sigma_{1;d;Ed} := \frac{M_{1;y;Ed}}{I_y} \cdot (-z_d) = 151.756 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{5;d;Ed} := \frac{M_{5;y;Ed}}{I_y} \cdot (-z_d) = 125.653 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.6.2. Napětí v horních vláknech

- Horní vlákna jsou namáhána vlivem ohybových momentů $M_{y;Ed}$, $M_{1;z;Ed}$

a Normálové síly N_{Ed} .

$$\sigma_{1;h;Ed} := \frac{N_{1;Ed}}{A} + \frac{M_{1;y;Ed}}{I_y} \cdot z_h + \frac{M_{1;z;Ed}}{I_z} \cdot y_s = 143.989 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{1;h;Ed} = 143.989 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{5;h;Ed} := \frac{N_{5;Ed}}{A} + \frac{M_{5;y;Ed}}{I_y} \cdot z_h + \frac{M_{5;z;Ed}}{I_z} \cdot y_s = 151.074 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{5;h;Ed} = 151.074 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.6.3. Interakce klopení a kroucení

- Hlavní jeřábový nosník je otevřený svařovaný profil a po délce není podepřen. Je tedy nutné posoudit klopení. Kroucení vzniká vlivem vodorovného zatížení na horní hraně kolejnice. Výpočtem interakce klopení a kroucení je dosaženo nejnepríznivějšího působení.

Klopení

$$l_{LT} := l = 7.5 \text{ m}$$

$$k_w := 1.0 \quad (\text{není bráněno deplanaci ani na jednom konci nosníku})$$

$$k_z := 1.0 \quad (\text{vybočení kolmo k ose z-z; kloubově uložené konce})$$

Bezrozměrný parametr kroucení κ_{wt}

$$\kappa_{wt} := \frac{\pi}{k_w \cdot l_{LT}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = 1.347$$

$$C_{1,0} := 1.35$$

$$C_{1,1} := 1.36$$

$$C_2 := 0.55$$

$$C_3 := 0.41$$

Bezrozměrný parametr působivosti zatížení vzhledem ke středu smyku ζ_g

$$e := z_h + h_r - z_s = 110 \text{ mm}$$

$$z_g := e = 110 \text{ mm}$$

$$\zeta_g := \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot l_{LT}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = 1.04$$

Bezrozměrný parametr nesymetrie zatížení ζ_j

$$z_s = 149 \text{ mm}$$

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

$$z_j := 106.7 \text{ mm}$$

$$\zeta_j := \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot l_{LT}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = 1.009$$

Součinitele C

$$C_1 := C_{1;0} + (C_{1;1} - C_{1;0}) \cdot \kappa_{wt} = 1.36 \leq C_{1;1} = 1.36 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$C_2 = 0.55$$

$$C_3 = 0.41$$

Bezrozměrný kritický moment μ_{cr}

$$\mu_{cr} := \frac{C_1}{k_z} \cdot \left(\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right) = 2.201$$

Kritický moment M_{cr}

$$M_{cr} := \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{l_{LT}} = (3.946 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poměrná štíhlost λ_{LT}

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el;y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.519$$

Součinitel klopení χ_{LT}

$$\frac{h_p}{b_p} = 0.786 \leq 2 \rightarrow \text{křivka klopení d (jiné průřezy)} \rightarrow \alpha_{LT} := 0.76$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2) = 0.756$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 + \lambda_{LT}^2}} = 0.597$$

Kroucení

- Výstřednost působišť kolového zatížení je zanedbána

Rameno vodorovných sil e

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

Parametr tuhosti prutu při kroucení K_t

$$K_t := l \cdot \sqrt{\frac{G \cdot I_t}{E \cdot I_w}} = 2.332$$

Rozdělovací parametr κ

Okrajové podmínky při kroucení		Krutící zatížení		α	β	
Oboustranné podpěření nosniku	prosté podpěření (volná deplanace)	plně rovnoměrné		3,1	1,00	
		obecné		3,7	1,08	
	vetknutí (deplanaci je zabráněno)	plně rovnoměrné	pro vnitřní síly v podpoře		8,0	1,25
			pro maximum v poli		5,6	1,00
	obecné			6,9	1,14	
Konzola	vetknutí	obecné – pro vnitřní síly v podpoře		2,7	1,11	

$$\alpha := 3.7$$

$$\beta := 1.08$$

$$\kappa := \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_t}\right)^2} = 0.278$$

Bimoment vázaného kroucení B_{Ed}

$$B_{1;Ed} := M_{1;z;Ed} \cdot e \cdot (1 - \kappa) = 5.713 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$B_{5;Ed} := M_{5;z;Ed} \cdot e \cdot (1 - \kappa) = 8.985 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Neznámé chybějící pro posouzení

$$\omega_{max} := \frac{b_p \cdot h_p}{4} = 0.062 \text{ m}^2$$

$$B_{Rk} := \frac{I_w}{\omega_{max}} \cdot f_y = 53.842 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Skupina zatížení 1:

$$k_{1;w} := 0.7 - \frac{0.2 \cdot B_{1;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.679$$

$$k_{1;zw} := 1 - \frac{M_{1;z;Ed}}{W_{el;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.877$$

$$k_{1;a} := \frac{1}{1 - \frac{M_{1;y;Ed}}{M_{cr}}} = 1.13$$

Skupina zatížení 5:

$$k_{5;w} := 0.7 - \frac{0.2 \cdot B_{5;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.667$$

$$k_{5;zw} := 1 - \frac{M_{5;z;Ed}}{W_{el;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.806$$

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

Posouzení interakce klopení a kroucení

Skupina zatížení 1:

$$\frac{M_{1;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{el;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{1;z;Ed}}{W_{el;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{1;w} \cdot k_{1;zw} \cdot k_{1;a} \cdot B_{1;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.911 \leq 1.0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Skupina zatížení 5:

$$\frac{M_{5;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{el;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{5;z;Ed}}{W_{el;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{5;w} \cdot k_{5;zw} \cdot k_{5;a} \cdot B_{5;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.886 \leq 1.0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Využití průřezu na kombinaci klopení a kroucení je 91.1%.

5.6.4. Interakce vzpěru, ohybu a kroucení

Zatřídění stojiny

$$c_s := d_{HEA}$$

$$x := \frac{\max(N_{1;Ed}, N_{5;Ed})}{t_{w;HEA} \cdot f_y} = 5.396 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d_{HEA} + x}{d_{HEA}} = 0.516$$

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

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 56.486$$

$$\frac{c_s}{t_{w;HEA}} = 29.913 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 56.486 \rightarrow \text{Stojina splňuje podmínky 1. třídy}$$

Zatřídění pásnice

$$c_{p;h} := \frac{b_p}{2} - \frac{t_{w;HEA}}{2} - r_{HEA} - r_L - t_L = 221.25 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{p;h}}{t_L} = 18.438 \leq 33 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 26.849 \rightarrow \text{Pásnice splňuje podmínky 1. třídy}$$

$$c_{p;v} := b_L - r_L - t_L = 104 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{p;v}}{t_L} = 8.667 \leq 14 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 11.391$$

→ Svislá část L průřezu splňuje podmínky 3. třídy

Vzpěrné délky L_{cr}

$$l = 7.5 \text{ m}$$

$$L_{cr;y} := l$$

$$L_{cr;z} := l$$

Štíhlosti λ

$$\lambda_y := \frac{L_{cr;y}}{i_y} = 40.984$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr;z}}{i_z} = 53.957$$

Poměrné štíhlosti λ

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

$$\lambda_{y-} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.54$$

$$\lambda_{z-} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.71$$

Součinitele vzpěrnosti χ

$$\chi_y := 0.866 \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

$$\chi_z := 0.820 \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

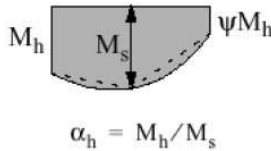
Součinitele ekvivalentního konstantního momentu C

$$C_{my} := 0.90$$

$$C_{mz} := 0.90$$

$$\alpha_h := 0 \rightarrow$$

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



Charakteristické hodnoty únosnosti

$$B_{Rk} = 53.842 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = (8.452 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{y;Rk} := W_{el;y} \cdot f_y = (1.064 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;Rk} := W_{el;z} \cdot f_y = 583.052 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Součinitele k

Skupina zatížení 1:

$$k_{1;yy} := \min \left(C_{my} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \lambda_{y-} \cdot \frac{N_{1;Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \frac{N_{1;Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$k_{1;yy} = 0.901$$

$$k_{1;zy} := \max \left(\left(1 - \frac{0.05 \cdot \lambda_{z-}}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{1;Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), \left(1 - \frac{0.05}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{1;Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$k_{1;zy} = 1$$

$$k_{1;zz} := \min \left(C_{mz} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \lambda_{z-} \cdot \frac{N_{1;Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{mz} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \frac{N_{1;Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$k_{1;zz} = 0.901$$

$$k_{1;yz} := k_{1;zz} = 0.901$$

Skupina zatížení 5:

$$k_{5;yy} := \min \left(C_{my} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \lambda_{y-} \cdot \frac{N_{5;Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \frac{N_{5;Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$k_{5;yy} = 0.9$$

$$k_{5;zy} := \max \left(\left(1 - \frac{0.05 \cdot \lambda_{z-} \cdot \frac{N_{5;Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}}{C_{mLT} - 0.25} \right), \left(1 - \frac{0.05 \cdot \frac{N_{5;Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}}{C_{mLT} - 0.25} \right) \right)$$

$$k_{5;zy} = 1$$

$$k_{5;zz} := \min \left(C_{mz} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \lambda_{z-} \cdot \frac{N_{5;Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{mz} \cdot \left(1 + 0.6 \cdot \frac{N_{5;Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$k_{5;zz} = 0.9$$

$$k_{5;yz} := k_{5;zz} = 0.9$$

Posouzení interakce vzpěru, ohybu a kroucení

Skupina zatížení 1:

$$\frac{N_{1;Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{1;yy} \cdot \frac{M_{1;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y;Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{1;yz} \cdot \frac{M_{1;z;Ed}}{\frac{M_{z;Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{1;w} \cdot k_{1;zw} \cdot k_{1;a} \cdot B_{1;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.831$$

0.786 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

$$\frac{N_{1;Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{1;zy} \cdot \frac{M_{1;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y;Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{1;zz} \cdot \frac{M_{1;z;Ed}}{\frac{M_{z;Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{1;w} \cdot k_{1;zw} \cdot k_{1;a} \cdot B_{1;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.902$$

0.902 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

Skupina zatížení 5:

$$\frac{N_{5;Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{5;yy} \cdot \frac{M_{5;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y;Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{5;yz} \cdot \frac{M_{5;z;Ed}}{\frac{M_{z;Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{5;w} \cdot k_{5;zw} \cdot k_{5;a} \cdot B_{5;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.807$$

0.738 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

$$\frac{N_{5;Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{5;zy} \cdot \frac{M_{5;y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y;Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{5;zz} \cdot \frac{M_{5;z;Ed}}{\frac{M_{z;Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{5;w} \cdot k_{5;zw} \cdot k_{5;a} \cdot B_{5;Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.867$$

0.867 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

Využití průřezu na kombinaci vzpěrného tlaku a ohybu je 90.2%.

5.6.5. Lokální tlakové a smykové napětí

- Namáhání pod kolem pojezdu.
- Předpoklad, že jeřábová kolejnice je k pásnici připojena pružně.

$$I_r := 2.79 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 = \text{Moment setrvačnosti kolejnice k vlastní vodorovné ose}$$

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

$$b_r := 100 \text{ mm} \text{ (šířka paty kolejnice)}$$

Efektivní šířka pásnice b_{eff}

$$b_{eff} := b_r + 0.75 \cdot h_r + t_{f,HEA} = 184.75 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti pásnice k vlastní vodorovné ose $I_{f,eff}$

$$I_{f,eff} := \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_{f,HEA}^3 = (1.426 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

Účinná roznášecí délka pásnice l_{eff}

$$l_{eff} := 3.25 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_r + I_{f,eff}}{t_{w,HEA}}} = 206.095 \text{ mm}$$

Lokální svislé tlakové napětí $\sigma_{oz;Ed}$

- Největší svislé kolové zatížení = $F_1 = 238.457 \text{ kN}$

$$\sigma_{oz;Ed} := \frac{F_1}{l_{eff} \cdot t_{w,HEA}} = 100.611 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Lokální smykové napětí $\tau_{oxz;Ed}$

$$\tau_{oxz;Ed} := 20\% \cdot \sigma_{oz;Ed} = 20.122 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 204.959 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Interakce normálového a smykové napětí

- Pro konzervativní posouzení byla použita nejvyšší hodnota napětí v horních vláknech.

$$\sqrt{\sigma_{5;h;Ed}^2 + \sigma_{oz;Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{oxz;Ed}^2} = 184.825 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.6.6. Interakce lokálního boulení a ohybového momentu

Lokální boulení

- Posouzení ztráty stability stojiny při lokálním zatížení.

Roznášecí délka na pásnici s_s

$$s_s := l_{eff} - 2 \cdot t_{f;HEA} = 164.095 \text{ mm}$$

Bezrozměrné parametry m

$$m_1 := \frac{b_{HEA}}{t_{w;HEA}} = 26.087$$

$$m_2 := 0$$

Účinná zatížená délka stojiny l_y

$$l_y := s_s + 2 \cdot t_{f;HEA} \cdot \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2}\right) = 420.6 \text{ mm}$$

Součinitel boulení k_F

- $a_v := 7500 \text{ mm}$ = vzdálenost výztuh

- $h_w := h_p - 2 \cdot t_{f;HEA} = 398 \text{ mm}$ = výška stojiny mezi pásnicemi

$$k_F := 6 + 2 \cdot \left(\frac{h_w}{a_v}\right) = 6.106$$

Kritická síla při lokálním boulení F_{cr}

$$F_{cr} := 0.9 \cdot k_F \cdot E \cdot \frac{t_{w;HEA}^3}{h_w} = (4.41 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost $\lambda_{F_}$

$$\lambda_{F_} := \sqrt{\frac{l_y \cdot t_{w;HEA} \cdot f_y}{F_{cr}}} = 0.624$$

Součinitel lokálního boulení χ_F

$$\chi_F := \frac{0.8}{\lambda_{F_}} = 1.282$$

Účinná délka L_{eff}

$$L_{eff} := \chi_F \cdot l_y = 539.2 \text{ mm}$$

Výsledná únosnost při lokálním boulení stojiny F_{Rd}

$$F_{Rd} := \frac{f_y \cdot L_{eff} \cdot t_{w;HEA}}{\gamma_{M1}} = (2.201 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Posouzení spolehlivosti lokálního boulení stojiny

$$F_{Ed} := F_1 = 238.457 \text{ kN} \leq F_{Rd} = (2.201 \cdot 10^3) \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Vzhledem k vyhovění podmínky nemusíme uvažovat nenulové m_2 . Jeho nenulová hodnota by vedla k větší návrhové únosnosti F_{Rd} .

Posouzení interakce lokálního boulení a ohybového momentu

Elastická momentová únosnost $M_{el;Rd}$

$$M_{el;Rd} := W_{el;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = (1.064 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Skupina zatížení 1:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} + 0.8 \cdot \frac{M_{1;y;Ed}}{M_{el;Rd}} = 0.451 \leq 1.4 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Skupina zatížení 5:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} + 0.8 \cdot \frac{M_{5;y;Ed}}{M_{el;Rd}} = 0.392 \leq 1.4 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Využití průřezu na kombinaci lokálního boulení a ohybu je 45.1%.

5.6.7. Globální smykové napětí

- Při výpočtu globálního smykového napětí zanedbáváme smykové napětí od kroucení, uvažujeme extrémní návrhovou posouvající sílu $V_{1;z;Ed} = 319.24 \text{ kN}$.

Statický moment horní pásnice k těžišťové ose y $S_{f;y}$

$$S_{f;y} := b_p \cdot t_{f;HEA} \cdot \left(z_h - \frac{t_{f;HEA}}{2} \right) = (1.923 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

Globální smykové napětí

$$\tau_{v;Rd} := \frac{V_{1;z;Ed} \cdot S_{f;y}}{I_y \cdot t_{w;HEA}} = 66.862 \text{ MPa}$$

Posouzení globálního smykového napětí

$$\tau_{v;Rd} = 66.862 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 204.959 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Statický moment L průřezu k těžišťové ose y $S_{f;y}$

$$A_L := 3000 \text{ mm}^2$$

$$z_{L;s} := 36.4 \text{ mm}$$

$$S_{f;y} := A_L \cdot (z_h - z_{L;s}) = (4.128 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

Globální smykové napětí

$$\tau_{v;Rd} := \frac{V_{1;Ed} \cdot S_{f;y}}{I_y \cdot t_L} = 13.757 \text{ MPa}$$

Posouzení globálního smykového napětí

$$\tau_{v;Rd} = 13.757 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 204.959 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.7. Posouzení MSÚ FAT (ÚNAVA)

- Návrhová životnost jeřábové dráhy s ohledem na posouzení na únavu je 25 let.
- Předpokládám mírné důsledky porušení únavovým lomem, volím tedy metodu bezpečné životnosti.

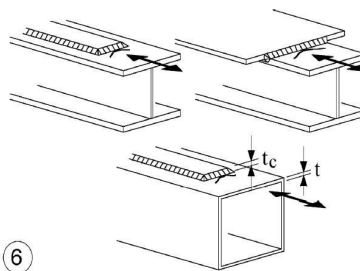
$$\gamma_{Mf} := 1.15$$

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

5.7.1. Kategorie detailů

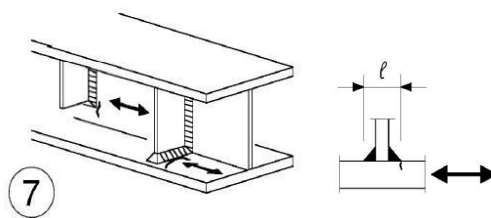
5.7.1.1. Základní materiál horní pásnice v místě přivařených vodících plechů kolejnice

- Tabulka 8.5. č.6 (ČSN EN 1993-1-9)
- Kategorie detailu 56
- $t_c < t \leq 20 \text{ mm}$



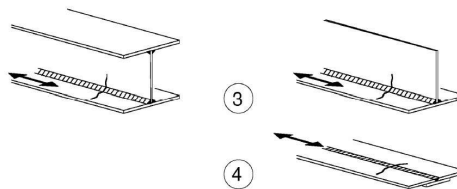
5.7.1.2. Základní materiál stojiny s přivařenou výztuhou v místě podpor

- Tabulka 8.4. č.7 (ČSN EN 1993-1-9)
- Kategorie detailu 80
- $50 \text{ mm} < l \leq 80 \text{ mm}$



5.7.1.3. Základní materiál horní pásnice v místě přivařených L profilů

- Tabulka 8.2. (ČSN EN 1993-1-9)
- Kategorie detailu 112



Rozhodující v mém případě bude posouzení Základního materiálu horní pásnice v místě přivařených vodících plechů kolejnice. (viz 5.7.1.1.)

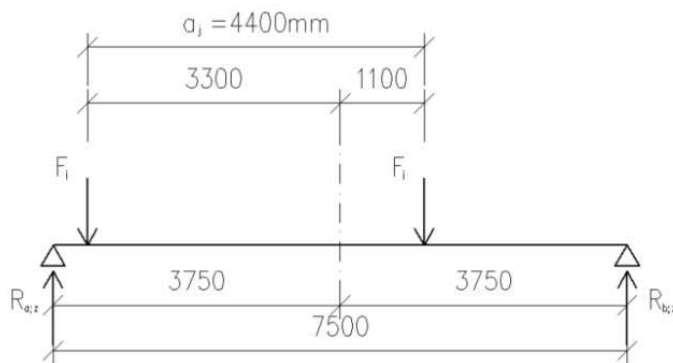
5.7.2. Posouzení pásnic pro rozkmit normálového napětí od ohybového momentu

$\Delta\sigma_C := 56 \text{ MPa}$ = Referenční únavová pevnost

- Břemeno představující konstantní rozkmit proměnlivého zatížení v ekvivalentním návrhovém spektru $F_M := 64.634 \text{ kN} = Q_{e,\sigma}$

Zatěžovací stav 1

Schéma ZS1:



Vnitřní síly a reakce ZS1:

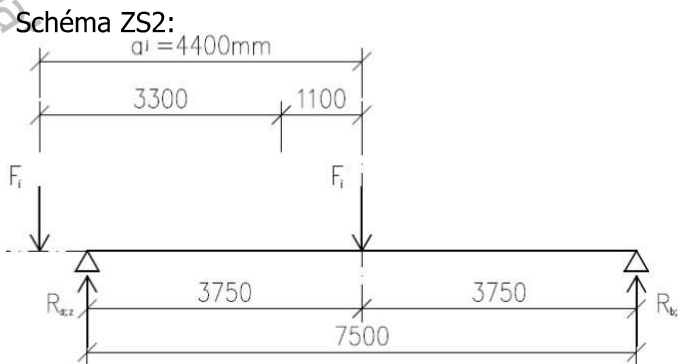
$$R_{b1,z} := \frac{F_M \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{a_j}{4} - a_j \right) + F_M \cdot \left(\frac{l}{2} + \frac{a_j}{4} \right)}{l} = 45.675 \text{ kN}$$

$$R_{a1,z} := 2 \cdot F_M - R_{b1,z} = 83.593 \text{ kN}$$

$$V_{1,Ed,z} := R_{a1,z} = 83.593 \text{ kN}$$

$$M_{1,Ed,y} := R_{b1,z} \cdot \left(\frac{l}{2} - \frac{a_j}{4} \right) = 121.038 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatěžovací stav 2



Vnitřní síly a reakce ZS1:

$$R_{a2;z} := \frac{1}{2} \cdot F_M = 32.317 \text{ kN} = R_{b1;2;z}$$
$$V_{2;Ed;z} := \frac{1}{2} \cdot F_M = 32.317 \text{ kN}$$
$$M_{2;Ed;y} := \frac{1}{4} \cdot F_M \cdot l = 121.189 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Rozhodující vnitřní síly:

$$\Delta V_{E2} := \max(V_{1;Ed;z}, V_{2;Ed;z}) = 83.593 \text{ kN}$$
$$\Delta M_{E2} := \max(M_{1;Ed;y}, M_{2;Ed;y}) = 121.189 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ekvivalentní konstantní rozkmit jmenovitého napětí $\Delta\sigma_{E2}$

$$\Delta\sigma_{E2} := \frac{\Delta M_{E2}}{W_{el;y}} = 40.416 \text{ MPa}$$

Výpočet únavového poškození

$$D_\sigma := \gamma_{Mf}^3 \cdot \Delta\sigma_{E2}^3 \cdot \left(\frac{\gamma_{Mf}}{\Delta\sigma_C} \right)^3 = 0.87$$

$$D_\sigma = 0.87 \leq 1.0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.7.3. Posouzení stojiny pro rozkmit hlavního napětí od ohyb. momentu a pos. síly

$\Delta\sigma_C := 80 \text{ MPa}$ = Referenční únavová pevnost

- Břemeno představující konstantní rozkmit proměnlivého zatížení v ekvivalentním návrhovém spektru $F_M := 64.634 \text{ kN} = Q_{e;\sigma}$

Rozhodující vnitřní síly:

$$\Delta V_{E2} = 83.593 \text{ kN}$$

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

Ekvivalentní konstantní rozkmit jmenovitého napětí $\Delta\sigma_{E2}$

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

$$z := \frac{h_p - 2 \cdot t_{f;HEA}}{2} = 199 \text{ mm}$$

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

Ekvivalentní konstantní rozkmit jmenovitého smykového napětí τ_{E2}

S_y = Statický moment pásnice k těžišťové ose y

$$S_y := \frac{h_p - t_{f;HEA}}{2} \cdot t_{f;HEA} \cdot b_p = (2.464 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\Delta\tau_{E2} := \frac{\Delta V_{E2} \cdot S_y}{I_y \cdot t_{w;HEA}} = 22.434 \text{ MPa}$$

Rozkmit hlavního $\Delta\sigma_{eq;E2}$

$$\Delta\sigma_{eq;E2} := \frac{1}{2} \cdot \left(\Delta\sigma_{E2} + \sqrt{\Delta\sigma_{E2}^2 + 4 \cdot \Delta\tau_{E2}^2} \right) = 22.434 \text{ MPa}$$

Výpočet únavového poškození

$$D_\sigma := \gamma_{Mf}^3 \cdot \Delta\sigma_{eq;E2}^3 \cdot \left(\frac{\gamma_{Mf}}{\Delta\sigma_C} \right)^3 = 0.051$$

$$D_\sigma = 0.051 \leq 1.0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

6. Návrh hlavní vazby haly

6.1. Zatěžovací stavy

6.1.1. ZS 1: Vlastní tíha nosné konstrukce

- Vlastní tíha bude spočítána programem SCIA Engineer 21.1

6.1.2. ZS 2: Ostatní stálé zatížení

- Do ostatního stálého nejsou započítány síly od jeřábu a jeřábového nosníku. S tímto zatížením je počítáno samostatně v zatěžovacím stavu ZS 3.
- Rozpon vazeb: $l = 7.5 \text{ m}$

Střešní plášť:

- Sendvičový panel Ondatherm 1001 TS - 100 PU

$$f_{k;sp} := 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_{k;sp} := l \cdot f_{k;sp} = 1.13 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

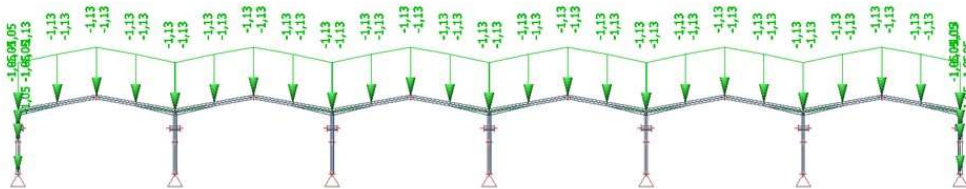
Obvodový plášť:

- Sendvičový panel Promisol 1003B - 100

$$f_{k;op} := 0.14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_{k;op} := l \cdot f_{k;op} = 1.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Schéma zatěžovacího stavu:



6.1.3. ZS 3: Stálé zatížení od jeřábu a jeřabového nosníku

Svislé zatížení:

- Pro volbu statického schématu a předběžné posouzení průřezů bude konzervativně uvažována větší ze svislých reakcí od jeřábu.

Síly působící na jeřabový nosník:

$$F_{1;k} := \varphi_1 \cdot Q_{C,T;max} + \varphi_2 \cdot Q_{H,T;max} = 176.635 \text{ kN}$$

Reakce jeřabového nosníku od působícího jeřábu :

- Pro výpočet maximální svislé reakce jeřabového nosníku od působení jeřábu je použit zatěžovací stav, při kterém je dvojice kol umístěna symetricky nad podporou. Síla od jeřábu působící na konzolu vynášející jeřabový nosník je tedy součet hodnot dvou reakcí $R_{a;z}$.

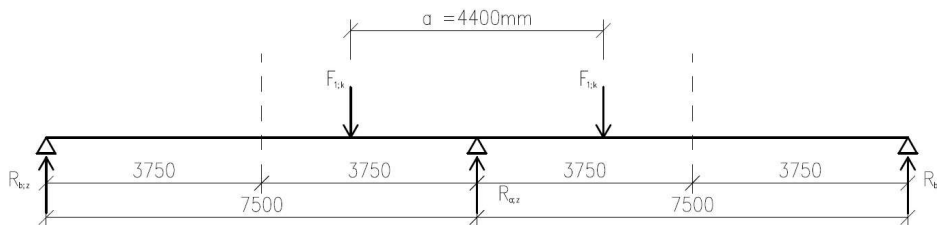
$$R_{a;z} := \frac{F_{1;k} \cdot \left(l - \frac{a_j}{2} \right)}{l} = 124.822 \text{ kN}$$

$$R_{b;z} := \frac{F_{1;k} \cdot \frac{a_j}{2}}{l} = 51.813 \text{ kN}$$

$$F_R := 2 \cdot R_{a;z} = 249.643 \text{ kN}$$

Schéma zatěžovacího stavu:

- Na schématu jsou dva prosté nosníky sdílející jednu podporu.



Reakce od vlastní tíhy jeřabového nosníku:

$$g_{k;k} := 0.296 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \text{Liniové zatížení od kolejnice}$$

$$g_{k;HEA} := 1.398 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \text{Liniové zatížení od HEA450}$$

$$g_{k;L} := 0.236 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \text{Liniové zatížení od L130x12}$$

$$G_{k;j} := 2 \cdot \frac{l}{2} \cdot (g_{k;k} + g_{k;HEA} + 2 \cdot g_{k;L}) = 16.245 \text{ kN}$$

Svislá charakteristická síla působící na konzolu vynášející jeřabový nosník:

$$F_{j;k} := F_R + G_{k;j} = 265.89 \text{ kN}$$

Vodorovné zatížení:

- Působení vodorovného zatížení bude dle ČSN EN 1991-3 uvažováno maximálně ve čtyřech lodích z celkových šesti. V podrobném posudku vybraného zatěžovacího schématu však bude vyzkoušeno více zatěžovacích stavů dle umístění vodorovných sil na konstrukci. Vodorovná zatížení budou uvažována jako maximální vodorovné síly, které by na nosník mohly působit.

1. Max Vz charakteristická

$$H_{j;k;1} := \frac{\max(V_{1;y;Ed}, V_{5;y;Ed})}{\gamma_{Q;sup}} = 22.35 \text{ kN}$$

2. Příčení mostu jeřábu

$$H_{j;k;2;1} := H_{S;1;1,T} = 15.307 \text{ kN}$$

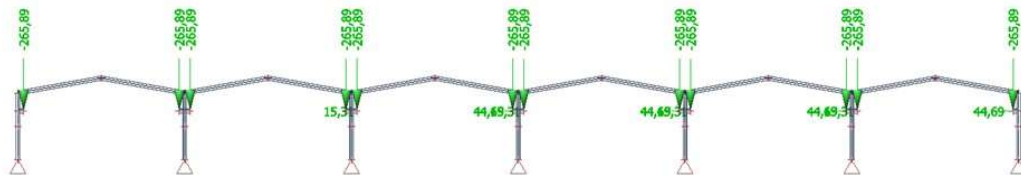
$$H_{j;k;2;2} := H_{S;2;1,T} = 44.69 \text{ kN}$$

Maximální vodorovné charakteristické síly působící na konzolu vynášející jeřábový nosník:

$$H_{j;k;2;1} = 15.307 \text{ kN}$$

$$H_{j;k;2;2} = 44.69 \text{ kN}$$

Schéma zatěžovacího stavu:



6.1.4. ZS 4: Vítr příčný

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_{p(z)}$ [kPa]	W_e [kPa]
A	-1,2	0,665	-0,798
B	-0,8	0,665	-0,532
C	-0,5	0,665	-0,333
D	0,7	0,665	0,466
E	-0,3	0,665	-0,200

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_{p(z)}$ [kPa]	W_e [kPa]
Fpultová	-1,30	0,665	-0,865
Gpultová	-1,00	0,665	-0,665
Hpultová	-0,45	0,665	-0,299
Hsedlová	-0,85	0,665	-0,565
Isedlová	-0,55	0,665	-0,366
Jsedlová	-0,65	0,665	-0,432

$$w_{p;D;k} := -0.466 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{p;E;k} := -0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{p;F;k} := -0.865 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{p;G;k} := -0.665 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{p;Hpult;k} := -0.299 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{p;Hsedl;k} := -0.565 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{p;I;k} := -0.366 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{p;J;k} := -0.432 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Vítr působící na stěny:

$$w_{k;p;1} := l \cdot w_{p;D;k} = -3.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{k;p;2} := l \cdot w_{p;E;k} = -1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vítr působící na střechu:

$$w_{k;p;3} := w_{p;F;k} \cdot 1.75 \text{ m} + w_{p;G;k} \cdot 5.75 \text{ m} = -5.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{k;p;4} := w_{p;Hpult;k} \cdot l = -2.24 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{k;p;5} := w_{p;Hsedl;k} \cdot l = -4.24 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{k;p;6} := w_{p;I;k} \cdot l = -2.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{k;p;7} := 0.6 \cdot w_{k;p;5} = -2.54 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_{k;p;8} := 0.6 \cdot w_{k;p;6} = -1.65 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vítr působící na střechu:



6.1.5. ZS 5: Vítř podélný

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	W_e [kPa]
A	-1,2	0,665	-0,798
B	-0,8	0,665	-0,532
C	-0,5	0,665	-0,333
D	0,7	0,665	0,466
E	-0,3	0,665	-0,200

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	W_e [kPa]
F	-1,45	0,665	-0,964
G	-1,30	0,665	-0,865
H	-0,65	0,665	-0,432
I	-0,55	0,665	-0,366
J	0,0	0,665	0,000

$$w_{d;A;k} := -0.798 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{d;B;k} := -0.532 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{d;H;k} := -0.432 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{d;I;k} := -0.366 \frac{kN}{m^2}$$

Vítř působící na stěny:

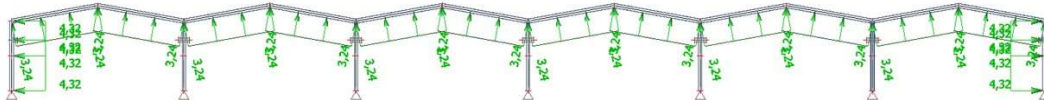
$$w_{k;d;1} := w_{d;A;k} \cdot 1.225 \text{ m} + w_{d;B;k} \cdot 6.275 \text{ m} = -4.32 \frac{kN}{m}$$

Vítř působící na střechu:

$$w_{k;d;2} := w_{d;H;k} \cdot l = -3.24 \frac{kN}{m}$$

$$w_{k;d;3} := w_{d;I;k} \cdot l = -2.75 \frac{kN}{m}$$

Schéma zatěžovacího stavu:



6.1.6. ZS 6: Sněhové návěje

Plošné zatížení sněhem

$$s_{k;1} = 0.56 \frac{kN}{m^2}$$

Plošné zatížení navátého sněhu

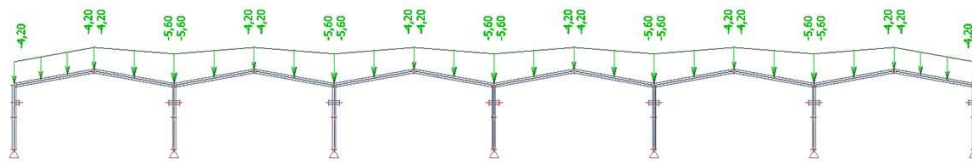
$$s_{k;2} = 0.747 \frac{kN}{m^2}$$

Liniové zatížení sněhem:

$$s_{k;p;1} := s_{k;1} \cdot l = 4.2 \frac{kN}{m}$$

$$s_{k;p;2} := s_{k;2} \cdot l = 5.6 \frac{kN}{m}$$

Schéma zatěžovacího stavu:



6.1.7. ZS 7: Mimořádné sněhové návěje

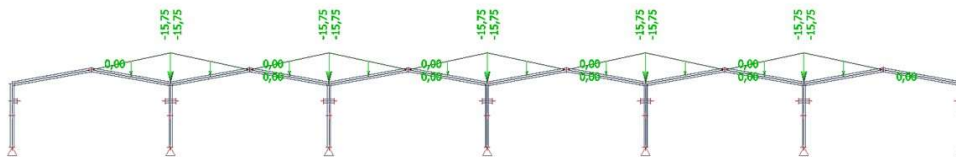
Plošné zatížení vyjimečně navátého sněhu

$$s_{k;3} = 2.1 \frac{kN}{m^2}$$

Liniové zatížení sněhových návějí:

$$s_{k;p;1} := s_{k;3} \cdot l = 15.75 \frac{kN}{m}$$

Schéma zatěžovacího stavu:



6.2. Kombinace zatěžovacích stavů

$$\psi_s := 0.5$$

$$\psi_w := 0.6$$

ZS1 = Vlastní tíha nosné konstrukce

ZS2 = Ostatní stálé zatížení

ZS3 = Proměnné zatížení od jeřábu a jeřábového nosníku

ZS4 = Vítr příčný

ZS5 = Vítr podélný

ZS6 = Sněhové návěje

ZS7 = Mimořádné sněhové návěje

6.2.1. Mezní stav únosnosti

$$CO1 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2) + 1.5 \cdot ZS4$$

$$CO2 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2) + 1.5 \cdot ZS5$$

$$CO3 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot ZS4$$

$$CO4 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot ZS5$$

$$CO5 = 1.35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot ZS6$$

$$CO6 = 1.35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot ZS7$$

$$CO7 = 1.35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot \psi_w \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS6$$

$$CO8 = 1.35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot \psi_s \cdot ZS6$$

$$CO9 = 1.35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot \psi_w \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS7$$

$$CO10 = 1.35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot \psi_s \cdot ZS7$$

$$CO11 = 1.35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot \psi_w \cdot ZS5 + 1.5 \cdot ZS6$$

$$CO12 = 1.35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot ZS5 + 1.5 \cdot \psi_s \cdot ZS6$$

$$CO13 = 1.35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot \psi_w \cdot ZS5 + 1.5 \cdot ZS7$$

$$CO14 = 1.35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.5 \cdot ZS5 + 1.5 \cdot \psi_s \cdot ZS7$$

6.2.2. Mezní stav použitelnosti

$$CO15 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2) + 1.0 \cdot ZS4$$

$$CO16 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2) + 1.0 \cdot ZS5$$

$$CO17 = 1.0 \cdot (ZS1 + KZ2 + ZS3) + 1.0 \cdot ZS4$$

$$CO18 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.0 \cdot ZS5$$

$$CO19 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.0 \cdot ZS6$$

$$CO20 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.0 \cdot ZS7$$

$$CO21 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.0 \cdot \psi_w \cdot ZS4 + 1.0 \cdot ZS6$$

$$CO22 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.0 \cdot ZS4 + 1.0 \cdot \psi_s \cdot ZS6$$

$$CO23 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.0 \cdot \psi_w \cdot ZS4 + 1.0 \cdot ZS7$$

$$CO24 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.0 \cdot ZS4 + 1.0 \cdot \psi_s \cdot ZS7$$

$$CO25 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.0 \cdot \psi_w \cdot ZS5 + 1.0 \cdot ZS6$$

$$CO26 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.0 \cdot ZS5 + 1.0 \cdot \psi_s \cdot ZS6$$

$$CO27 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.0 \cdot \psi_w \cdot ZS5 + 1.0 \cdot ZS7$$

$$CO28 = 1.0 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1.0 \cdot ZS5 + 1.0 \cdot \psi_s \cdot ZS7$$

6.3. Návrh statického schématu

- Statické schéma bude zvoleno dle výsledků deformací u_z a u_x
- Pro volbu statického schémata byly použity průřezy:
 - HE800A (krajní sloup bez náběhu)
 - HE800A + náběh $va=550\text{mm}$ (krajní sloup s náběhem)
 - HE700A (vnitřní sloup)
 - IPE 750x134 (příčel bez náběhu)
 - IPE 750x134 + náběh $va=550\text{mm}$ (příčel s náběhy)

Limitní hodnoty deformací

$$l := 22500 \text{ mm}$$

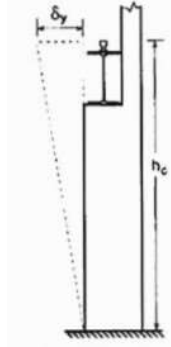
$$h := 9000 \text{ mm}$$

$$h_c := 6350 \text{ mm}$$

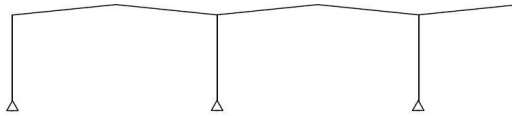
$$u_{z;lim} := \frac{l}{250} = 90 \text{ mm}$$

$$u_{x1;lim} := \frac{h}{150} = 60 \text{ mm}$$

$$u_{x2;lim} := \min\left(\frac{h_c}{400}, \frac{l}{600}\right) = 16 \text{ mm}$$



Varianta 1: Kloubové uložení patek, sloupy i příčle bez náběhů



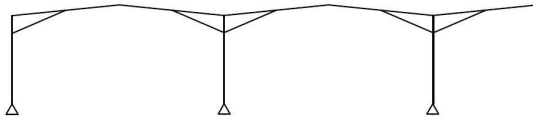
	Posun sloupu u_{x1} [mm]	Posun sloupu u_{x2} [mm]	Průhyb příčle u_z [mm]
CO15	6,4	5,5	3,1
CO16	0,8	0,8	0,3
CO17	34,3	30,1	6,4
CO18	28,6	25,3	5,0
CO19	40,3	34,5	17,2
CO20	39,2	33,0	17,5
CO21	41,4	35,2	14,8
CO22	37,8	31,8	9,8
CO23	40,3	33,7	15,6
CO24	37,5	32,9	10,2
CO25	37,8	32,4	14,4
CO26	31,9	27,2	8,6
CO27	36,8	31,0	14,9
CO28	31,7	28,1	8,9

$$u_{x1;var1} := 41.4 \text{ mm} \leq u_{x1;lim} := \frac{h}{150} = 60 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{x2;var1} := 35.2 \text{ mm} \leq u_{x2;lim} = 16 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

$$u_{z;var1} := 17.5 \text{ mm} \leq u_{z;lim} := \frac{l}{250} = 90 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Varianta 2: Kloubové uložení patek, příčle s náběhy



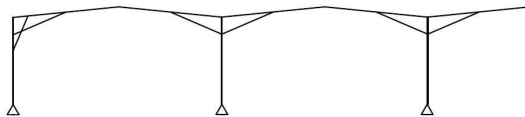
	Posun sloupu u_{x1} [mm]	Posun sloupu u_{x2} [mm]	Průhyb příčle u_z [mm]
CO15	4,7	4,2	2,1
CO16	1,0	1,0	0,7
CO17	26,3	23,3	4,9
CO18	22,4	20,0	5,3
CO19	29,0	25,2	13,1
CO20	28,0	24,3	10,5
CO21	30,0	25,8	10,4
CO22	28,1	24,5	6,7
CO23	29,0	25,6	9,5
CO24	28,1	24,9	6,8
CO25	27,7	24,0	11,4
CO26	24,2	21,2	7,7
CO27	26,7	23,7	9,2
CO28	24,2	21,6	6,1

$$u_{x1,var2} := 30.0 \text{ mm} \leq u_{x1,lim} := \frac{h}{150} = 60 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{x2,var2} := 25.8 \text{ mm} \leq u_{x2,lim} = 16 \text{ mm} \rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

$$u_{z,var2} := 13.1 \text{ mm} \leq u_{z,lim} := \frac{l}{250} = 90 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Varianta 3: Kloubové uložení patek, příčle s náběhy, krajní sloupy s náběhy



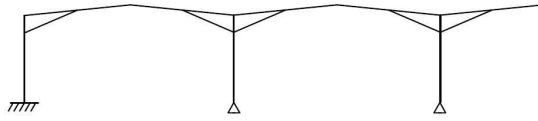
	Posun sloupu u_{x1} [mm]	Posun sloupu u_{x2} [mm]	Průhyb příčle u_z [mm]
CO15	4,4	3,9	1,8
CO16	1,0	1,0	0,6
CO17	25,6	22,7	5,6
CO18	21,8	19,6	6,2
CO19	27,6	23,9	12,5
CO20	26,9	23,9	10,4
CO21	28,6	24,5	10,4
CO22	27,1	24,0	7,2
CO23	28,2	25,1	9,5
CO24	27,4	24,4	6,8
CO25	26,5	22,8	11,1
CO26	23,4	20,8	8,1
CO27	25,9	23,3	9,1
CO28	23,6	21,2	6,3

$$u_{x1,var3} := 26.8 \text{ mm} \leq u_{x1,lim} := \frac{h}{150} = 60 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{x2,var3} := 25.1 \text{ mm} \leq u_{x2,lim} = 16 \text{ mm} \rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

$$u_{z,var3} := 12.5 \text{ mm} \leq u_{z,lim} := \frac{l}{250} = 90 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Varianta 4: Kloubové uložení vnitřních patek, vetknuté krajní patky, přičle s náběhy



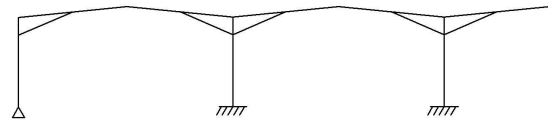
	Posun sloupu u_{x1} [mm]	Posun sloupu u_{x2} [mm]	Průhyb přičle u_z [mm]
CO15	2,0	1,5	1,4
CO16	0,4	0,3	0,1
CO17	14,5	13,7	6,5
CO18	12,9	12,1	6,3
CO19	16,2	14,9	11,0
CO20	17,0	15,8	9,2
CO21	16,6	15,2	9,1
CO22	15,7	14,4	6,2
CO23	17,4	16,0	8,4
CO24	16,1	14,9	6,6
CO25	15,6	14,4	9,6
CO26	14,0	13,0	6,8
CO27	16,4	15,3	8,1
CO28	14,4	13,5	6,4

$$u_{x1,var4} := 17.4 \text{ mm} \leq u_{x1,lim} := \frac{h}{150} = 60 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{x2,var4} := 16.0 \text{ mm} \leq u_{x2,lim} = 16 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{z,var4} := 11.0 \text{ mm} \leq u_{z,lim} := \frac{l}{250} = 90 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Varianta 5: Vetknuté vnitřní patky, Kloubové uložení krajních patek, přičle s náběhy



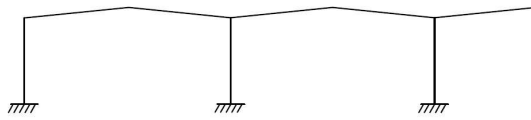
	Posun sloupu u_{x1} [mm]	Posun sloupu u_{x2} [mm]	Průhyb přičle u_z [mm]
CO15	2,3	2,3	2,4
CO16	1,0	1,0	0,7
CO17	8,2	7,6	3,1
CO18	6,7	6,5	2,3
CO19	13,8	13,2	11,1
CO20	12,5	11,6	8,0
CO21	13,4	12,8	9,7
CO22	10,6	10,1	5,7
CO23	12,2	11,2	7,0
CO24	10,1	9,2	4,6
CO25	12,5	12,1	9,3
CO26	9,2	9,0	4,8
CO27	11,3	10,5	6,8
CO28	8,6	8,2	4,1

$$u_{x1,var5} := 13.8 \text{ mm} \leq u_{x1,lim} := \frac{h}{150} = 60 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{x2,var5} := 13.2 \text{ mm} \leq u_{x2,lim} = 16 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{z,var5} := 11.1 \text{ mm} \leq u_{z,lim} := \frac{l}{250} = 90 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Varianta 6: Vetknuté patky, sloupy i příčle bez náběhů



	Posun sloupu u_{x1} [mm]	Posun sloupu u_{x2} [mm]	Průhyb příčle u_z [mm]
CO15	1,6	1,3	2,4
CO16	0,3	0,3	0,4
CO17	6,0	4,9	3,1
CO18	5,0	4,2	2,1
CO19	12,6	9,4	11,4
CO20	11,9	8,5	12,0
CO21	11,7	8,7	9,7
CO22	8,3	6,1	5,9
CO23	11,1	8,2	10,5
CO24	8,1	6,5	6,3
CO25	10,8	8,1	9,0
CO26	6,8	5,3	4,7
CO27	10,2	7,7	9,9
CO28	6,9	5,7	5,1

$$u_{x1,var6} := 12.6 \text{ mm} \leq u_{x1,lim} := \frac{h}{150} = 60 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{x2,var6} := 9.4 \text{ mm} \leq u_{x2,lim} = 16 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{z,var6} := 12.0 \text{ mm} \leq u_{z,lim} := \frac{l}{250} = 90 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Volba statického schématu

- Varianty 1, 2 a 3 nevyhověly na limitní deformace, musely by se tedy výrazně zvětšovat jednotlivé průřezy. Tyto varianty tedy nejsou vhodné.

- Varianta 4 vyhovuje na limitní vodorovnou deformaci i průhyb. Je také technologicky lépe proveditelná než varianta 5 a 6 z důvodu menšího množství vetknutých patek.

- Varianta 5 vyhovuje na limitní vodorovnou deformaci i průhyb. Hodnoty deformací vycházejí menší než u varianty 4, je však technologicky hůře proveditelná z důvodu většího množství vetknutých patek.

- Varianta 6 vyhovuje na limitní vodorovnou deformaci i průhyb. Je však technologicky hůře proveditelná. Výhody varianty 6 spočívají v nejmenších vodorovných deformacích z posuzovaných variant a absencí náběhů.

→ **Pro Návrh konstrukce volím variantu 4**

6.4. Předběžný návrh průřezů

- Návrh dimenze průřezů byl ovlivněn limitními deformacemi, nebylo tedy možné navrhovat průřezy na plné využití.
- Posouzení na MSÚ bylo předběžně provedeno programem SCIA Engineer 21.1.
- Navržené průřezy byly předběžně posouzeny na MSP v kapitole: 6.3. Návrh statického schéma.

Optimalizované průřezy:

- HE800A (krajní sloup)
- HE700A (vnitřní sloup)
- HE450A (konzola)
- IPE 750x134 + náběh $v_a=550\text{mm}$ (příčel s náběhy)

Předběžné posouzení MSÚ

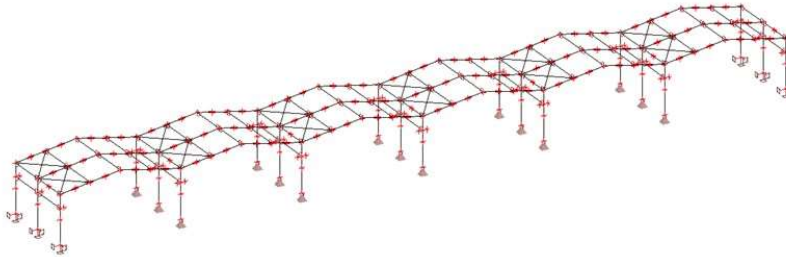
	Využití krajního sloupu MSÚ [-]	Využití vnitřního sloupu MSÚ [-]	Využití příčle MSÚ [-]
CO1	0,07	0,01	0,13
CO2	0,02	0,01	0,02
CO3	0,19	0,26	0,27
CO4	0,18	0,24	0,19
CO5	0,45	0,59	0,55
CO6	0,32	0,65	0,54
CO7	0,44	0,57	0,51
CO8	0,30	0,40	0,37
CO9	0,37	0,63	0,46
CO10	0,28	0,55	0,40
CO11	0,34	0,43	0,45
CO12	0,29	0,38	0,29
CO13	0,30	0,62	0,43
CO14	0,27	0,53	0,34

- Navržený průřez krajního sloupu - HE800A, využití 45%.
- Navržený průřez vnitřního sloupu - HE700A, využití 65%.
- Navržený průřez příčle - IPE750x134 s náběhy IPE750x134 o výšce $v_a=550\text{mm}$, využití 55%.

6.5. Prověření deformací na 3D modelu konstrukce

- Pro ověření spolupůsobení vazeb konstrukce a případnou optimalizaci průřezů hlavních nosných prvků byl sestaven model ze tří vnitřních vazeb, které byly zatíženy všemi zatěžovacími stavy.

Model konstrukce:



Zatížení konstrukce:

- Zatěžovací stavy a zatěžovací kombinace byly užity stejné jako v případě výpočtu deformací na 2D konstrukci. Změnilo se pouze svislé zatížení od jeřábu. V předchozích výpočtech byly deformace počítány s konzervativním svislým zatížením, kde byla uvažována pouze větší z reakcí od jeřábu. 3D model je již zatížen reakcemi $R_{a;z}$ a $R_{b;z}$.

ZS 3: Stálé zatížení od jeřábu a jeřábového nosníku:

Reakce jeřábového nosníku od působícího jeřábu :

$$R_{a;z} = 124.822 \text{ kN}$$

$$R_{b;z} = 51.813 \text{ kN}$$

Reakce od vlastní tíhy jeřábového nosníku:

$$G_{k;j} = 16.245 \text{ kN}$$

Svislé charakteristické síly působící na konzolu vynášející jeřábový nosník:

$$F_{j;1a;k} := 2 \cdot R_{a;z} + G_{k;j} = 265.89 \text{ kN}$$

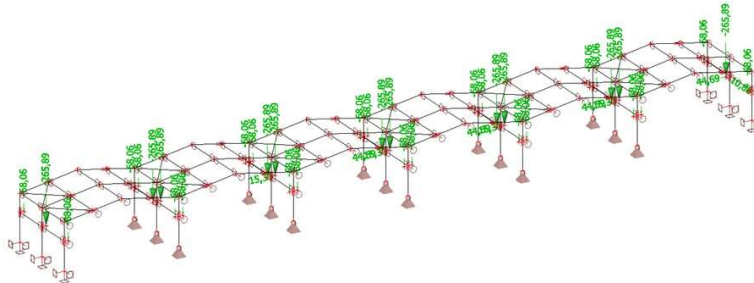
$$F_{j;1b;k} := R_{b;z} + G_{k;j} = 68.06 \text{ kN}$$

Maximální vodorovné charakteristické síly působící na konzolu vynášející jeřábový nosník:

$$H_{j;k;2;1} = 15.307 \text{ kN}$$

$$H_{j;k;2;2} = 44.69 \text{ kN}$$

$$H_{\tau} := 10.881 \text{ kN}$$



Výsledné deformace na 3D modelu:

	Posun sloupu u_{x1} [mm]	Posun sloupu u_{x2} [mm]	Průhyb příče u_z [mm]
CO15	2,1	1,6	1,3
CO16	0,9	0,9	0,8
CO17	6,8	6,7	2,9
CO18	5,5	5,5	2,6
CO19	9,6	8,1	8,2
CO20	9,3	9,0	8,3
CO21	9,6	8,4	7,0
CO22	7,9	7,6	4,7
CO23	9,7	9,4	7,5
CO24	8,4	8,1	4,9
CO25	8,8	7,7	7,1
CO26	6,5	6,4	4,4
CO27	8,9	8,6	7,3
CO28	7,0	6,9	4,6

$$u_{x1;3D} := 9.7 \text{ mm} \leq u_{x1;lim} := \frac{h}{150} = 60 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{x2;3D} := 9.4 \text{ mm} \leq u_{x2;lim} = 16 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{z;3D} := 8.3 \text{ mm} \leq u_{z;lim} := \frac{l}{250} = 90 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Výsledné deformace na 2D modelu:

- deformace na 2D modelu pro porovnání:

	Posun sloupu u_{x1} [mm]	Posun sloupu u_{x2} [mm]	Průhyb příče u_z [mm]
CO15	2,0	1,5	1,4
CO16	0,4	0,3	0,1
CO17	14,5	13,7	6,5
CO18	12,9	12,1	6,3
CO19	16,2	14,9	11,0
CO20	17,0	15,8	9,2
CO21	16,6	15,2	9,1
CO22	15,7	14,4	6,2
CO23	17,4	16,0	8,4
CO24	16,1	14,9	6,6
CO25	15,6	14,4	9,6
CO26	14,0	13,0	6,8
CO27	16,4	15,3	8,1
CO28	14,4	13,5	6,4

$$u_{x1;var4} := 17.4 \text{ mm} \leq u_{x1;lim} := \frac{h}{150} = 60 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{x2;var4} := 16.0 \text{ mm} \leq u_{x2;lim} = 16 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{z;var4} := 11.0 \text{ mm} \leq u_{z;lim} := \frac{l}{250} = 90 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Z výsledků 3D modelu je vidět, že sousedící vazby se výrazně podílejí na přerozdělení sil od jeřábu. Vazba, ve které se jeřáb nachází, tedy vykazuje výrazně menší deformace. V důsledku velmi malých deformací měním průřez na menší dimenze pro větší využití průřezů.

6.6. Optimalizace předběžného návrhu

Výsledné zoptimalizované průřezy:

- HE800A (krajní sloup)
- HE550A (vnitřní sloup)
- HE450A (konzola)
- IPE 550 + náběh $v_a=500\text{mm}$ (příčel s náběhy)

Výsledné deformace na 3D modelu:

	Posun sloupu u_{x1} [mm]	Posun sloupu u_{x2} [mm]	Průhyb příčle u_z [mm]
CO15	2,8	1,8	2,7
CO16	0,9	0,8	0,7
CO17	10,1	10,0	5,3
CO18	8,4	8,4	4,4
CO19	14,6	13,3	12,9
CO20	15,5	15,0	14,0
CO21	14,2	13,5	11,5
CO22	12,1	11,8	7,5
CO23	15,7	15,2	12,5
CO24	13,0	12,7	7,9
CO25	13,2	12,5	11,2
CO26	10,3	10,2	6,9
CO27	14,6	14,2	12,3
CO28	11,2	11,1	7,4

$$u_{x1,m3D} := 15.7 \text{ mm} \leq u_{x1,lim} := \frac{h}{150} = 60 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{x2,m3D} := 15.2 \text{ mm} \leq u_{x2,lim} = 16 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$u_{z,m3D} := 14.0 \text{ mm} \leq u_{z,lim} := \frac{l}{250} = 90 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ Navržené průřezy vyhovují na mezní stav použitelnosti.

Předběžné posouzení MSÚ na 3D modelu:

	Využití krajního sloupu MSÚ [-]	Využití vnitřního sloupu MSÚ [-]	Využití příčle MSÚ [-]
CO1	0,1	0,02	0,16
CO2	0,02	0,01	0,02
CO3	0,12	0,19	0,16
CO4	0,11	0,18	0,09
CO5	0,29	0,33	0,47
CO6	0,26	0,35	0,52
CO7	0,28	0,32	0,40
CO8	0,22	0,29	0,19
CO9	0,24	0,34	0,43
CO10	0,20	0,30	0,25
CO11	0,27	0,31	0,37
CO12	0,21	0,28	0,16
CO13	0,24	0,34	0,41
CO14	0,19	0,29	0,20

- Navržený průřez krajního sloupu - HE800A, využití 29%.

- Navržený průřez vnitřního sloupu - HE550A, využití 35%.

- Navržený průřez příčle - IPE550 s náběhy IPE550 o výšce $v_a=500\text{mm}$, využití 52%.

6.7. Posouzení MSÚ krajního sloupu

Zatížení konstrukce:

- Zatěžovací stavy a zatěžovací kombinace byly užity stejné jako v případě výpočtu deformací na 2D konstrukci. Změnilo se pouze zatížení od jeřábu.

ZS 3: Stálé zatížení od jeřábu a jeřábového nosníku:

- Zatěžovací stav je takový, aby bylo rozhodující pro posouzení krajního sloupu.

Rozpětí jeřábového nosníku:

$$l_2 := 7.5 \text{ m}$$

Jeřábové síly:

$$Q_{C;r,max} = 54.452 \text{ kN}$$

$$Q_{C;r,min} := 45.548 \text{ kN}$$

$$Q_{H;r,max} = 94.524 \text{ kN}$$

$$Q_{H;r,min} := 5.476 \text{ kN}$$

Síly působící na jeřábový nosník:

$$F_{1;k} := \varphi_1 \cdot Q_{C;r,max} + \varphi_2 \cdot Q_{H;r,max} = 176.635 \text{ kN}$$

$$F_{2;k} := \varphi_1 \cdot Q_{C;r,min} + \varphi_2 \cdot Q_{H;r,min} = 56.866 \text{ kN}$$

Reakce jeřábového nosníku od působícího jeřábu :

$$R_{1a;z} := \frac{F_{1;k} \cdot \left(l_2 - \frac{a_j}{2} \right)}{l_2} = 124.822 \text{ kN}$$

$$R_{1b;z} := \frac{F_{1;k} \cdot \frac{a_j}{2}}{l_2} = 51.813 \text{ kN}$$

$$R_{2a;z} := \frac{F_{2;k} \cdot \left(l_2 - \frac{a_j}{2} \right)}{l_2} = 40.185 \text{ kN}$$

$$R_{2b;z} := \frac{F_{2;k} \cdot \frac{a_j}{2}}{l_2} = 16.681 \text{ kN}$$

Reakce od vlastní tíhy jeřábového nosníku:

$$G_{k;j} = 16.245 \text{ kN}$$

Svislé charakteristické síly působící na konzolu vynášející jeřábový nosník:

$$F_{j;1a;k} := 2 \cdot R_{1a;z} + G_{k;j} = 265.89 \text{ kN}$$

$$F_{j;1b;k} := R_{1b;z} + G_{k;j} = 68.06 \text{ kN}$$

$$F_{j;2a;k} := 2 \cdot R_{2a;z} + G_{k;j} = 96.62 \text{ kN}$$

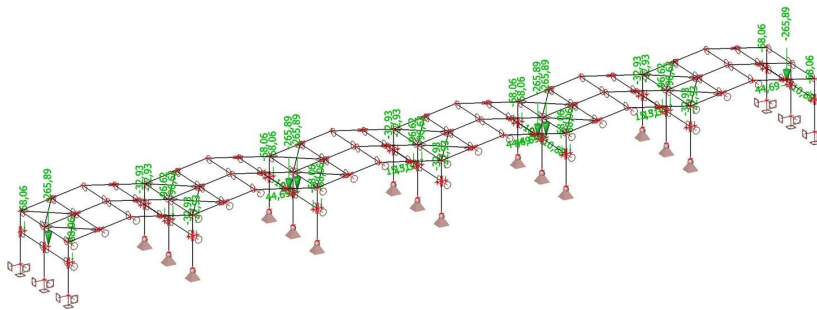
$$F_{j;2b;k} := R_{2b;z} + G_{k;j} = 32.93 \text{ kN}$$

Vodorovné charakteristické síly působící na konzolu vynášející jeřábový nosník:

$$H_{j;k;2;1} = 15.307 \text{ kN}$$

$$H_{j;k;2;2} = 44.69 \text{ kN}$$

$$H_{L;i} = 10.881 \text{ kN}$$



Rámové imperfekce:

- Výška sloupu $h := 8975 \text{ mm}$

- Počet sloupů v řadě $m_{sl} := 7$

$$\alpha_h := \frac{2}{\sqrt{h}} \cdot m^{\frac{1}{2}} = 0.668$$

$$\frac{2}{3} \leq \alpha_h = 0.668 \leq 1.0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m_{sl}}\right)} = 0.756$$

$$\phi_0 := \frac{1}{200}$$

$$\phi := \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 0.003$$

Vnitřní síly:



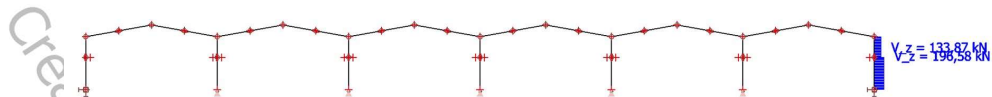
$$N_{Ed} := 520.13 \text{ kN}$$

(Rozhodující je zatěžovací kombinace NK_CO5)

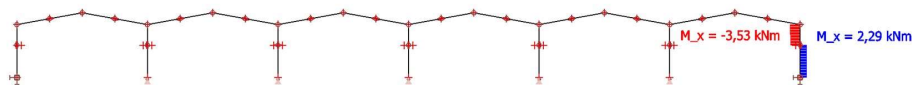


$$M_{y;Ed} := 848.33 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(Rozhodující je zatěžovací kombinace NK_CO5)



$$V_{Ed} := 196.58 \text{ kN} \quad (\text{Rozhodující je zatěžovací kombinace NK_CO5})$$



$$M_x := 3.53 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{NK_CO5})$$

$$M_{z;Ed} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{Ohyb. moment } M_{z;Ed} \text{ je velmi malý a pro posudek je zanedbán})$$

Ocel S355 :

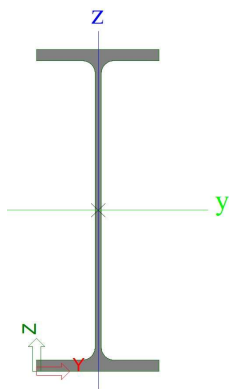
$$\text{Mez kluzu } f_y := 355 \text{ MPa}$$

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

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

$$\text{Modul pružnosti ve smyku } G := 80.7 \text{ GPa}$$

Návrh - HE800A:



Průřezové charakteristiky

$$A := 2.858 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m}^2$$

$$A_{vz} := 1.388 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m}^2$$

$$I_y := 3.034 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_z := 1.264 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$i_y := 326 \text{ mm}$$

$$i_z := 66.5 \text{ mm}$$

$$W_{pl;y} := 8.699 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_{pl;z} := 1.312 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$I_w := 18290000 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

Geometrie průřezu

$$h := 790 \text{ mm}$$

$$b := 300 \text{ mm}$$

$$t_f := 28 \text{ mm}$$

$$t_w := 15 \text{ mm}$$

$$d := 674 \text{ mm}$$

$$r := 30 \text{ mm}$$

Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 97.7 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.645$$

Zatřídění stojiny

$$c := d = 674 \text{ mm}$$

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

$$\frac{c}{t_w} = 44.933 \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 50.245 \rightarrow \text{Stojina splňuje podmínky 2. třídy}$$

Zatřídění pásnice

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 112.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.018 \leq 9 \cdot \varepsilon = 7.323 \rightarrow \text{Pásnice splňuje podmínky 1. třídy}$$

Štíhlosti

$$L_{cr;y} := 8975 \text{ mm}$$

$$L_{cr;z} := 5475 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr;y}}{i_y} = 27.531$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr;z}}{i_z} = 82.331$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.399$$

$$\lambda_{y-} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.36$$

$$\lambda_{z-} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.08$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.963 \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

$$\chi_z := 0.547 \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

$$\chi := \min(\chi_y, \chi_z) = 0.547$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot f_y = (5.55 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 520.13 \text{ kN} \leq N_{Rd} = (5.55 \cdot 10^3) \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Vliv klopení

$$\mu_{cr} := 12.82$$

$$M_{cr} := 10877 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ ... (Výpočet proveden v programu LTBeamN 1.0.3)}$$

$$\lambda_{LT-} := \sqrt{\frac{W_{pl;y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.53$$

$$\chi_{LT} := 0.826 \text{ (křivka klopení c)}$$

Posouzení na ohyb s vlivem klopení

$$M_{Rd} := W_{pl,y} \cdot f_y \cdot \chi_{LT} = (2.551 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y;Ed} = 848.33 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd} = (2.551 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na kroucení

Normálové napětí :

Vodorovné síly působící na nosník ve směru y:

$$F_{y;t,1} := 10.88 \text{ kN}$$

Excentricita ve směru x:

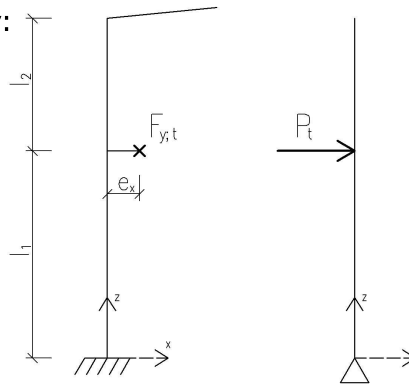
$$e_x := 750 \text{ mm}$$

Geometrie prvku:

$$h = 790 \text{ mm}$$

$$l_1 := 5476 \text{ mm}$$

$$l_2 := 3500 \text{ mm}$$



Kroutící moment vyvolaný vod. silou na nosníku JD:

$$T := F_{y;t,1} \cdot e_x = 8.16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kroutící moment lze rozložit na dvojici sil působící na pásnice:

$$P_t := \frac{T}{h} = 10.33 \text{ kN}$$

Ohybový moment $M_{z;t}$ působící na pásnici:

$$M_{z;t} := P_t \cdot \frac{l_1 \cdot l_2}{l_1 + l_2} = 22.055 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Průřezový modul jedné pásnice:

$$W_w := \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot t_f = (4.2 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

Posouzení na kroucení:

$$\sigma_w := \frac{M_{z;t}}{W_w} = 52.512 \text{ MPa} \leq f_y = 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Smykové napětí :

Kroutící moment :

$$T_w := M_x = 3.53 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Statický výsečový moment:

$$S_w := \frac{h \cdot b^2 \cdot t_f}{16} = (1.244 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

Smykové napětí:

$$\tau_w := \frac{T_w \cdot S_w}{t_f \cdot I_w} = 0.858 \text{ MPa}$$

$$\tau_t := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau := \tau_t + \tau_w = 0.858 \text{ MPa}$$

Posouzení na kroucení:

$$\tau = 0.858 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3}} = 204.96 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Součinitele ekvivalentního momentu

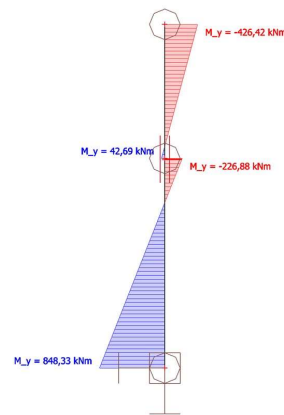
$$M_{1;y} := -226.88 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{2;y} := 848.33 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi := \frac{M_{1;y}}{M_{2;y}} = -0.267$$

$$C_{mLT} := \max(0.4, 0.6 + 0.4 \cdot \psi) = 0.493$$

$$C_{my} := 0.9$$



Charakteristické hodnoty únosnosti v tlaku a ohybu

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = (1.015 \cdot 10^4) \text{ kN}$$

$$M_{Rk} := W_{pl;y} \cdot f_y = (3.088 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Součinitele k

$$k_{yy} := \min \left(C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y-} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$k_{yy} = 0.916$$

$$k_{zy} := \max \left(\left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z-}}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), \left(1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$k_{zy} = 0.973$$

Neznámé chybějící pro posouzení

$$k_w := 0.7 - \frac{0.2 \cdot M_{z;t}}{W_w \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.67$$

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

$$k_a := \frac{1}{1 - \frac{M_{y;Ed}}{M_{cr}}} = 1.085$$

Posouzení na interakci tlaku, ohybu a kroucení

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_w \cdot k_{zw} \cdot k_a \cdot \frac{\sigma_w}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = 0.465$$

0.465 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_w \cdot k_{zw} \cdot k_a \cdot \frac{\sigma_w}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = 0.525$$

0.525 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{y;Ed}}{\gamma_{M0}} = 0.326$$

0.326 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

Posouzení na smyk

$$V_{pl;Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = (2.845 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 196.58 \text{ kN} \leq V_{pl;Rd} = (2.845 \cdot 10^3) \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

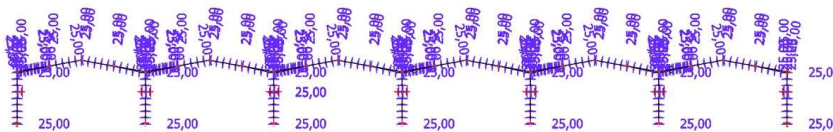
$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl;Rd}} = 0.069 \leq \frac{1}{2} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ **Malý smyk - není nutné posuzovat interakci smyku a ohybu**

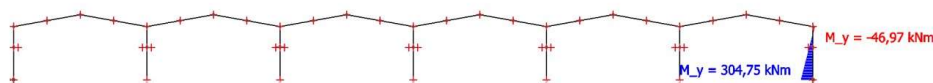
Vliv teploty na konstrukci

- Konstrukce byla zatížena a posouzena bez vlivu působení tepelné roztažnosti. Je tedy nutné zkontrolovat, jestli teplota, která na halu působí neovlivní negativně posudek.
- Budou posouzeny maximální teplotní stavy, kterých může být dosaženo.
- Konstrukce je skladovací hala dimenzovaná při montážní teplotě $T := 15^\circ \text{ C}$.
- ZS 8 - Teplota $T := 40^\circ \text{ C}$ ($\Delta T_1 := 25^\circ \text{ C}$)
- ZS 9 - Teplota $T := 0^\circ \text{ C}$ ($\Delta T_2 := -15^\circ \text{ C}$)

Schéma ZS 8 - Teplota $T := 40^\circ \text{ C}$ ($\Delta T_1 := 25^\circ \text{ C}$)



Ohybový moment $M_{y;\Delta T1}$:



Posouzení MSÚ :

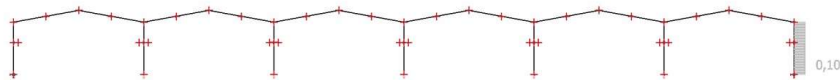
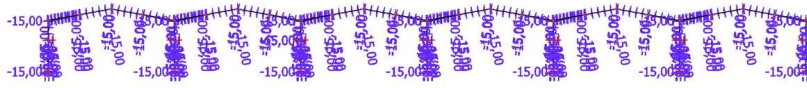


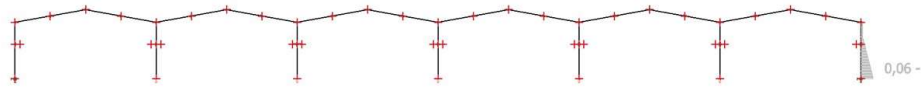
Schéma ZS 9 - Teplota $T := 0^\circ \text{C}$ ($\Delta T_2 := -15^\circ \text{C}$)



Ohybový moment $M_{y;\Delta T_2}$:



Posouzení MSÚ:



- Maximální využití průřezu krajního sloupu bez předchozího uvážení teploty je 52,5%. Maximální využití průřezu od teploty je 10% (ZS 8), průřez má tedy velkou rezervu.
→ **Vyhovuje**

6.8. Posouzení MSÚ vnitřního sloupu

Zatížení konstrukce:

- Zatěžovací stavy a zatěžovací kombinace byly užity stejné jako v případě výpočtu deformací na 2D konstrukci. Změnilo se pouze zatížení od jeřábu.

ZS 3: Stálé zatížení od jeřábu a jeřábového nosníku:

- Zatěžovací stav je takový, aby byl rozhodující pro posouzení vnitřního sloupu.

Rozpětí jeřábového nosníku:

$$l_2 := 7.5 \text{ m}$$

Jeřábové síly:

$$Q_{C;r,max} = 54.452 \text{ kN}$$

$$Q_{C;r,min} := 45.548 \text{ kN}$$

$$Q_{H;r,max} = 94.524 \text{ kN}$$

$$Q_{H;r,min} := 5.476 \text{ kN}$$

Síly působící na jeřábový nosník:

$$F_{1;k} = 176.635 \text{ kN}$$

$$F_{2;k} = 56.866 \text{ kN}$$

Reakce jeřábového nosníku od působícího jeřábu :

$$R_{1a;z} = 124.822 \text{ kN}$$

$$R_{1b;z} = 51.813 \text{ kN}$$

$$R_{2a;z} = 40.185 \text{ kN}$$

$$R_{2b;z} = 16.681 \text{ kN}$$

Reakce od vlastní tíhy jeřábového nosníku:

$$G_{k;j} = 16.245 \text{ kN}$$

Svislé charakteristické síly působící na konzolu vynášející jeřábový nosník:

$$F_{j;1a;k} = 265.888 \text{ kN}$$

$$F_{j;1b;k} = 68.058 \text{ kN}$$

$$F_{j;2a;k} = 96.615 \text{ kN}$$

$$F_{j;2b;k} = 32.926 \text{ kN}$$

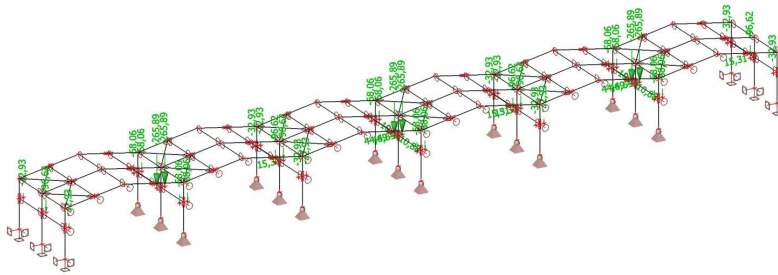
Vodorovné charakteristické síly působící na konzolu vynášející jeřábový nosník:

$$H_{j;k;2;1} = 15.307 \text{ kN}$$

$$H_{j;k;2;2} = 44.69 \text{ kN}$$

$$H_{L;i} = 10.881 \text{ kN}$$

Crea



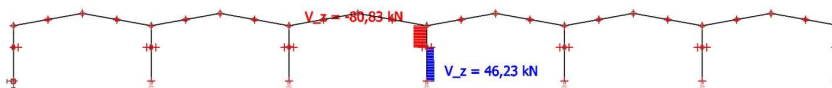
Vnitřní síly:



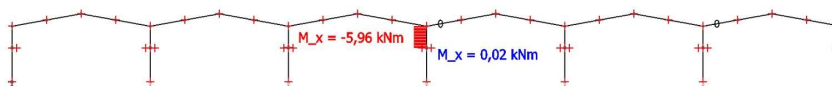
$N_{Ed} := 1085.35 \text{ kN}$ (Rozhodující je zatěžovací kombinace NK_CO6)



$M_{y;Ed} := 324.81 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (Rozhodující je zatěžovací kombinace NK_CO6)



$V_{Ed} := 80.83 \text{ kN}$ (Rozhodující je zatěžovací kombinace NK_CO6)



$M_x := 5.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{z;Ed} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (Ohyb. moment $M_{z;Ed}$ je velmi malý a pro posudek je zanedbán)

Ocel S355 :

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

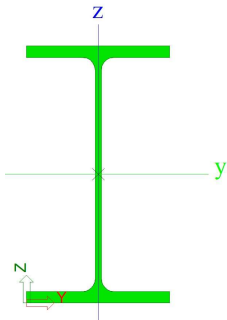
Mez pevnosti $f_u := 490 \text{ MPa}$

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

for more information.

Návrh - HE550A:



Průřezové charakteristiky

$$\begin{aligned}
 A &:= 2.118 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m}^2 \\
 A_{vz} &:= 0.837 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m}^2 \\
 I_y &:= 11.19 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \\
 I_z &:= 10.82 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4 \\
 i_y &:= 230 \text{ mm} \\
 i_z &:= 71.5 \text{ mm} \\
 W_{el;y} &:= 4.15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\
 W_{el;z} &:= 7.21 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \\
 I_w &:= 7189000 \cdot 10^6 \text{ mm}^6
 \end{aligned}$$

Geometrie průřezu

$$\begin{aligned}
 h &:= 540 \text{ mm} \\
 b &:= 300 \text{ mm} \\
 t_f &:= 24 \text{ mm} \\
 t_w &:= 12.5 \text{ mm} \\
 d &:= 438 \text{ mm} \\
 r &:= 27 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 244.6 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 1.058$$

Zatřídění stojiny

$$c := d = 438 \text{ mm}$$

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

$$\frac{c}{t_w} = 35.04 \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 29.077 \rightarrow \text{Stojina nesplňuje podmínky 2. třídy}$$

$$\sigma_c := -\frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{y;Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = -114.813 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t := -\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y;Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = 12.325 \text{ MPa}$$

$$\psi_p := \frac{\sigma_t}{\sigma_c} = -0.107$$

$$\frac{c}{t_w} = 35.04 \leq \frac{42 \cdot \varepsilon}{0.67 + 0.33 \cdot \psi_p} = 53.85$$

→ Stojina splňuje podmínky 3. třídy

Zatřídění pásnice

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 116.75 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.865 \leq 9 \cdot \varepsilon = 7.323 \rightarrow \text{Pásnice splňuje podmínky 1. třídy}$$

Štíhlosti

$$L_{cr;y} := 8975 \text{ mm}$$

$$L_{cr;z} := 5475 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr;y}}{i_y} = 39.02$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr;z}}{i_z} = 76.57$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.4$$

$$\lambda_{y-} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.51$$

$$\lambda_{z-} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.921 \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

$$\chi_z := 0.597 \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

$$\chi := \min(\chi_y, \chi_z) = 0.597$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot f_y = (4.489 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = (1.085 \cdot 10^3) \text{ kN} \leq N_{Rd} = (4.489 \cdot 10^3) \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Vliv klopení

$$\mu_{cr} := 17.93$$

$$M_{cr} := 5821.5 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ ... (Výpočet proveden v programu LTBeamN 1.0.3)}$$

$$\lambda_{LT-} := \sqrt{\frac{W_{el;y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.5$$

$$\chi_{LT} := 0.884 \text{ (křivka klopení b)}$$

Posouzení na ohyb s vlivem klopení

$$M_{Rd} := W_{el;y} \cdot f_y \cdot \chi_{LT} = (1.302 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y;Ed} = 324.81 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd} = (1.302 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na kroucení

Normálové napětí :

Vodorovné síly působící na nosník ve směru y:

$$F_{y;t;2} := 2 \cdot F_{y;t;1} = 21.76 \text{ kN}$$

Excentricita ve směru x:

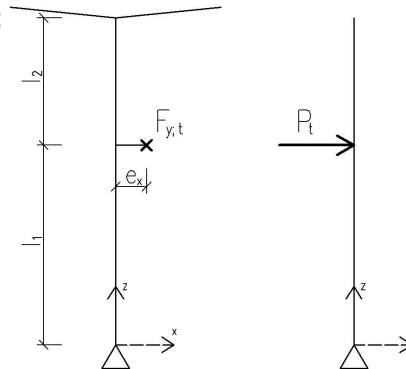
$$e_x := 750 \text{ mm}$$

Geometrie prvku:

$$h = 540 \text{ mm}$$

$$l_1 := 5476 \text{ mm}$$

$$l_2 := 3500 \text{ mm}$$



Kroutící moment vyvolaný vod. silou na nosníku JD:

$$T := F_{y;t;2} \cdot e_x = 16.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kroutící moment lze rozložit na dvojici sil působící na pásnice:

$$P_t := \frac{T}{h} = 30.22 \text{ kN}$$

Ohybový moment $M_{z;t}$ působící na pásnici:

$$M_{z;t} := P_t \cdot \frac{l_1 \cdot l_2}{l_1 + l_2} = 64.532 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Průřezový modul jedné pásnice:

$$W_w := \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot t_f = (3.6 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

Posouzení na kroucení:

$$\sigma_w := \frac{M_{z;t}}{W_w} = 179.256 \text{ MPa} \leq f_y = 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Smykové napětí :

Kroutící moment :

$$T_w := M_x = 5.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Statický výsečový moment:

$$S_w := \frac{h \cdot b^2 \cdot t_f}{16} = (7.29 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4$$

Smykové napětí:

$$\tau_w := \frac{T_w \cdot S_w}{t_f \cdot I_w} = 2.518 \text{ MPa}$$

$$\tau_t := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau := \tau_t + \tau_w = 2.518 \text{ MPa}$$

Posouzení na kroucení:

$$\tau = 2.518 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3}} = 204.96 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Součinitele ekvivalentního momentu

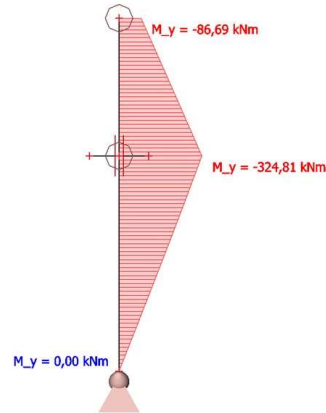
$$M_{1,y} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{2,y} := -324,81 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi := 0$$

$$C_{mLT} := \max(0.4, 0.6 + 0.4 \cdot \psi) = 0.6$$

$$C_{my} := 0.9$$



Charakteristické hodnoty únosnosti v tlaku a ohybu

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = (7.519 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{Rk} := W_{el,y} \cdot f_y = (1.473 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Součinitele k

$$k_{yy} := \min \left(C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y-} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$k_{yy} = 0.947$$

$$k_{zy} := \max \left(\left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z-}}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), \left(1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$k_{zy} = 0.951$$

Neznámé chybějící pro posouzení

$$k_w := 0.7 - \frac{0.2 \cdot M_{z,t}}{W_w \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.599$$

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

$$k_a := \frac{1}{1 - \frac{M_{y;Ed}}{M_{cr}}} = 1.059$$

Posouzení na interakci tlaku, ohybu a kroucení

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_w \cdot k_{zw} \cdot k_a \cdot \frac{\sigma_w}{f_y} = 0.713$$

0.713 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_w \cdot k_{zw} \cdot k_a \cdot \frac{\sigma_w}{f_y} = 0.799$$

0.799 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{y;Ed}}{\gamma_{M0}} = 0.365$$

0.365 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

Posouzení na smyk

$$V_{Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = (1.716 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$V_{Ed} = 80.83 \text{ kN} \leq V_{Rd} = (1.716 \cdot 10^3) \text{ kN} \rightarrow$ **Vyhovuje**

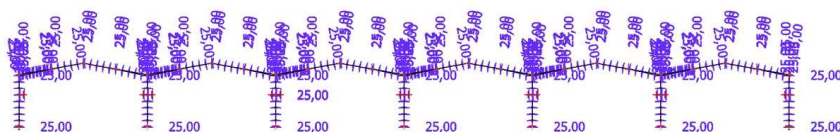
$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = 0.047 \leq \frac{1}{2} \rightarrow$$
 Vyhovuje

→ **Malý smyk - není nutné posuzovat interakci smyku a ohybu**

Vliv teploty na konstrukci

- Konstrukce byla zatížena a posouzena bez vlivu působení tepelné roztažnosti. Je tedy nutné zkontrolovat, jestli teplota, která na halu působí neovlivní negativně posudek.
- Budou posouzeny maximální teplotní stavy, kterých může být dosaženo.
- Konstrukce je skladovací hala dimenzovaná při montážní teplotě $T := 15^\circ \text{C}$.
- ZS 8 - Teplota $T := 40^\circ \text{C}$ ($\Delta T_1 := 25^\circ \text{C}$)
- ZS 9 - Teplota $T := 0^\circ \text{C}$ ($\Delta T_2 := -15^\circ \text{C}$)

Schéma ZS 8 - Teplota $T := 40^\circ \text{C}$ ($\Delta T_1 := 25^\circ \text{C}$)



Ohybový moment $M_{y;\Delta T_1}$:



Posouzení MSÚ :



Schéma ZS 9 - Teplota $T := 0^\circ \text{C}$ ($\Delta T_2 := -15^\circ \text{C}$)



Ohybový moment $M_{y;\Delta T_2}$:



Posouzení MSÚ :



- Maximální využití průřezu vnitřního sloupu bez předchozího uvážení teploty je 79,9%. Maximální využití průřezu od teploty je 4% (ZS 8), průřez má tedy dostatečnou rezervu.

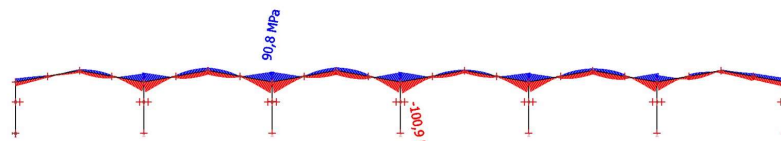
→ **Vyhovuje**

6.9. Posouzení MSÚ příčle

Zatížení konstrukce:

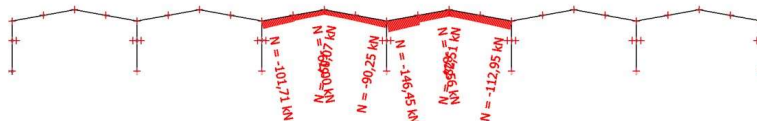
- Pro posouzení příčle byly uvažovány zatěžovací stavy z předchozích posudků.
- Rozhodující stav pro posouzení interakce normálové síly, ohybového momentu a kroucení je nelineární kombinace NKO6 ze zatěžovacího schématu pro posouzení vnitřního sloupu. Rozhodovat může namáhání na dvou prvcích příčle spojených úžlabím s maximální hodnotou napětí σ_x . Hodnoty proto uvažuji konzervativně jako maximum z Normálové síly a maximální hodnoty ohybového momentu na příčli.
- Pro posouzení smykové únosnosti byla zvolena maximální hodnota posouvající síly vypočtená podle třídy MSÚ na konstrukci příčle.

Poloha maximálního napětí:

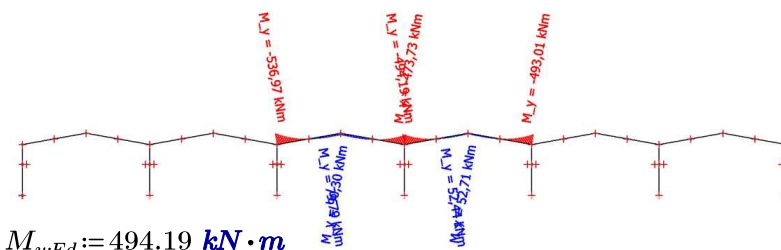


$$\sigma_{x,max} := 100.9 \text{ MPa}$$

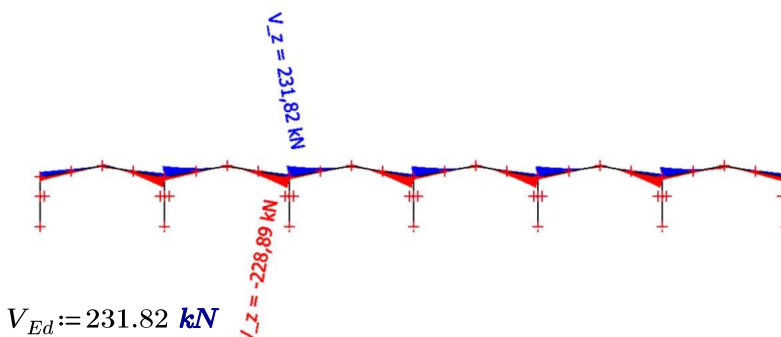
Vnitřní síly:



$$N_{Ed} := 146.45 \text{ kN}$$



$$M_{y,Ed} := 494.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



$$V_{Ed} := 231.82 \text{ kN}$$

Ocel S355 :

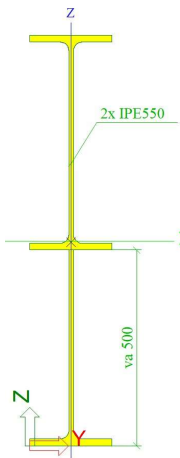
Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

IPE 550 + náběh $v_a = 500 \text{ mm}$:



Průřezové charakteristiky

$$A_P := 2.2674 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m}^2$$

$$A := 1.344 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m}^2 \text{ (pouze IPE550)}$$

$$A_{vz} := 0.599 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m}^2 \text{ (pouze IPE550)}$$

$$I_y := 3.024 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_z := 4.004 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$i_y := 365 \text{ mm}$$

$$i_z := 42 \text{ mm}$$

$$W_{pl;y} := 5.732 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_{pl;z} := 3.814 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Geometrie průřezu

$$h := 1050 \text{ mm}$$

$$b := 210 \text{ mm}$$

$$t_f := 17.2 \text{ mm}$$

$$t_w := 11.1 \text{ mm}$$

$$d := 468 \text{ mm}$$

$$r := 24 \text{ mm}$$

Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 37.2 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.579$$

Zatřídění stojiny

$$c := d = 468 \text{ mm}$$

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

$$\frac{c}{t_w} = 42.162 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 49.322 \rightarrow \text{Stojina splňuje podmínky 1. třídy}$$

Zatřídění pásnice

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 75.45 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.387 \leq 9 \cdot \varepsilon = 7.323 \rightarrow \text{Pásnice splňuje podmínky 1. třídy}$$

Štíhlosti

$$L_{cr;y} := 22500 \text{ mm}$$

$$L_{cr;z} := 5625 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr;y}}{i_y} = 61.64$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr;z}}{i_z} = 133.93$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.399$$

$$\lambda_{y-} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.81$$

$$\lambda_{z-} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.75$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.718 \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

$$\chi_z := 0.246 \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

$$\chi := \min(\chi_y, \chi_z) = 0.246$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot f_y = (1.174 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 146.45 \text{ kN} \leq N_{Rd} = (1.174 \cdot 10^3) \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Vliv klopení

$$\mu_{cr} := 2.593 \text{ ... (Výpočet proveden v programu LTBeamN 1.0.3)}$$

$$M_{cr} := \mu_{cr} \cdot M_{y;Ed} = (1.281 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda_{LT-} := \sqrt{\frac{W_{pl;y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 1.26$$

$$\chi_{LT} := 0.353 \text{ (křivka klopení d)}$$

Posouzení na ohyb s vlivem klopení

$$M_{Rd} := W_{pl;y} \cdot f_y \cdot \chi_{LT} = 718.306 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y;Ed} = 494.19 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd} = 718.306 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Součinitele ekvivalentního momentu

$$M_{1;y} := -473.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{2;y} := -536.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_s := 72.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{3;y} := 36.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

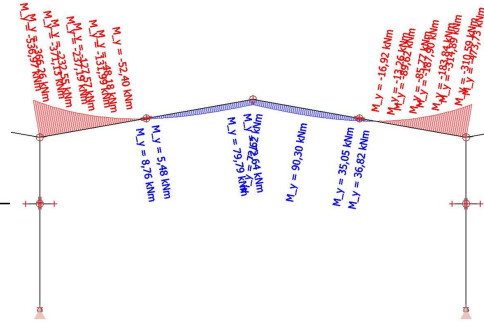
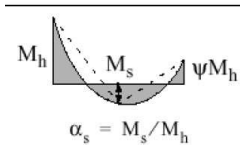
$$\psi_1 := \frac{M_{1;y}}{M_{2;y}} = 0.882$$

$$\alpha_s := \frac{M_s}{M_{2;y}} = -0.135$$

$$C_{my} := \max(0.4, 0.1 - 0.8 \cdot \alpha_s) = 0.4$$

$$\psi_2 := \frac{M_{3;y}}{M_{1;y}} = -0.078$$

$$C_{mLT} := \max(0.4, 0.6 + 0.4 \cdot \psi_2) = 0.569$$



Charakteristické hodnoty únosnosti v tlaku a ohybu

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = (4.771 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{Rk} := W_{pl;y} \cdot f_y = (2.035 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Součinitele k

$$k_{yy} := \min \left(C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y-} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$k_{yy} = 0.406$$

$$k_{zy} := \max \left(\left(1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z-}}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), \left(1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right)$$

$$k_{zy} = 0.972$$

Posouzení na interakci tlaku, ohybu a kroucení

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.322$$

$$0.322 \leq 1.0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.794$$

0.794 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{y;Ed}}{\gamma_{M0}} = 0.274$$

0.274 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

Posouzení na smyk

$$V_{pl;Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = (1.228 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$V_{Ed} = 231.82 \text{ kN} \leq V_{pl;Rd} = (1.228 \cdot 10^3) \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$

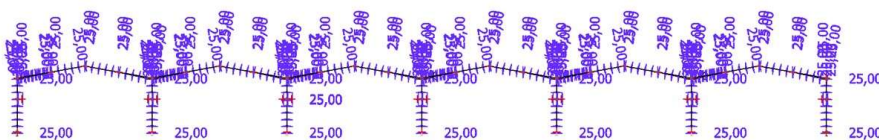
$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl;Rd}} = 0.189 \leq \frac{1}{2} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ **Malý smyk - není nutné posuzovat interakci smyku a ohybu**

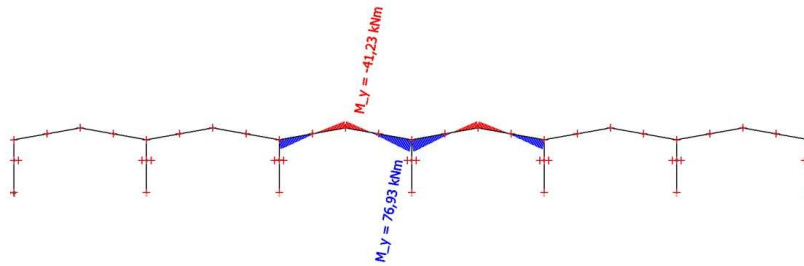
Vliv teploty na konstrukci

- Konstrukce byla zatížena a posouzena bez vlivu působení tepelné roztažnosti. Je tedy nutné zkontrolovat, jestli teplota, která na halu působí neovlivní negativně posudek.
- Budou posouzeny maximální teplotní stavy, kterých může být dosaženo.
- Konstrukce je skladovací hala dimenzovaná při montážní teplotě $T := 15^\circ \text{ C}$.
- ZS 8 - Teplota $T := 40^\circ \text{ C}$ ($\Delta T_1 := 25^\circ \text{ C}$)
- ZS 9 - Teplota $T := 0^\circ \text{ C}$ ($\Delta T_2 := -15^\circ \text{ C}$)

Schéma ZS 8 - Teplota $T := 40^\circ \text{ C}$ ($\Delta T_1 := 25^\circ \text{ C}$)



Ohybový moment $M_{y;\Delta T1}$:



Posouzení MSÚ :

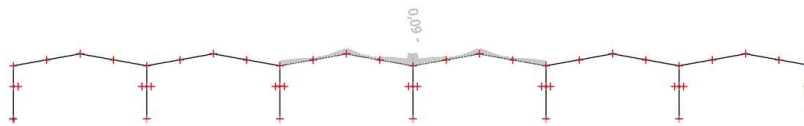
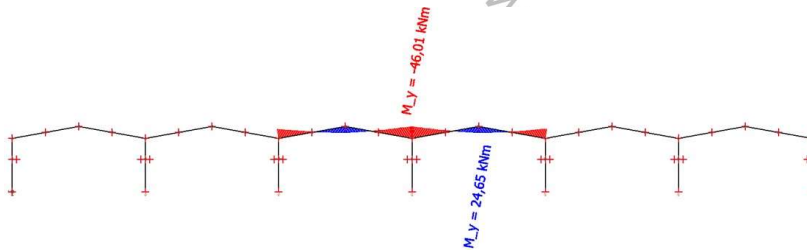


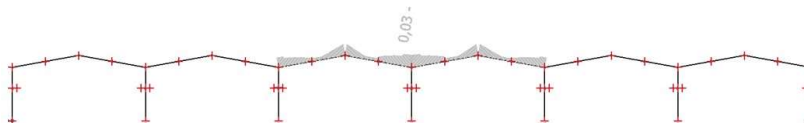
Schéma ZS 9 - Teplota $T := 0^\circ \text{C}$ ($\Delta T_2 := -15^\circ \text{C}$)



Ohybový moment $M_{y;\Delta T2}$:



Posouzení MSÚ :




- Maximální využití průřezu příčně bez předchozího uvážení teploty je 79,4%.
Maximální využití průřezu od teploty je 9% (ZS 8), průřez má tedy dostatečnou rezervu.
→ **Vyhovuje**

6.10. Návrh a posouzení jeřábové konzoly

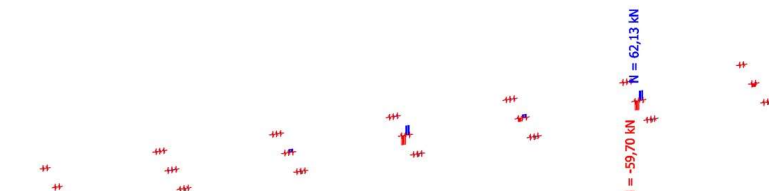
Zatížení konstrukce:


- Pro posouzení jeřábové konzoly byly uvažovány zatěžovací stavy z předchozích posudků.
- Rozhodující stav pro posouzení interakce normálové síly, ohybového momentu a kroucení je nelineární kombinace NKO5 ze zatěžovacího schématu pro posouzení vnitřního sloupu.
- Pro posouzení smykové únosnosti byla zvolena maximální hodnota posouvající síly na všech konzolách.

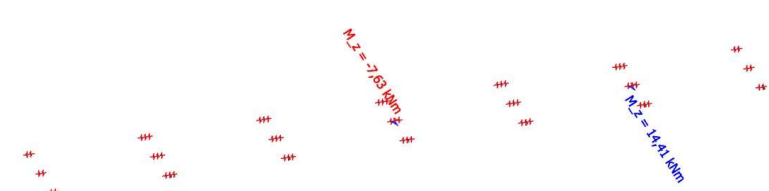
Poloha maximálního napětí:


$$\sigma_{x,max} := 119 \text{ MPa}$$

Vnitřní síly:


$$N_{Ed} := 62.13 \text{ kN}$$


$$M_{y,Ed} := 268.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$


$$M_{z,Ed} := 14.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Creo

$$M_{x;Ed} := 19.88 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z;Ed} := 360.34 \text{ kN}$$

$$V_{y;Ed} := 19.16 \text{ kN}$$

Ocel S355 :

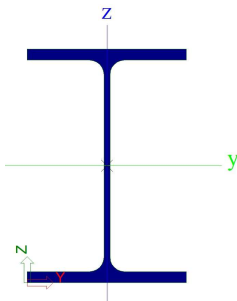
Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Návrh - HE450A:



Průřezové charakteristiky

$$A := 1.78 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m}^2$$

$$A_{vz} := 6.578 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2$$

$$I_y := 6.37 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z := 9.47 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$i_y := 189 \text{ mm}$$

$$i_z := 73 \text{ mm}$$

$$W_{pl;y} := 3.216 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_{pl;z} := 9.667 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$I_w := 4148000 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

$$I_t := 243.8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

Geometrie průřezu

$$h := 440 \text{ mm}$$

$$b := 300 \text{ mm}$$

$$t_f := 21 \text{ mm}$$

$$t_w := 11.5 \text{ mm}$$

$$d := 344 \text{ mm}$$

$$r := 27 \text{ mm}$$

6.10.1. Posouzení MSÚ

Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 15.2 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.544$$

Zatřídění stojiny

$$c := d = 344 \text{ mm}$$

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

$$\frac{c}{t_w} = 29.913 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 53.035 \rightarrow \text{Stojina splňuje podmínky 1. třídy}$$

Zatřídění pásnice

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 117.25 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 5.583 \leq 9 \cdot \varepsilon = 7.323 \rightarrow \text{Pásnice splňuje podmínky 1. třídy}$$

Štíhlosti

$$l_k := 750 \text{ mm}$$

$$L_{cr;y} := 2 \cdot l_k = (1.5 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$L_{cr;z} := 2 \cdot l_k = (1.5 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr;y}}{i_y} = 7.94$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr;z}}{i_z} = 20.55$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.399$$

$$\lambda_{y-} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.1$$

$$\lambda_{z-} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.27$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 1 \quad \dots \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

$$\chi_z := 0.975 \quad \dots \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

$$\chi := \min(\chi_y, \chi_z) = 0.975$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot f_y = (6.161 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 62.13 \text{ kN} \leq N_{Rd} = (6.161 \cdot 10^3) \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Vliv klopení

$$\mu_{cr} := 22.58 \quad \dots \text{ (Výpočet proveden v programu LTBeamN 1.0.3)}$$

$$M_{cr} := 6073.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.43$$

$$\chi_{LT} := 0.914 \quad \dots \text{ (křivka klopení b)}$$

Posouzení na ohyb s vlivem klopení

$$M_{Rd} := W_{pl,y} \cdot f_y \cdot \chi_{LT} = (1.043 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y,Ed} = 268.98 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd} = (1.043 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kroucení

Normálové napětí :

Rameno vodorovných sil e

$$e := h_p + h_r + \frac{h}{2} = 745 \text{ mm}$$

Parametr tuhosti prutu při kroucení K_t

$$K_t := l \cdot \sqrt{\frac{G \cdot I_t}{E \cdot I_w}} = 10.693$$

Rozdělovací parametr κ

Okrajové podmínky při kroucení		Kroucí zatížení		α	β	
Oboustranné podepření nosníku	prosté podepření (volná deplanace)	plně rovnoměrné		3,1	1,00	
		obecné		3,7	1,08	
	vetknutí (deplanaci je zabráněno)	plně rovnoměrné	pro vnitřní síly v podpoře		8,0	1,25
			pro maximum v poli		5,6	1,00
	obecné			6,9	1,14	
Konzola	vetknutí	obecné – pro vnitřní síly v podpoře		2,7	1,11	

$$\alpha := 2.7$$

$$\beta := 1.11$$

$$\kappa := \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_t}\right)^2} = 0.852$$

Bimoment vázaného kroucení B_{Ed}

$$B_{Ed} := M_{z;Ed} \cdot e \cdot (1 - \kappa) = 1.589 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$\omega_{max} := \frac{b \cdot h}{4} = 0.033 \text{ m}^2$$

$$B_{Rk} := \frac{I_w}{\omega_{max}} \cdot f_y = 44.622 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Posouzení kroucení:

$$\frac{B_{Ed}}{B_{Rk}} = 0.036 \leq 1.0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Smykové napětí :

Kroutící moment :

$$T_w := M_{x;Ed} = 19.88 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Statický výsečový moment:

$$S_w := \frac{h \cdot b^2 \cdot t_f}{16} = (5.198 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4$$

Smykové napětí:

$$\tau_w := \frac{T_w \cdot S_w}{t_f \cdot I_w} = 11.862 \text{ MPa}$$

$$\tau_t := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau := \tau_t + \tau_w = 11.862 \text{ MPa}$$

Posouzení na kroucení:

$$\tau = 11.862 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3}} = 204.96 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Charakteristické hodnoty únosnosti v tlaku a ohybu

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = (6.319 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{Rk;y} := W_{pl;y} \cdot f_y = (1.142 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rk;z} := W_{pl;z} \cdot f_y = 343.179 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Posouzení na interakci tlaku, ohybu a kroucení

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk;y}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{z;Ed}}{\frac{M_{Rk;z}}{\gamma_{M1}}} + \frac{B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.345$$

0.345 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

Posouzení na smyk

$$V_{pl;Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = (1.348 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$V_{z;Ed} = 360.34 \text{ kN} \leq V_{pl;Rd} = (1.348 \cdot 10^3) \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl;Rd}} = 0.172 \leq \frac{1}{2} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

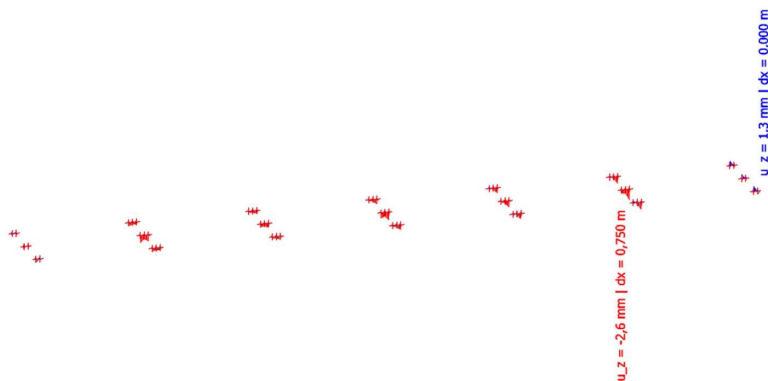
→ **Malý smyk - není nutné posuzovat interakci smyku a ohybu**

Posouzení na interakci smyku a kroucení

$$\frac{V_{z;Ed}}{V_{pl;Rd}} + \frac{\tau}{\frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}} = 0.325 \leq 1.0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

0.325 ≤ 1.0 → **Vyhovuje**

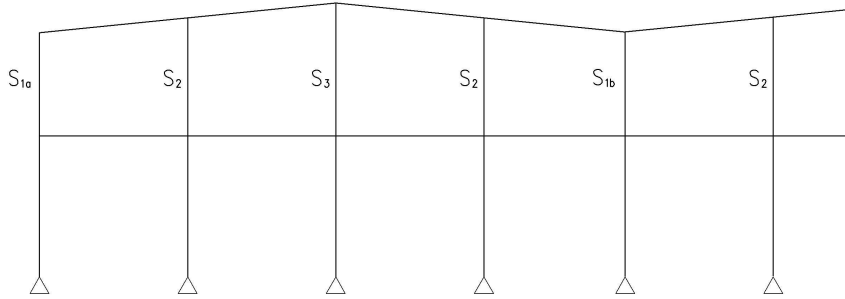
6.10.2. Posouzení MSP



$$u_{z;k} := 2.6 \text{ mm} \leq u_{z;lim} := \frac{2 \cdot l_k}{250} = 6 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

7. Návrh štítových sloupů

- Byly posouzeny všechny štítové sloupy různých délek a způsobu podepření. Z dvojice štítových sloupů S_{1a} a S_{1b} je ve statickém výpočtu uveden pouze více využitý sloup S_{1a} . Sloup S_{1b} vyhověl bezpečně na MSÚ i MSP, jeho využití při interakci tlaku a ohybu je 24,1%.



7.1. Návrh a posouzení štítového sloupu S1a

Výška prvku:

$$h_{S1} := 8975 \text{ mm}$$

Zatížení konstrukce:

ZS 1: Vlastní tíha nosné konstrukce

- Vlastní tíha bude spočítána programem SCIA Engineer 21.1

ZS 2: Vítr podélný

- Kompletní výpočet viz. Výpočet zatížení (kapitola 3.3)

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_{p(z)}$ [kPa]	W_e [kPa]
A	-1,2	0,665	-0,798
B	-0,8	0,665	-0,532
C	-0,5	0,665	-0,333
D	0,7	0,665	0,466
E	-0,3	0,665	-0,200

$$w_{d;k} := 0.466 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Zatížení: N_{Ed} : M_{Ed} :

Zatěžovací šířka:

$$b_{S1b} := 2 \cdot 2813 \text{ mm} = (5.626 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Vítr působící na stěny:

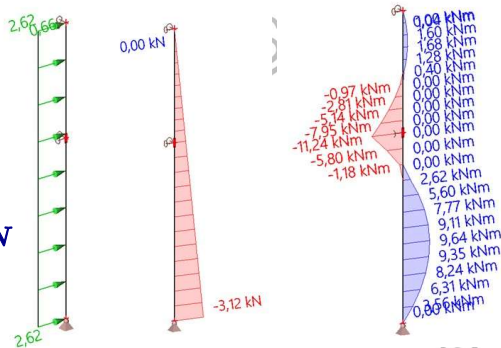
$$f_{w;S1a;k} := b_{S1b} \cdot w_{d;k} = 2.62 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$F_{w;S1b;k} := 0.5 \cdot b_{S1b} \cdot 0.5 \text{ m} \cdot w_{d;k} = 0.66 \text{ kN}$$

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} := 3.12 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 11.24 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Ocel S235 :

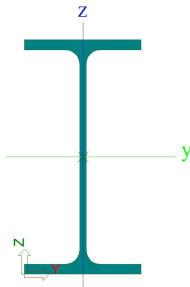
Mez kluzu $f_y := 235 \text{ MPa}$

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Návrh - IPE220:



Průřezové charakteristiky

$$A := 3.34 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2$$

$$I_y := 2.772 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z := 2.05 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$i_y := 91 \text{ mm}$$

$$i_z := 25 \text{ mm}$$

$$W_{pl,y} := 2.85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} := 5.81 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Geometrie průřezu

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

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

$$t_f := 9.2 \text{ mm}$$

$$t_w := 5.9 \text{ mm}$$

$$d := 178 \text{ mm}$$

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

Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 2.3 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.513$$

Zatřídění stojiny

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

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\frac{c}{t_w} = 30.17 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 69.91 \rightarrow \text{Stojina splňuje podmínky 1. třídy}$$

Zatřídění pásnice

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 40.1 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.35 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \rightarrow \text{Pásnice splňuje podmínky 1. třídy}$$

Štíhlosti

$$L_{cr;y} := 8975 \text{ mm}$$

$$L_{cr;z} := 5475 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr;y}}{i_y} = 98.6$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr;z}}{i_z} = 219 \leq 250 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda_{y-} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1.05$$

$$\lambda_{z-} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 2.33$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.631 \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

$$\chi_z := 0.159 \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

$$\chi := \min(\chi_y, \chi_z) = 0.159$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot f_y = 124.8 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 3.12 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 124.8 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Vliv klopení

$$\mu_{cr} := 3.107$$

$$M_{cr} := 34.88 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ ... (Výpočet proveden v programu LTBeamN 1.0.3)}$$

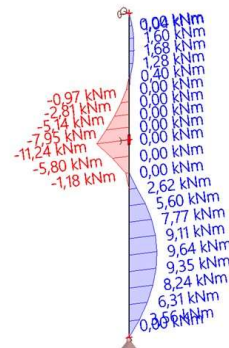
$$\lambda_{LT-} := \sqrt{\frac{W_{pl;y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 1.39$$

$$\chi_{LT} := 0.386 \text{ (křivka klopení b)}$$

Posouzení na ohyb s vlivem klopení

$$M_{Rd} := W_{pl;y} \cdot f_y \cdot \chi_{LT} = 25.852 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} = 11.24 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd} = 25.85 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$



Posouzení interakce tlaku a ohybu

- Z minimálního využití posudku na tlak s vlivem vybočení je vidět, že pro posouzení MSÚ rozhoduje ohyb s vlivem klopení. Je tedy zřejmé, že posudek na interakci vyhoví. Následně tedy použijí pouze konzervativní zjednodušený posudek pro ověření (EN 1993-1-1, 2023).

$$c_m := 1.0$$

$$\frac{1.1 \cdot N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + c_m \cdot \frac{1.1 \cdot M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{W_{pl;y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.485 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

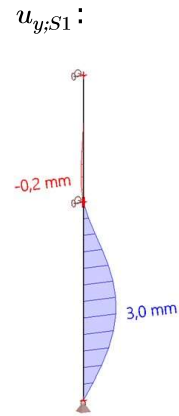
- Průřez IPE220 je na interakci tlaku a ohybu využit pouze na 48,5%, z důvodu limitní štíhlosti však není vhodné dimenzi zmenšovat.

Posouzení mezního stavu použitelnosti:

$$h_{S1;a} := 5475 \text{ mm}$$

$$h_{S1;b} := 3500 \text{ mm}$$

$$u_{y;S1} := 3 \text{ mm} \leq u_{y1;lim} := \frac{h_{S1;a}}{250} = 21.9 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$



7.2. Návrh a posouzení štítového sloupu S2

Výška prvku:

$$h_{S2} := 9975 \text{ mm}$$

Zatížení konstrukce:

ZS 1: Vlastní tíha nosné konstrukce

- Vlastní tíha bude spočítána programem SCIA Engineer 21.1

ZS 2: Vítr podélný

- Kompletní výpočet viz. Výpočet zatížení (kapitola 3.3)

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_{p(z)}$ [kPa]	W_e [kPa]
A	-1,2	0,665	-0,798
B	-0,8	0,665	-0,532
C	-0,5	0,665	-0,333
D	0,7	0,665	0,466
E	-0,3	0,665	-0,200

$$w_{d;k} := 0.466 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Zatěžovací šířka:

$$b_{S2} := 5625 \text{ mm}$$

Vítr působící na stěny:

$$f_{w;S2;k} := b_{S2} \cdot w_{d;k} = 2.62 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} := 4.76 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 48.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ocel S235 :

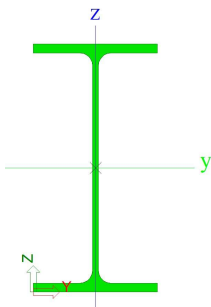
Mez kluzu $f_y := 235 \text{ MPa}$

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Návrh - IPE270:



Průřezové charakteristiky

$$A := 4.595 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2$$

$$I_y := 5.790 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z := 4.199 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$i_y := 112 \text{ mm}$$

$$i_z := 30.2 \text{ mm}$$

$$W_{pl;y} := 4.84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl;z} := 9.695 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Geometrie průřezu

$$h := 270 \text{ mm}$$

$$b := 135 \text{ mm}$$

$$t_f := 10.2 \text{ mm}$$

$$t_w := 6.6 \text{ mm}$$

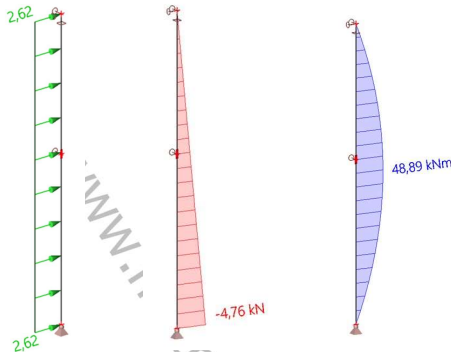
$$d := 219.6 \text{ mm}$$

$$r := 15 \text{ mm}$$

Zatížení:

N_{Ed} :

M_{Ed} :



Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 3.1 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.514$$

Zatřídění stojiny

$$c := d = 219.6 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\frac{c}{t_w} = 33.27 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 69.7 \rightarrow \text{Stojina splňuje podmínky 1. třídy}$$

Zatřídění pásnice

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 49.2 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.82 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \rightarrow \text{Pásnice splňuje podmínky 1. třídy}$$

Štíhlosti

$$L_{cr;y} := 9975 \text{ mm}$$

$$L_{cr;z} := 5475 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr;y}}{i_y} = 89.06$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr;z}}{i_z} = 181.3 \leq 250 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda_{y-} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.95$$

$$\lambda_{z-} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.93$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.700 \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

$$\chi_z := 0.223 \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

$$\chi := \min(\chi_y, \chi_z) = 0.223$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot f_y = 240.8 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 4.76 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 240.8 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Vliv klopení

$$\mu_{cr} := 2.181$$

$$M_{cr} := 106.51 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \dots \text{ (Výpočet proveden v programu LTBeamN 1.0.3)}$$

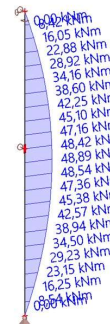
$$\lambda_{LT-} := \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 1.03$$

$$\chi_{LT} := 0.578 \quad \dots \text{ (křivka klopení b)}$$

Posouzení na ohyb s vlivem klopení

$$M_{Rd} := W_{pl,y} \cdot f_y \cdot \chi_{LT} = 65.74 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} = 48.89 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd} = 65.74 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$



Posouzení interakce tlaku a ohybu

- Z minimálního využití posudku na tlak s vlivem vybočení je vidět, že pro posouzení MSÚ rozhoduje ohyb s vlivem klopení. Je tedy zřejmé, že posudek na interakci vyhoví. Následně tedy použijí pouze konzervativní zjednodušený posudek pro ověření (EN 1993-1-1, 2023).

$$c_m := 1.0$$

$$\frac{1.1 \cdot N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + c_m \cdot \frac{1.1 \cdot M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = 0.825 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Průřez IPE270 je na interakci tlaku a ohybu využit na 82,5%.

Posouzení mezního stavu použitelnosti:

$$u_{y;S2} := 28 \text{ mm} \leq u_{y2;lim} := \frac{h_{S2}}{250} = 39.9 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$



7.3. Návrh a posouzení štítového sloupu S3

Výška prvku:

$$h_{S3} := 10975 \text{ mm}$$

Zatížení konstrukce:

ZS 1: Vlastní tíha nosné konstrukce

- Vlastní tíha bude spočítána programem SCIA Engineer 21.1

ZS 2: Vítr podélný

- Kompletní výpočet viz. Výpočet zatížení (kapitola 3.3)

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_{p(z)}$ [kPa]	W_e [kPa]
A	-1,2	0,665	-0,798
B	-0,8	0,665	-0,532
C	-0,5	0,665	-0,333
D	0,7	0,665	0,466
E	-0,3	0,665	-0,200

$$w_{d;k} := 0.466 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Zatěžovací šířka:

$$b_{S3} := 5625 \text{ mm}$$

Vítr působící na stěny:

$$f_{w;S3;k} := b_{S3} \cdot w_{d;k} = 2.62 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} := 6.14 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 59.18 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ocel S235 :

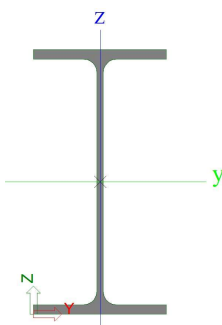
Mez kluzu $f_y := 235 \text{ MPa}$

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Návrh - IPE300:



Průřezové charakteristiky

$$A := 5.381 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2$$

$$I_y := 8.356 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z := 6.038 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$i_y := 125 \text{ mm}$$

$$i_z := 33.5 \text{ mm}$$

$$W_{pl;y} := 6.284 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl;z} := 1.252 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Geometrie průřezu

$$h := 300 \text{ mm}$$

$$b := 150 \text{ mm}$$

$$t_f := 10.7 \text{ mm}$$

$$t_w := 7.1 \text{ mm}$$

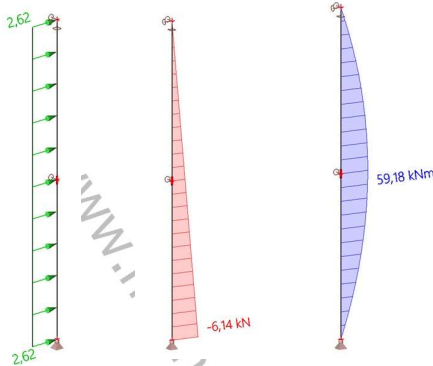
$$d := 248.6 \text{ mm}$$

$$r := 15 \text{ mm}$$

Zatížení:

N_{Ed} :

M_{Ed} :



Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 3.7 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.515$$

Zatřídění stojiny

$$c := d = 248.6 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\frac{c}{t_w} = 35.01 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 69.57 \rightarrow \text{Stojina splňuje podmínky 1. třídy}$$

Zatřídění pásnice

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 56.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 5.28 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \rightarrow \text{Pásnice splňuje podmínky 1. třídy}$$

Štíhlosti

$$L_{cr;y} := 10975 \text{ mm}$$

$$L_{cr;z} := 5500 \text{ mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr;y}}{i_y} = 87.8$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr;z}}{i_z} = 164.2 \leq 250 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda_{y-} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.94$$

$$\lambda_{z-} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.75$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.707 \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

$$\chi_z := 0.265 \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

$$\chi := \min(\chi_y, \chi_z) = 0.265$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot f_y = 335.1 \text{ kN}$$
$$N_{Ed} = 6.14 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 335.1 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Vliv klopení

$$\mu_{cr} := 2.32$$
$$M_{cr} := 137.31 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \dots \text{ (Výpočet proveden v programu LTBeamN 1.0.3)}$$

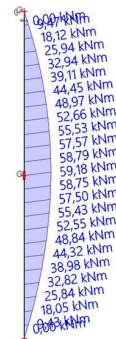
$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 1.04$$

$$\chi_{LT} := 0.572 \quad \dots \text{ (křivka klopení b)}$$

Posouzení na ohyb s vlivem klopení

$$M_{Rd} := W_{pl,y} \cdot f_y \cdot \chi_{LT} = 84.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} = 59.18 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd} = 84.47 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$



Posouzení interakce tlaku a ohybu

- Z minimálního využití posudku na tlak s vlivem vybočení je vidět, že pro posouzení MSÚ rozhoduje ohyb s vlivem klopení. Je tedy zřejmé, že posudek na interakci vyhoví. Následně tedy použijí pouze konzervativní zjednodušený posudek pro ověření (EN 1993-1-1, 2023).

$$c_m := 1.0$$

$$\frac{1.1 \cdot N_{Ed}}{A \cdot f_y \cdot \gamma_{M1}} + c_m \cdot \frac{1.1 \cdot M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y \cdot \gamma_{M1}} = 0.778 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Průřez IPE300 je na interakci tlaku a ohybu využit na 77,8%.

Posouzení mezního stavu použitelnosti:

$$u_{y;S3} := 28.4 \text{ mm} \leq u_{y3;lim} := \frac{h_{S3}}{250} = 43.9 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$



8. Návrh a posouzení ztužidel

8.1. Příčné střešní ztužidlo

Geometrie ztužidel

- Ve střešní rovině jsou zabudována 3 příčná střešní ztužidla. Postranní ztužidla jsou navržena pro přenos zatížení od větru, vnitřní ztužidlo pro stabilizaci konstrukce.

Zatížení konstrukce:

ZS 1: Vítr podélný

- Kompletní výpočet viz. Výpočet zatížení (kapitola 3.3)

$$w_{d;k} := 0.466 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Sloup S_{1a} :

$$b_{S_{1a}} := 2813 \text{ mm}$$

$$f_{w;S_{1a};k} := b_{S_{1a}} \cdot w_{d;k} = 1.31 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Sloup S_{1b} :

$$b_{S_{1b}} := 2 \cdot 2813 \text{ mm} = (5.626 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$f_{w;S_{1b};k} := b_{S_{1b}} \cdot w_{d;k} = 2.62 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$F_{w;S_{1b};k} := 0.5 \cdot b_{S_{1b}} \cdot 0.5 \text{ m} \cdot w_{d;k} = 0.66 \text{ kN}$$

Sloup S_2 :

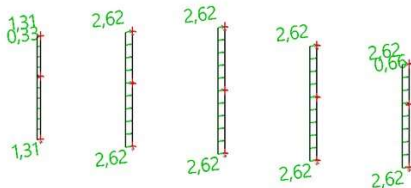
$$b_{S_2} := 5625 \text{ mm}$$

$$f_{w;S_2;k} := b_{S_2} \cdot w_{d;k} = 2.62 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

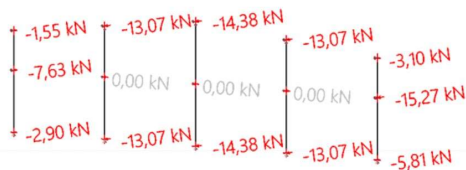
Sloup S_3 :

$$b_{S_3} := 5625 \text{ mm}$$

$$f_{w;S_3;k} := b_{S_3} \cdot w_{d;k} = 2.62 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



Reakce $R_{y;k}$ štítových sloupů:



Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} := 0.119 \dots \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{b;Rd} := \chi_{cr} \cdot A \cdot f_y = 36.89 \text{ kN}$$

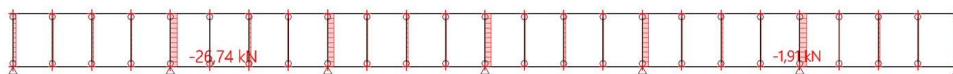
$$N_{c;Ed} = 30.88 \text{ kN} \leq N_{b;Rd} = 36.89 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

8.1.2. Svislice příčného ztužidla

Kritická délka:

$$L_{cr} := 7500 \text{ mm}$$

Vnitřní síly:



$$N_{c;Ed} := 26.74 \text{ kN}$$

Ocel S235 :

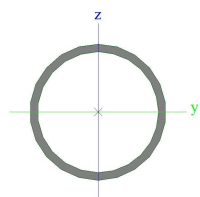
$$\text{Mez kluzu } f_y := 235 \text{ MPa}$$

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

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

$$\text{Modul pružnosti ve smyku } G := 80.7 \text{ GPa}$$

Návrh - TR 89x5:



Průřezové charakteristiky

$$A := 1319 \cdot \text{mm}^2$$

$$i := 29.8 \text{ mm}$$

- Prvek tvarovaný za studena.
- Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Geometrie průřezu

$$d := 89 \text{ mm}$$

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

Štíhlost

$$\lambda_{cr} := \frac{L_{cr}}{i} = 251.68 \approx 250 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda_{cr-} := \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = 2.68$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} := 0.117 \dots \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{b;Rd} := \chi_{cr} \cdot A \cdot f_y = 36.27 \text{ kN}$$

$$N_{c;Ed} = 26.74 \text{ kN} \leq N_{b;Rd} = 36.27 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

8.2. Svislé podélné ztužidlo

Geometrie ztužidel

- V každé lodi jsou ve všech stěnách zabudována 3 svislá ztužidla pro přenos sil od větru. Jsou vždy situovány k příčným střešním ztužidlům tak, aby přenášely jejich reakce. Z krajního a vnitřního ztužidla je posuzováno to vnitřní z důvodu většího působícího zatížení.
- Síly působící na nárazníky nejsou ve výpočtu uvažovány z důvodu umístění koncových spínačů.

Rámové imperfekce:

- Výška sloupu $h := 8975 \text{ mm}$
- Počet sloupů v řadě $m_{sl} := 11$
- Maximální normálová síla bez vlivu větru $N_{max;sloup} := 1100.41 \text{ kN}$ (NK CO6)

$$\alpha_h := \frac{2}{\sqrt{h}} \cdot m^{\frac{1}{2}} = 0.668 \quad \frac{2}{3} \leq \alpha_h = 0.668 \leq 1.0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m_{sl}}\right)} = 0.739$$

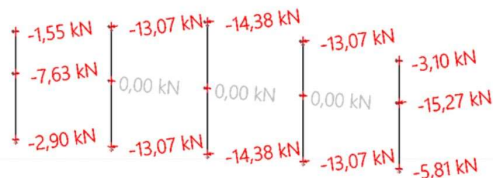
$$\phi_0 := \frac{1}{200}$$

$$\phi := \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 0.002$$

$$H_\phi := \frac{\phi \cdot m_{sl} \cdot N_{max;sloup}}{3} = 9.95 \text{ kN}$$

Zatížení konstrukce:

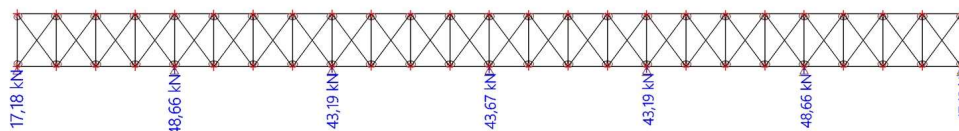
Reakce $R_{y;k}$ od vodorovných prvků působící na ztužidlo:



$$R_{y;1;k} := 5.81 \text{ kN}$$

$$R_{y;2;k} := 15.27 \text{ kN}$$

Reakce R_y od příčného střešního ztužidla:



$$R_{y;sz;k} := 48.66 \text{ kN}$$

Vodorovné síly od jeřábu:

$$H_{L,i} = 10.881 \text{ kN}$$

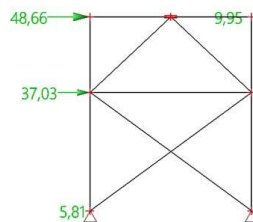
$$H_{L,i;ztuzidlo} := 2 \cdot H_{L,i} = 21.76 \text{ kN}$$

Vodorovné síla vyvolaná vlivem imperfekcí:

$$H_{\phi} = 9.95 \text{ kN}$$

Schéma zatížení konstrukce:

$$H_{L,i;ztuzidlo} + R_{y;2;k} = 37.03 \text{ kN}$$



8.2.1. Diagonála D1 svislého ztužidla

Délka prvku:

$$L_{dg} := 5130 \text{ mm}$$

Vnitřní síly:

$$N_{c;Ed} := 62.43 \text{ kN}$$

$$N_{t;Ed} := 60.44 \text{ kN}$$

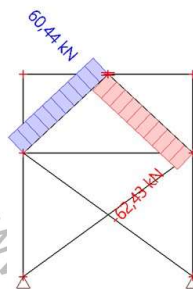
Ocel S235 :

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

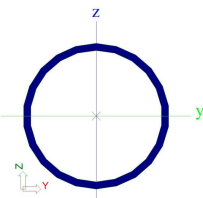
$$\text{Mez pevnosti } f_u := 360 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Modul pružnosti ve smyku } G := 80.7 \text{ GPa}$$



Návrh - TR 60,3x5:



Průřezové charakteristiky

$$A := 869 \cdot \text{mm}^2$$

$$i := 19.6 \text{ mm}$$

- Prvek tvarovaný za studena.
- Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Geometrie průřezu

$$d := 60.3 \text{ mm}$$

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

Kritická délka:

$$L_{cr} := L_{dg} \cdot \sqrt{1 - 0.75 \cdot \frac{N_{t;Ed}}{N_{c;Ed}}} = 2.685 \text{ m}$$

Štíhlost

$$\lambda_{cr} := \frac{L_{cr}}{i} = 136.98 \leq 250 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda_{cr-} := \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = 1.46$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} := 0.328 \dots \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{b;Rd} := \chi_{cr} \cdot A \cdot f_y = 66.98 \text{ kN}$$

$$N_{c;Ed} = 62.43 \text{ kN} \leq N_{b;Rd} = 66.98 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

8.2.2. Diagonála D2 svislého ztužidla

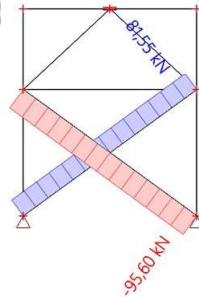
Délka prvku:

$$L_{dg} := 9286 \text{ mm}$$

Vnitřní síly:

$$N_{c;Ed} := 95.60 \text{ kN}$$

$$N_{t;Ed} := 81.55 \text{ kN}$$



Ocel S235 :

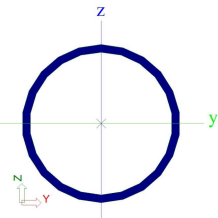
$$\text{Mez kluzu } f_y := 235 \text{ MPa}$$

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

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

$$\text{Modul pružnosti ve smyku } G := 80.7 \text{ GPa}$$

Návrh - TR 108x5:



Průřezové charakteristiky

$$A := 1618 \cdot \text{mm}^2$$

$$i := 36.5 \text{ mm}$$

- Prvek tvarovaný za studena.

- Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Geometrie průřezu

$$d := 108 \text{ mm}$$

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

Kritická délka:

$$L_{cr} := L_{dg} \cdot \sqrt{1 - 0.75 \cdot \frac{N_{t;Ed}}{N_{c;Ed}}} = 5.573 \text{ m}$$

Štíhlost

$$\lambda_{cr} := \frac{L_{cr}}{i} = 152.69 \leq 250 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda_{cr-} := \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = 1.63$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} := 0.276 \dots \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{b;Rd} := \chi_{cr} \cdot A \cdot f_y = 104.94 \text{ kN}$$

$$N_{c;Ed} = 95.6 \text{ kN} \leq N_{b;Rd} = 104.94 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

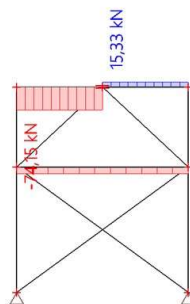
8.2.3. Vodorovný prvek svislého ztužidla

Kritická délka:

$$L_{cr} := 7500 \text{ mm}$$

Vnitřní síly:

$$N_{c;Ed} := 74.15 \text{ kN}$$



Ocel S235 :

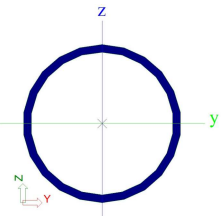
$$\text{Mez kluzu } f_y := 235 \text{ MPa}$$

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

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

$$\text{Modul pružnosti ve smyku } G := 80.7 \text{ GPa}$$

Návrh - TR 114x5,6:



Průřezové charakteristiky

$$A := 1907 \cdot \text{mm}^2$$

$$i := 38.4 \text{ mm}$$

- Prvek tvarovaný za studena.
- Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Geometrie průřezu

$$d := 114.6 \text{ mm}$$

$$t := 5.6 \text{ mm}$$

Štíhlost

$$\lambda_{cr} := \frac{L_{cr}}{i} = 195.31 \leq 250 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda_{cr-} := \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = 2.08$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} := 0.183 \dots \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{b;Rd} := \chi_{cr} \cdot A \cdot f_y = 82.01 \text{ kN}$$

$$N_{c;Ed} = 74.15 \text{ kN} \leq N_{b;Rd} = 82.01 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

8.3. Podélné střešní ztužidlo

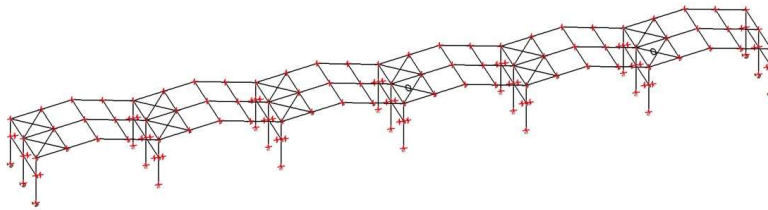
Geometrie ztužidel

- Ve střešní rovině jsou v každé lodi zabudována podélná střešní ztužidla pro přenos vodorovných sil jeřábu mezi sousední vazby, zatížení větrem a pro prostorovou tuhost.

Zatížení konstrukce:

- Pro posouzení prvků podélného střešního ztužidla byly použity 3D modely pro posouzení hlavní vazby konstrukce.
- Rozhodující byla nelineární kombinace NK06 z modelu pro posouzení vnitřního sloupu.

Schéma modelu:

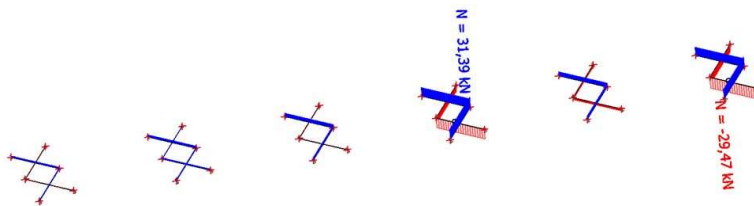


8.3.1. Diagonála podélného ztužidla

Délka prvku:

$$L_{dg} := 9428 \text{ mm}$$

Vnitřní síly:



$$N_{c;Ed} := 29.47 \text{ kN}$$

$$N_{t;Ed} := 31.39 \text{ kN}$$

Ocel S235 :

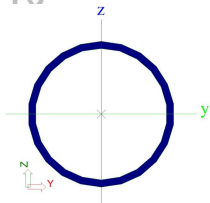
$$\text{Mez kluzu } f_y := 235 \text{ MPa}$$

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

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

$$\text{Modul pružnosti ve smyku } G := 80.7 \text{ GPa}$$

Návrh - TR 70x5:



Průřezové charakteristiky

$$A := 1021 \cdot \text{mm}^2$$

$$i := 23 \text{ mm}$$

- Prvek tvarovaný za studena.
- Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Geometrie průřezu

$$d := 70 \text{ mm}$$

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

Kritická délka:

$$L_{cr} := \max \left(L_{dg} \cdot \sqrt{1 - 0.75 \cdot \frac{N_{t;Ed}}{N_{c;Ed}}}, \frac{L_{dg}}{2} \right) = 4.714 \text{ m}$$

Štíhlost

$$\lambda_{cr} := \frac{L_{cr}}{i} = 204.96 \leq 250 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda_{cr-} := \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = 2.18$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} := 0.169 \dots \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{b;Rd} := \chi_{cr} \cdot A \cdot f_y = 40.55 \text{ kN}$$

$$N_{c;Ed} = 29.47 \text{ kN} \leq N_{b;Rd} = 40.55 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

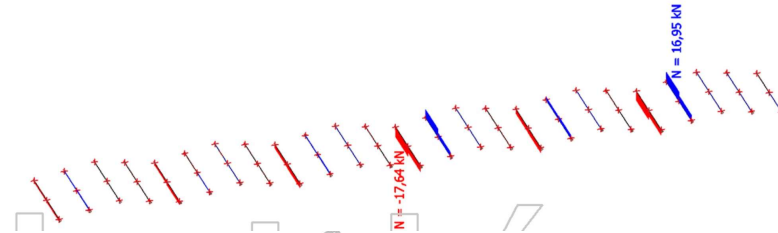
8.3.2. Svislice podélného ztužidla

- Z důvodu unifikace volím stejný návrh průřezu jako svislice příčného střešního ztužidla, průřez je však na základě limitní štíhlosti zvolen správně.

Kritická délka:

$$L_{cr} := 7500 \text{ mm}$$

Vnitřní síly:



$$N_{c;Ed} := 17.64 \text{ kN}$$

Ocel S235 :

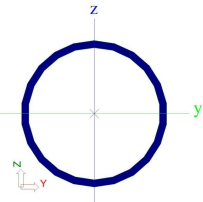
$$\text{Mez kluzu } f_y := 235 \text{ MPa}$$

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

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

$$\text{Modul pružnosti ve smyku } G := 80.7 \text{ GPa}$$

Návrh - TR 89x5:



Průřezové charakteristiky

$$A := 1319 \cdot \text{mm}^2$$

$$i := 29.8 \text{ mm}$$

- Prvek tvarovaný za studena.
- Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Geometrie průřezu

$$d := 89 \text{ mm}$$

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

Štíhlost

$$\lambda_{cr} := \frac{L_{cr}}{i} = 251.68 \leq 250 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda_{cr-} := \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = 2.68$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} := 0.117 \dots \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{b;Rd} := \chi_{cr} \cdot A \cdot f_y = 36.27 \text{ kN}$$

$$N_{c;Ed} = 17.64 \text{ kN} \leq N_{b;Rd} = 36.27 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9. Návrh a posouzení vybraných detailů

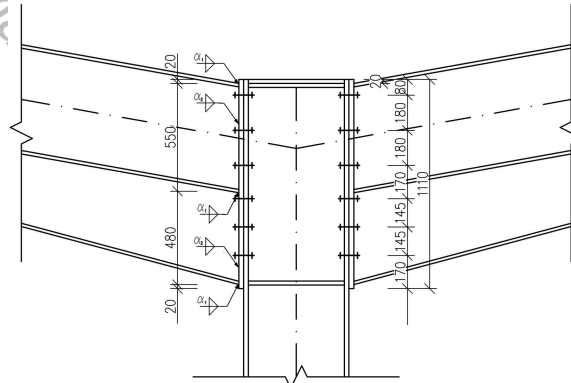
9.1. Detail D1 - Vnitřní rámový roh

- Návrh příčle na sloup bude proveden dle schéma přípoje. Ocel použita na plech čelní desky a výztuhy je uvažována z třídy oceli S235, ve styčnicku jsou navrženy nepředepnuté šrouby třídy pevnosti 8.8.

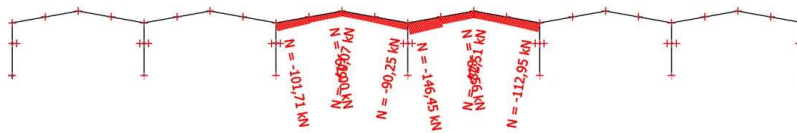
- Rozhodující stav pro posouzení přípoje vnitřního rámového rohu je nelineární kombinace NKO6 ze zatěžovacího schématu pro posouzení vnitřního sloupu. Normálová tlaková síla nelineární kombinace NKO6 je ve výpočtu zanedbána, hodnota je menší než 10% tlakové únosnosti příčle.

- Pro posouzení smykové únosnosti byla zvolena maximální hodnota posouvající síly vypočtená podle třídy MSÚ v místě přípoje.

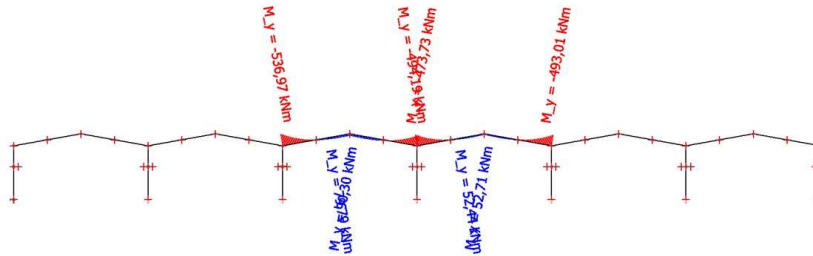
Schéma přípoje :



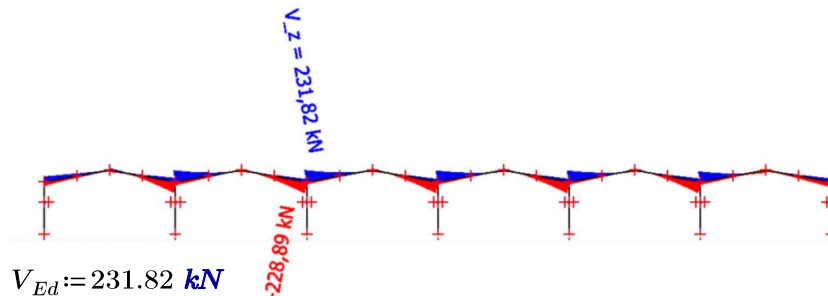
Vnitřní síly :



$$N_{Ed} := 146.45 \text{ kN}$$



$$M_{Ed} := 494.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



$$V_{Ed} := 231.82 \text{ kN}$$

Ocel S235 :

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

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Korelační součinitel $\beta_w := 0.8$

Návrh svarů :

- Svary jsou navrženy konzervativně na plnou únosnost průřezu.

- Tloušťky stěn IPE 550 :

$$t_{f;IPE550} := 17.2 \text{ mm}$$

$$t_{w;IPE550} := 11.1 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a pásnice:

$$\alpha_1 := \min \left(\frac{t_{f;IPE550}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = 7.9 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 := 8 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a stojiny:

$$\alpha_2 := \min \left(\frac{t_{w;IPE550}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = 5.1 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 := 6 \text{ mm}$$

Návrh dílčích komponent :

Tloušťka plechu čelní desky :

$$t_p \approx t_{f;HEA550} := 24 \text{ mm}$$

$$t_p := 25 \text{ mm}$$

Tloušťka výztuhy :

$$t_v \approx t_{f;IPE550} := 17.2 \text{ mm}$$

$$t_v := 20 \text{ mm}$$

Šrouby M20 8.8 :

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

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

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

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

9.1.1. Tlaková únosnost přípoje :

- Osová síla je ve výpočtu zanedbána, tlaková síla v příčli nedosáhla 10% únosnosti průřezu příčle.

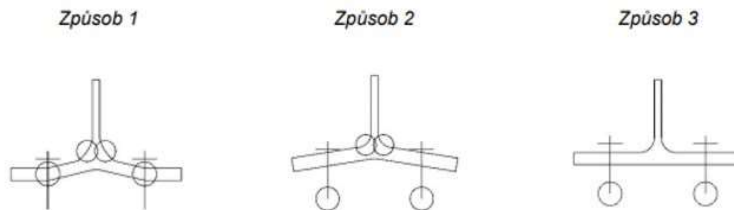
- IPE 550 + náběh - charakteristiky : $A := 1.344 \cdot 10^{-2} \cdot m^2$ (pouze IPE550)
 $f_y := 355 \text{ MPa}$

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = (4.771 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$0.1 \cdot N_{pl;Rd} = 477.12 \text{ kN} > N_{Ed} = 146.45 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.1.2. Výpočet únosnosti řad šroubů v tahu :

- Výpočet únosnosti ohýbané pásnice je proveden pomocí modelu náhradního T-průřezu. Jeho únosnost je dána jedním ze tří způsobů porušení podle následujícího obrázku.



Způsob porušení 1:

- Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t;1;Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m}$$

Způsob porušení 2:

- Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t;2;Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl;1;Rd} + n \cdot \Sigma (F_{t;i;Rd})}{m + n}$$

Způsob porušení 3:

- Porušení šroubů v tahu

$$F_{t;3;Rd} = \Sigma (F_{t;i;Rd})$$

Ocel S235 :

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

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Návrhová únosnost jednoho šroubu v tahu :

$$F_{t,i;Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

Výpočet 1. řady šroubů :

$$p := 180 \text{ mm}$$

$$c_1 := 0.8 \cdot \alpha_1 \cdot \sqrt{2} = 9.1 \text{ mm}$$

$$m_2 := 42 \text{ mm} - c_1 = 32.9 \text{ mm}$$

$$c_2 := 0.8 \cdot \alpha_2 \cdot \sqrt{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$m := 60 \text{ mm} - c_2 = 53.2 \text{ mm}$$

$$e := 60 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 60 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.47$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 0.29$$

$$\rightarrow \alpha := 6.6$$

Efektivní šířka T- průřezu - kruhové řešení:

$$l_{eff;cp} := \min(\pi \cdot m + p, 2 \cdot \pi \cdot m) = 334.3 \text{ mm}$$

Efektivní šířka T- průřezu - nekruhové řešení:

$$l_{eff;nc} := \min\left(\frac{1}{2} \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e), \alpha \cdot m\right) = 297.3 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := \min(l_{eff;cp}, l_{eff;nc}) = 297.3 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := l_{eff;nc} = 297.3 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 5.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

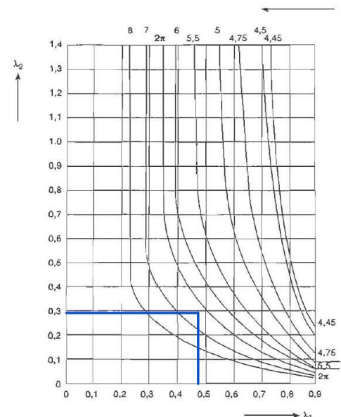
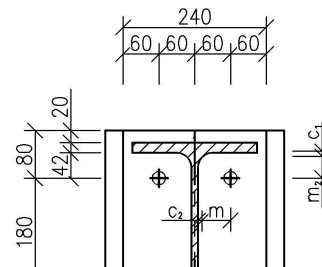
$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 5.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí :

Způsob porušení 1:

- Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 388.4 \text{ kN}$$



Způsob porušení 2:

- Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;1;Rd} + n \cdot (2 \cdot F_{t;i;Rd})}{m + n} = 240.86 \text{ kN}$$

Způsob porušení 3:

- Porušení šroubů v tahu

$$F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;i;Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t;1;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 240.86 \text{ kN}$$

→ Rozhoduje způsob porušení 2

Výpočet 2. řady šroubů :

$$p := 180 \text{ mm}$$

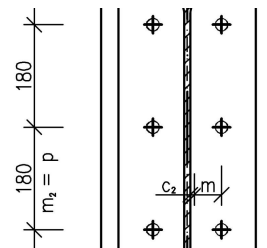
$$m_2 := p = 180 \text{ mm}$$

$$c_2 := 0.8 \cdot \alpha_2 \cdot \sqrt{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$m := 60 \text{ mm} - c_2 = 53.2 \text{ mm}$$

$$e := 60 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 60 \text{ mm}$$



Efektivní šířka T- průřezu - kruhové řešení:

$$l_{eff;cp} := \min(2 \cdot \pi \cdot m, 2 \cdot p) = 334.3 \text{ mm}$$

Efektivní šířka T- průřezu - nekruhové řešení:

$$l_{eff;op} := \min(4 \cdot m + 1.25 \cdot e, p) = 180 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := \min(l_{eff;cp}, l_{eff;op}) = 180 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := l_{eff;op} = 180 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí :

Způsob porušení 1:

- Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 235.17 \text{ kN}$$

Způsob porušení 2:

- Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;1;Rd} + n \cdot (2 \cdot F_{t;i;Rd})}{m + n} = 204.85 \text{ kN}$$

Způsob porušení 3:

- Porušení šroubů v tahu

$$F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;i;Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t;2;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 204.85 \text{ kN}$$

→ **Rozhoduje způsob porušení 2**

Výpočet 3. řady šroubů :

$$p := \frac{(170 + 180)}{2} \text{ mm} = 175 \text{ mm}$$

$$c_1 := 0.8 \cdot \alpha_1 \cdot \sqrt{2} = 9.1 \text{ mm}$$

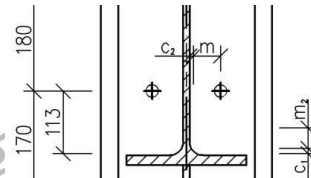
$$m_2 := 113 \text{ mm} - c_1 = 103.9 \text{ mm}$$

$$c_2 := 0.8 \cdot \alpha_2 \cdot \sqrt{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$m := 60 \text{ mm} - c_2 = 53.2 \text{ mm}$$

$$e := 60 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 60 \text{ mm}$$



Efektivní šířka T- průřezu - kruhové řešení:

$$l_{eff;cp} := \min(2 \cdot \pi \cdot m, 2 \cdot p) = 334.3 \text{ mm}$$

Efektivní šířka T- průřezu - nekruhové řešení:

$$l_{eff;op} := \min(4 \cdot m + 1.25 \cdot e, p) = 175 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := \min(l_{eff;cp}, l_{eff;op}) = 175 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := l_{eff;op} = 175 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí :

Způsob porušení 1:

- Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 228.64 \text{ kN}$$

Způsob porušení 2:

- Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;1;Rd} + n \cdot (2 \cdot F_{t;i;Rd})}{m + n} = 203.315 \text{ kN}$$

Způsob porušení 3:

- Porušení šroubů v tahu

$$F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;i;Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t;3;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 203.315 \text{ kN}$$

→ **Rozhoduje způsob porušení 2**

Výpočet 4. řady šroubů :

$$p := \frac{(170 + 145)}{2} \text{ mm} = 157.5 \text{ mm}$$

$$c_1 := 0.8 \cdot \alpha_1 \cdot \sqrt{2} = 9.1 \text{ mm}$$

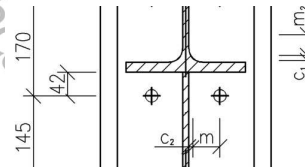
$$m_2 := 42 \text{ mm} - c_1 = 32.9 \text{ mm}$$

$$c_2 := 0.8 \cdot \alpha_2 \cdot \sqrt{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$m := 60 \text{ mm} - c_2 = 53.2 \text{ mm}$$

$$e := 60 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 60 \text{ mm}$$



Efektivní šířka T- průřezu - kruhové řešení:

$$l_{eff;cp} := \min(2 \cdot \pi \cdot m, 2 \cdot p) = 315 \text{ mm}$$

Efektivní šířka T- průřezu - nekruhové řešení:

$$l_{eff;op} := \min(4 \cdot m + 1.25 \cdot e, p) = 157.5 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := \min(l_{eff;cp}, l_{eff;op}) = 157.5 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := l_{eff;op} = 157.5 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.74 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.74 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí :

Způsob porušení 1:

- Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 205.78 \text{ kN}$$

Způsob porušení 2:

- Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;1;Rd} + n \cdot (2 \cdot F_{t;i;Rd})}{m + n} = 197.941 \text{ kN}$$

Způsob porušení 3:

- Porušení šroubů v tahu

$$F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;i;Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t;4;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 197.941 \text{ kN}$$

→ **Rozhoduje způsob porušení 2**

Výsledné hodnoty únosnosti řad šroubů v tahu :

1. řada šroubů : $F_{t;1;Rd} = 240.86 \text{ kN}$

2. řada šroubů : $F_{t;2;Rd} = 204.85 \text{ kN}$

3. řada šroubů : $F_{t;3;Rd} = 203.31 \text{ kN}$

4. řada šroubů : $F_{t;4;Rd} = 197.94 \text{ kN}$

9.1.3. Výpočet 5. a 6. řady šroubů - smyková únosnost:

- Pro přenos smykové síly se použije spodní 5. a 6. řada šroubů. Šrouby nebudou uvažovány pro výpočet momentové únosnosti.

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu :

$$F_{v,i;Rd} := \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení :

$$t_{f;HEA550} := 24 \text{ mm}$$

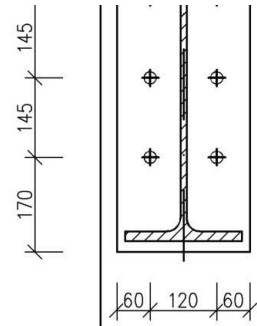
$$t := \min(t_{f;HEA550}, t_p) = 24 \text{ mm}$$

$$e_1 := 60 \text{ mm}$$

$$p_1 := 120 \text{ mm}$$

$$e_2 := 170 \text{ mm}$$

$$p_2 := 145 \text{ mm}$$



5. řada šroubů - vnitřní šrouby:

$$\alpha_{b,5} := \min\left(\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 1$$

$$k_{1,5} := \min\left(1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b,5;Rd} := \frac{k_{1,5} \cdot \alpha_{b,5} \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 345.6 \text{ kN}$$

6. řada šroubů - krajní šrouby:

$$\alpha_{b,6} := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.909$$

$$k_{1,6} := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b,6;Rd} := \frac{k_{1,6} \cdot \alpha_{b,6} \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 314.18 \text{ kN}$$

Podmínka smykové únosnosti 5. a 6. řady šroubů :

$$V_{v;Rd} := 4 \cdot F_{v,i;Rd} = 376.32 \text{ kN}$$

$$V_{b;Rd} := 2 \cdot F_{b,5;Rd} + 2 \cdot F_{b,6;Rd} = (1.32 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{Rd} := \min(V_{v;Rd}, V_{b;Rd}) = 376.32 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 231.82 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 376.32 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.1.4. Únosnost základních komponent :

Únosnost pásnice přičle v tlaku

$$\begin{aligned} \text{- IPE550 + náběh - charakteristiky : } W_{pl,y} &:= 5.732 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ h &:= 1050 \text{ mm} \\ t_f &:= 17.2 \text{ mm} \\ f_y &:= 355 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Podmínka tažených šroubů a tlačené pásnice

$$F_{c;fb;Rd} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{(h - t_f) \cdot \gamma_{M0}} = (1.97 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{t;Rd} := F_{t;1;Rd} + F_{t;2;Rd} + F_{t;3;Rd} + F_{t;4;Rd} = 846.964 \text{ kN}$$

$$F_{c;fb;Rd} = (1.97 \cdot 10^3) \text{ kN} > \Sigma F_{t;Rd} = 846.964 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.1.5. Rozdělení sil a výpočet momentové únosnosti :

- Podmínka je splněna pro 1. řadu, která má největší únosnost.
Podmínky tedy splňují všechny řady.

Podmínka pro výpočet plastického rozdělení :

$$F_{max;Rd} := F_{t;1;Rd} = 240.858 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t;i;Rd} = 268.128 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ Všechny podmínky vyhovují, není nutné redukovat spodní řadu tažených šroubů a bude provedeno plastické rozdělení sil.

řada šroubů :	Únosnost řady:	Síla pro M_{Rd} :	Rameno sil:
1.	$F_{t;1;Rd} = 240.86 \text{ kN}$	$F_{t;1;Rd} = 240.86 \text{ kN}$	$r_1 := 970 \text{ mm}$
2.	$F_{t;2;Rd} = 204.85 \text{ kN}$	$F_{t;2;Rd} = 204.85 \text{ kN}$	$r_2 := 790 \text{ mm}$
3.	$F_{t;3;Rd} = 203.31 \text{ kN}$	$F_{t;3;Rd} = 203.31 \text{ kN}$	$r_3 := 610 \text{ mm}$
4.	$F_{t;4;Rd} = 197.94 \text{ kN}$	$F_{t;4;Rd} = 197.94 \text{ kN}$	$r_4 := 440 \text{ mm}$

$$M_{Rd} = \Sigma (F_{t;i;Rd} \cdot r_i)$$

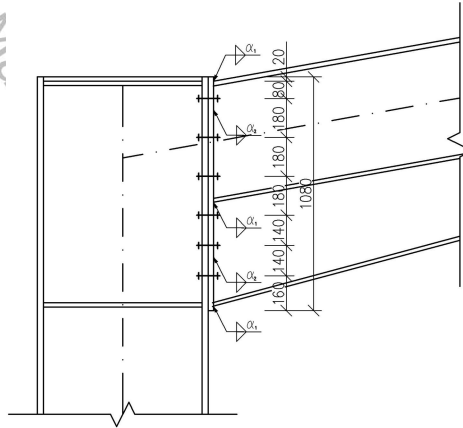
$$M_{Rd} := F_{t;1;Rd} \cdot r_1 + F_{t;2;Rd} \cdot r_2 + F_{t;3;Rd} \cdot r_3 + F_{t;4;Rd} \cdot r_4 = 606.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 606.58 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{Ed} = 494.19 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

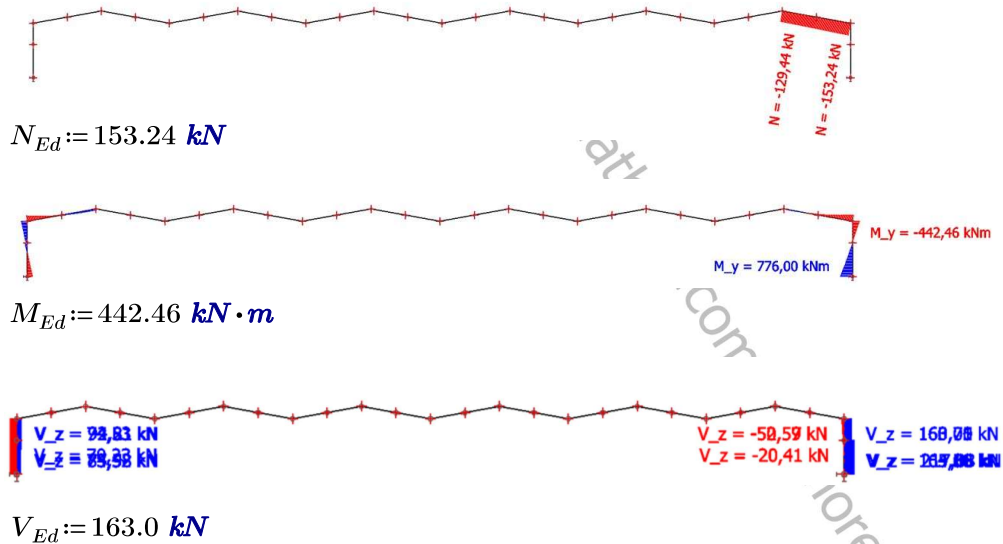
9.2. Detail D2 - Krajní rámový roh

- Návrh příčle na sloup bude proveden dle schéma přípoje. Ocel použita na plech čelní desky a výztuhy je uvažována z třídy oceli S235, ve styčnicku jsou navrženy nepředepruté šrouby třídy pevnosti 8.8.
- Rozhodující stav pro posouzení přípoje krajního rámového rohu je nelineární kombinace NKO5 ze zatěžovacího schématu pro posouzení vnitřního sloupu. Normálová tlaková síla nelineární kombinace NKO5 je ve výpočtu zanedbána, hodnota je menší než 10% tlakové únosnosti příčle.
- Pro posouzení smykové únosnosti byla zvolena maximální hodnota posouvající síly vypočtená podle třídy MSÚ v místě přípoje.

Schéma přípoje :



Vnitřní síly :



Ocel S235 :

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

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Korelační součinitel $\beta_w := 0.8$

Návrh svarů :

- Svary jsou navrženy konzervativně na plnou únosnost průřezu.

- Tloušťky stěn IPE 550 :

$$t_{f;IPE550} := 17.2 \text{ mm}$$

$$t_{w;IPE550} := 11.1 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a pásnice:

$$\alpha_1 := \min \left(\frac{t_{f;IPE550}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = 7.9 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 := 8 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a stojiny:

$$\alpha_2 := \min \left(\frac{t_{w;IPE550}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = 5.1 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 := 6 \text{ mm}$$

Návrh dílčích komponent :

Tloušťka plechu čelní desky :

$$t_p \approx t_{f;HEA800} := 28 \text{ mm}$$

$$t_p := 25 \text{ mm}$$

Tloušťka výztuhy :

$$t_v \approx t_{f;IPE550} := 17.2 \text{ mm}$$

$$t_v := 20 \text{ mm}$$

Šrouby M20 8.8 :

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

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

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

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

9.2.1. Tlaková únosnost přípoje :

- Osová síla je ve výpočtu zanedbána, tlaková síla v příčli nedosáhla 10% únosnosti průřezu příčle.

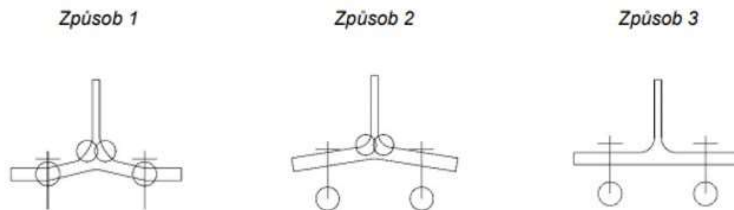
- IPE 550 + náběh - charakteristiky : $A := 1.344 \cdot 10^{-2} \cdot m^2$ (pouze IPE550)
 $f_y := 355 \text{ MPa}$

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = (4.771 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$0.1 \cdot N_{pl;Rd} = 477.12 \text{ kN} > N_{Ed} = 153.24 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.2.2. Výpočet únosnosti řad šroubů v tahu :

- Výpočet únosnosti ohýbané pásnice je proveden pomocí modelu náhradního T-průřezu. Jeho únosnost je dána jedním ze tří způsobů porušení podle následujícího obrázku.



Způsob porušení 1:

- Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t;1;Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m}$$

Způsob porušení 2:

- Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t;2;Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl;1;Rd} + n \cdot \Sigma (F_{t;i;Rd})}{m + n}$$

Způsob porušení 3:

- Porušení šroubů v tahu

$$F_{t;3;Rd} = \Sigma (F_{t;i;Rd})$$

Ocel S235 :

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

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Návrhová únosnost jednoho šroubu v tahu :

$$F_{t,i;Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

Výpočet 1. řady šroubů :

$$p := 180 \text{ mm}$$

$$c_1 := 0.8 \cdot \alpha_1 \cdot \sqrt{2} = 9.1 \text{ mm}$$

$$m_2 := 63 \text{ mm} - c_1 = 53.9 \text{ mm}$$

$$c_2 := 0.8 \cdot \alpha_2 \cdot \sqrt{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$m := 60 \text{ mm} - c_2 = 53.2 \text{ mm}$$

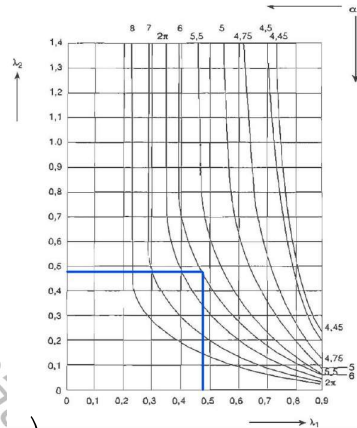
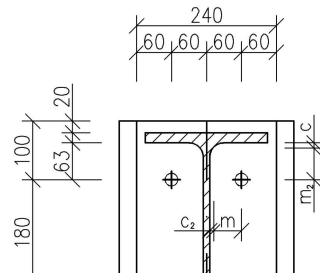
$$e := 60 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 60 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.47$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 0.48$$

$$\rightarrow \alpha := 6.0$$



Efektivní šířka T- průřezu - kruhové řešení:

$$l_{eff,cp} := \min(\pi \cdot m + p, 2 \cdot \pi \cdot m) = 334.3 \text{ mm}$$

Efektivní šířka T- průřezu - nekruhové řešení:

$$l_{eff,nc} := \min\left(\frac{1}{2} \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e), \alpha \cdot m\right) = 265.3 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = 265.3 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := l_{eff,nc} = 265.3 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 4.61 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 4.61 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí :

Způsob porušení 1:

- Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 346.68 \text{ kN}$$

Způsob porušení 2:

- Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;1;Rd} + n \cdot (2 \cdot F_{t;i;Rd})}{m + n} = 231.06 \text{ kN}$$

Způsob porušení 3:

- Porušení šroubů v tahu

$$F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;i;Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t;1;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 231.06 \text{ kN}$$

→ **Rozhoduje způsob porušení 2**

Výpočet 2. až 4. řady šroubů :

$$p := 180 \text{ mm}$$

$$m_2 := p = 180 \text{ mm}$$

$$c_2 := 0.8 \cdot \alpha_2 \cdot \sqrt{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$m := 60 \text{ mm} - c_2 = 53.2 \text{ mm}$$

$$e := 60 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 60 \text{ mm}$$

Efektivní šířka T- průřezu - kruhové řešení:

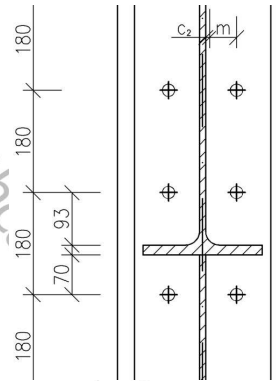
$$l_{eff;cp} := \min(2 \cdot \pi \cdot m, 2 \cdot p) = 334.3 \text{ mm}$$

Efektivní šířka T- průřezu - nekruhové řešení:

$$l_{eff;op} := \min(4 \cdot m + 1.25 \cdot e, p) = 180 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := \min(l_{eff;cp}, l_{eff;op}) = 180 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := l_{eff;op} = 180 \text{ mm}$$



$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot I_{eff;1} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot I_{eff;2} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí :

Způsob porušení 1:

- Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 235.17 \text{ kN}$$

Způsob porušení 2:

- Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;1;Rd} + n \cdot (2 \cdot F_{t;i;Rd})}{m + n} = 204.85 \text{ kN}$$

Způsob porušení 3:

- Porušení šroubů v tahu

$$F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;i;Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t;2;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 204.85 \text{ kN}$$

$$F_{t;3;Rd} := F_{t;2;Rd} = 204.85 \text{ kN}$$

$$F_{t;4;Rd} := F_{t;2;Rd} = 204.85 \text{ kN}$$

→ **Rozhoduje způsob porušení 2**

Výsledné hodnoty únosnosti řad šroubů v tahu :

1. řada šroubů : $F_{t;1;Rd} = 231.06 \text{ kN}$

2. řada šroubů : $F_{t;2;Rd} = 204.85 \text{ kN}$

3. řada šroubů : $F_{t;3;Rd} = 204.85 \text{ kN}$

4. řada šroubů : $F_{t;4;Rd} = 204.85 \text{ kN}$

9.2.3. Výpočet 5. a 6. řady šroubů - smyková únosnost:

- Pro přenos smykové síly se použije spodní 5. a 6. řada šroubů. Šrouby nebudou uvažovány pro výpočet momentové únosnosti.

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu :

$$F_{v,i;Rd} := \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení :

$$t_{f;HEA800} := 28 \text{ mm}$$

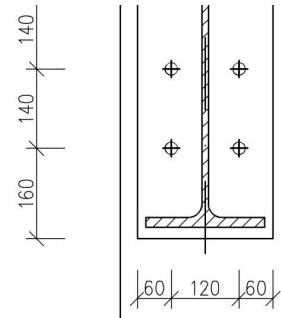
$$t := \min(t_{f;HEA800}, t_p) = 25 \text{ mm}$$

$$e_1 := 60 \text{ mm}$$

$$p_1 := 120 \text{ mm}$$

$$e_2 := 160 \text{ mm}$$

$$p_2 := 140 \text{ mm}$$



5. řada šroubů - vnitřní šrouby:

$$\alpha_{b;5} := \min\left(\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 1$$

$$k_{1;5} := \min\left(1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;5;Rd} := \frac{k_{1;5} \cdot \alpha_{b;5} \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 360 \text{ kN}$$

6. řada šroubů - krajní šrouby:

$$\alpha_{b;6} := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.909$$

$$k_{1;6} := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;6;Rd} := \frac{k_{1;6} \cdot \alpha_{b;6} \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 327.27 \text{ kN}$$

Podmínka smykové únosnosti 5. a 6. řady šroubů :

$$V_{v;Rd} := 4 \cdot F_{v,i;Rd} = 376.32 \text{ kN}$$

$$V_{b;Rd} := 2 \cdot F_{b;5;Rd} + 2 \cdot F_{b;6;Rd} = (1.375 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{Rd} := \min(V_{v;Rd}, V_{b;Rd}) = 376.32 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 163 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 376.32 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.2.4. Únosnost základních komponent :

Únosnost pásnice příčle v tlaku

- IPE550 + náběh - charakteristiky : $W_{pl,y} := 5.732 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 $h := 1050 \text{ mm}$
 $t_f := 17.2 \text{ mm}$
 $f_y := 355 \text{ MPa}$

Podmínka tažených šroubů a tlačené pásnice

$$F_{c;fb;Rd} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{(h - t_f) \cdot \gamma_{M0}} = (1.97 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

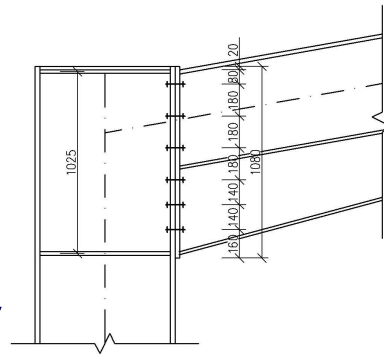
$$\Sigma F_{t;Rd} := F_{t;1;Rd} + F_{t;2;Rd} + F_{t;3;Rd} + F_{t;4;Rd} = 845.6 \text{ kN}$$

$$F_{c;fb;Rd} = (1.97 \cdot 10^3) \text{ kN} > \Sigma F_{t;Rd} = 845.6 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Únosnost stěny sloupu ve smyku

- HE800A - charakteristiky : $b := 300 \text{ mm}$
 $t_f := 28 \text{ mm}$
 $d := 674 \text{ mm}$
 $t_w := 15 \text{ mm}$

- výztuha stojiny - charakteristiky : $b_{st} := 280 \text{ mm}$
 $t_{st} := t_v = 20 \text{ mm}$
 $d_s := 1025 \text{ mm}$



Zatřídění stěny sloupu :

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

$$\frac{d}{t_w} = 44.93 \leq 69 \cdot \varepsilon = 56.14 \rightarrow \text{Stěna splňuje podmínky 1. třídy}$$

Moment při tvorbě plastického kloubu – pásnice sloupu :

$$M_{pl;fc;Rd} := \frac{1}{4} \cdot b \cdot t_f^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 20.87 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Moment při tvorbě plastického kloubu – výztuha stojiny :

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

$$M_{pl;st;Rd} := \frac{1}{4} \cdot b_{st} \cdot t_{st}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 6.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Příspěvek příčných výztuh a pásnic sloupu :

$$V_{vp;add;Rd} := \min \left(\frac{4 \cdot M_{pl;fc;Rd}}{d_s}, \frac{2 \cdot M_{pl;fc;Rd} + 2 \cdot M_{pl;st;Rd}}{d_s} \right) = 53.57 \text{ kN}$$

Posouzení stěny sloupu ve smyku :

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

$$V_{wp;Rd} := \frac{0.9 \cdot f_y \cdot A_{vz}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} + V_{vp;add;Rd} = (1.267 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{wp;Rd} = (1.267 \cdot 10^3) \text{ kN} > \Sigma F_{t;Rd} = 845.6 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.2.5. Rozdělení sil a výpočet momentové únosnosti :

- Podmínka je splněna pro 1. řadu, která má největší únosnost.

Podmínky tedy splňují všechny řady.

Podmínka pro výpočet plastického rozdělení :

$$F_{max;Rd} := F_{t;1;Rd} = 231.06 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t;i;Rd} = 268.13 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ Všechny podmínky vyhovují, není nutné redukovat spodní řadu tažených šroubů a bude provedeno plastické rozdělení sil.

řada šroubů :	Únosnost řady:	Síla pro M_{Rd} :	Rameno sil:
1.	$F_{t;1;Rd} = 231.06 \text{ kN}$	$F_{t;1;Rd} = 231.06 \text{ kN}$	$r_1 := 960 \text{ mm}$
2.	$F_{t;2;Rd} = 204.85 \text{ kN}$	$F_{t;2;Rd} = 204.85 \text{ kN}$	$r_2 := 780 \text{ mm}$
3.	$F_{t;3;Rd} = 204.85 \text{ kN}$	$F_{t;3;Rd} = 204.85 \text{ kN}$	$r_3 := 600 \text{ mm}$
4.	$F_{t;4;Rd} = 204.85 \text{ kN}$	$F_{t;4;Rd} = 204.85 \text{ kN}$	$r_4 := 420 \text{ mm}$

$$M_{Rd} = \Sigma (F_{t;i;Rd} \cdot r_i)$$

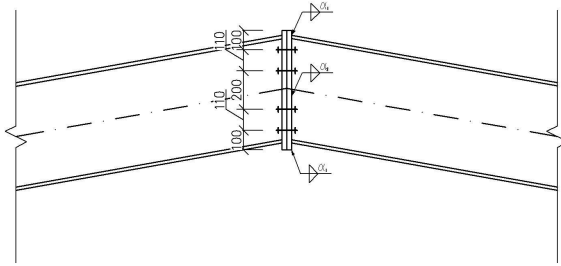
$$M_{Rd} := F_{t;1;Rd} \cdot r_1 + F_{t;2;Rd} \cdot r_2 + F_{t;3;Rd} \cdot r_3 + F_{t;4;Rd} \cdot r_4 = 590.54 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 590.54 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{Ed} = 442.46 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

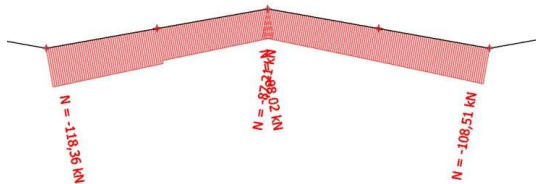
9.3. Detail D3 - Vrcholový přípoj příčle

- Návrh spoje příčle ve vrcholu bude proveden dle schéma přípoje. Ocel použita na plech čelní desky a je uvažována z třídy oceli S235, ve styčnicku jsou navrženy nepředepnuté šrouby třídy pevnosti 8.8.
- Rozhodující stav pro posouzení přípoje příčle ve vrcholu je nelineární kombinace NK05 ze zatěžovacího schématu pro posouzení vnitřního sloupu. Normálová tlaková síla nelineární kombinace NK05 je ve výpočtu zanedbána, hodnota je menší než 10% tlakové únosnosti příčle.
- Pro posouzení smykové únosnosti byla zvolena maximální hodnota posouvající síly vypočtená podle třídy MSÚ v místě přípoje.

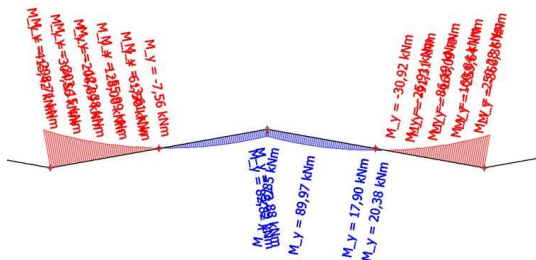
Schéma přípoje :



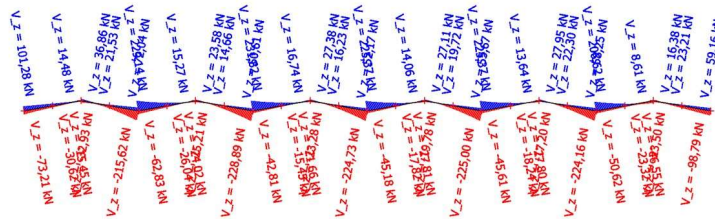
Vnitřní síly :



$$N_{Ed} := 88.02 \text{ kN}$$



$$M_{Ed} := 73.88 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



$$V_{Ed} := 36.86 \text{ kN}$$

Ocel S235 :

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

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Korelační součinitel $\beta_w := 0.8$

Návrh svarů :

- Svary jsou navrženy konzervativně na plnou únosnost průřezu.

- Tloušťky stěn IPE 550 :

$t_{f;IPE550} := 17.2 \text{ mm}$

$t_{w;IPE550} := 11.1 \text{ mm}$

Svar čelní desky a pásnice:

$$\alpha_1 := \min \left(\frac{t_{f;IPE550}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = 7.9 \text{ mm}$$

$\alpha_1 := 8 \text{ mm}$

Svar čelní desky a stojiny:

$$\alpha_2 := \min \left(\frac{t_{w;IPE550}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = 5.1 \text{ mm}$$

$\alpha_2 := 6 \text{ mm}$

Návrh dílčích komponent :

Tloušťka plechu čelní desky :

$t_p := 25 \text{ mm}$

Šrouby M20 8.8 :

$d := 20 \text{ mm}$

$d_0 := 22 \text{ mm}$

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

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

9.3.1. Tlaková únosnost přípoje :

- Osová síla je ve výpočtu zanedbána, tlaková síla v příčli nedosáhla 10% únosnosti průřezu příčle.

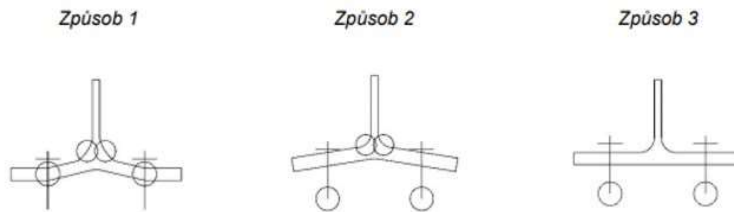
- IPE 550 - charakteristiky : $A := 1.344 \cdot 10^{-2} \cdot m^2$
 $f_y := 355 \text{ MPa}$

$$N_{pl;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = (4.771 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$0.1 \cdot N_{pl;Rd} = 477.12 \text{ kN} > N_{Ed} = 88.02 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.3.2. Výpočet únosnosti řad šroubů v tahu :

- Výpočet únosnosti ohýbané pásnice je proveden pomocí modelu náhradního T-průřezu. Jeho únosnost je dána jedním ze tří způsobů porušení podle následujícího obrázku.



Způsob porušení 1:

- Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t;1;Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m}$$

Způsob porušení 2:

- Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t;2;Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl;1;Rd} + n \cdot \Sigma (F_{t;i;Rd})}{m + n}$$

Způsob porušení 3:

- Porušení šroubů v tahu

$$F_{t;3;Rd} = \Sigma (F_{t;i;Rd})$$

Ocel S235 :

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

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Návrhová únosnost jednoho šroubu v tahu :

$$F_{t,i;Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

Výpočet 4. řady šroubů :

$$p := 110 \text{ mm}$$

$$c_1 := 0.8 \cdot \alpha_1 \cdot \sqrt{2} = 9.1 \text{ mm}$$

$$m_2 := 43 \text{ mm} - c_1 = 33.9 \text{ mm}$$

$$c_2 := 0.8 \cdot \alpha_2 \cdot \sqrt{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$m := 60 \text{ mm} - c_2 = 53.2 \text{ mm}$$

$$e := 60 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 60 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.47$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 0.3$$

$$\rightarrow \alpha := 6.5$$

Efektivní šířka T- průřezu - kruhové řešení:

$$l_{eff,cp} := \min(\pi \cdot m + p, 2 \cdot \pi \cdot m) = 277.2 \text{ mm}$$

Efektivní šířka T- průřezu - nekruhové řešení:

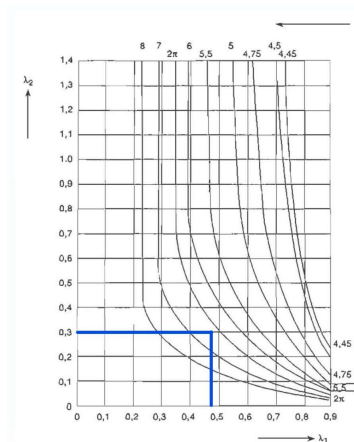
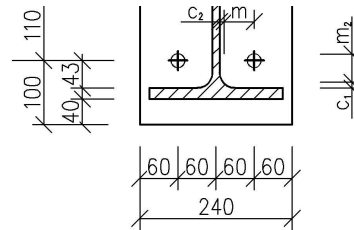
$$l_{eff,nc} := \min\left(\frac{1}{2} \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e), \alpha \cdot m\right) = 257 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = 257 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := l_{eff,nc} = 257 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 4.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;2} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 4.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí :

Způsob porušení 1:

- Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 335.71 \text{ kN}$$

Způsob porušení 2:

- Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;1;Rd} + n \cdot (2 \cdot F_{t;i;Rd})}{m + n} = 228.48 \text{ kN}$$

Způsob porušení 3:

- Porušení šroubů v tahu

$$F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;i;Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t;4;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 228.48 \text{ kN}$$

→ Rozhoduje způsob porušení 2

Výpočet 3. a 2. řady šroubů :

$$p := \frac{(110 + 200)}{2} \text{ mm} = 155 \text{ mm}$$

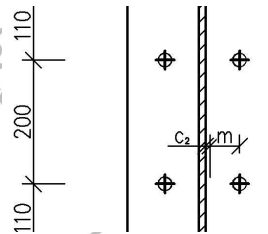
$$m_2 := p = 155 \text{ mm}$$

$$c_2 := 0.8 \cdot \alpha_2 \cdot \sqrt{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$m := 60 \text{ mm} - c_2 = 53.2 \text{ mm}$$

$$e := 60 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \cdot m) = 60 \text{ mm}$$



Efektivní šířka T- průřezu - kruhové řešení:

$$l_{eff;cp} := \min(2 \cdot \pi \cdot m, 2 \cdot p) = 310 \text{ mm}$$

Efektivní šířka T- průřezu - nekruhové řešení:

$$l_{eff;op} := \min(4 \cdot m + 1.25 \cdot e, p) = 155 \text{ mm}$$

$$l_{eff;1} := \min(l_{eff;cp}, l_{eff;op}) = 155 \text{ mm}$$

$$l_{eff;2} := l_{eff;op} = 155 \text{ mm}$$

$$M_{pl;1;Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff;1} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.69 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;2;Rd} := \frac{1}{4} \cdot I_{eff;2} \cdot t_{f;IPE550}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.69 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí :

Způsob porušení 1:

- Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t;a;Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl;1;Rd}}{m} = 202.51 \text{ kN}$$

Způsob porušení 2:

- Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t;b;Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl;1;Rd} + n \cdot (2 \cdot F_{t;i;Rd})}{m + n} = 197.17 \text{ kN}$$

Způsob porušení 3:

- Porušení šroubů v tahu

$$F_{t;c;Rd} := 2 \cdot F_{t;i;Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t;3;Rd} := \min(F_{t;a;Rd}, F_{t;b;Rd}, F_{t;c;Rd}) = 197.17 \text{ kN}$$

$$F_{t;2;Rd} := F_{t;3;Rd} = 197.174 \text{ kN}$$

→ **Rozhoduje způsob porušení 2**

Výsledné hodnoty únosnosti řad šroubů v tahu :

4. řada šroubů : $F_{t;4;Rd} = 228.48 \text{ kN}$

3. řada šroubů : $F_{t;3;Rd} = 197.17 \text{ kN}$

2. řada šroubů : $F_{t;2;Rd} = 197.17 \text{ kN}$

9.3.3. Výpočet 1. řady šroubů - smyková únosnost:

- Pro přenos smykové síly se použije 1. řada šroubů (horní řada).
Šrouby nebudou uvažovány pro výpočet momentové únosnosti.

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu :

$$F_{v;Rd} := \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení :

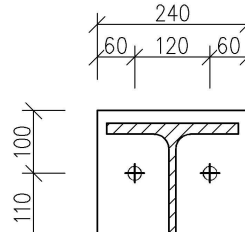
$$t := t_p = 25 \text{ mm}$$

$$e_1 := 60 \text{ mm}$$

$$p_1 := 120 \text{ mm}$$

$$e_2 := 100 \text{ mm}$$

$$p_2 := 110 \text{ mm}$$



$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.909$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 327.27 \text{ kN}$$

Podmínka smykové únosnosti 1. řady šroubů :

$$V_{v;Rd} := 2 \cdot F_{v;Rd} = 188.16 \text{ kN}$$

$$V_{b;Rd} := 2 \cdot F_{b;Rd}$$

$$V_{Rd} := \min(V_{v;Rd}, V_{b;Rd}) = 188.16 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 36.86 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 188.16 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.3.4. Únosnost základních komponent :

Únosnost pásnice příčle v tlaku

$$\text{- IPE550 - charakteristiky : } W_{pl,y} := 2.787 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$h := 550 \text{ mm}$$

$$t_f := 17.2 \text{ mm}$$

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

Podmínka tažených šroubů a tlačené pásnice

$$F_{c;fb;Rd} := \frac{W_{pl;y} \cdot f_y}{(h - t_f) \cdot \gamma_{M0}} = (1.857 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{t;Rd} := F_{t;4;Rd} + F_{t;3;Rd} + F_{t;2;Rd} = 622.825 \text{ kN}$$

$$F_{c;fb;Rd} = (1.857 \cdot 10^3) \text{ kN} > \Sigma F_{t;Rd} = 622.83 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.3.5. Rozdělení sil a výpočet momentové únosnosti :

- Podmínka je splněna pro 4. řadu, která má největší únosnost.
Podmínky tedy splňují všechny řady.

Podmínka pro výpočet plastického rozdělení :

$$F_{max;Rd} := F_{t;4;Rd} = 228.48 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t;i;Rd} = 268.128 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ Všechny podmínky vyhovují, není nutné redukovat spodní řadu tažených šroubů a bude provedeno plastické rozdělení sil.

řada šroubů :	Únosnost řady:	Síla pro M_{Rd} :	Rameno sil:
4.	$F_{t;4;Rd} = 228.48 \text{ kN}$	$F_{t;4;Rd} = 228.48 \text{ kN}$	$r_4 := 500 \text{ mm}$
3.	$F_{t;3;Rd} = 197.17 \text{ kN}$	$F_{t;3;Rd} = 197.17 \text{ kN}$	$r_3 := 390 \text{ mm}$
2.	$F_{t;2;Rd} = 197.17 \text{ kN}$	$F_{t;2;Rd} = 197.17 \text{ kN}$	$r_2 := 190 \text{ mm}$

$$M_{Rd} = \Sigma (F_{t;i;Rd} \cdot r_i)$$

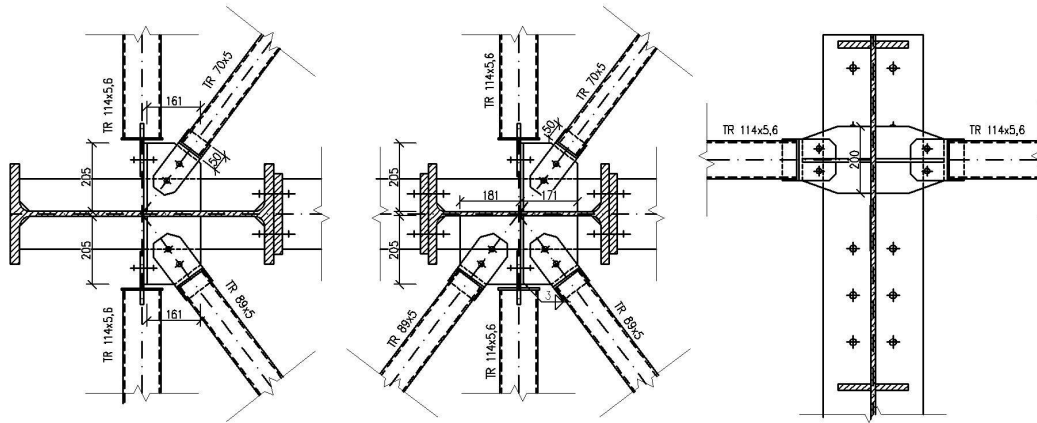
$$M_{Rd} := F_{t;4;Rd} \cdot r_4 + F_{t;3;Rd} \cdot r_3 + F_{t;2;Rd} \cdot r_2 = 228.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 228.6 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{Ed} = 73.88 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.4. Přípoje prvků ztužidel k detailům D1, D2 a D4

- Přípoje ztužidel D1 a D2 jsou složeny ze stejných prvků a styčnickové plechy jsou stejných rozměrů u obou detailů. U přípojů detailu D4 jsou navrženy stejné typy spojovacích prvků a svarů. Styčnickové plechy a délky svarů detailu D4 jsou ve srovnání s detaily D1 a D2 delší. Není tedy potřeba je posuzovat, při návrhu stejných délek svarů a velikosti šroubů bezpečně vyhoví. Svislice připojeného svislého ztužidla je průřezu TR 114x5,6 a diagonály ztužidel průřezu TR89x5 a TR70x5. Styčnickové plechy jsou navrženy o tloušťce 10mm. Ocel použita na styčnickové plechy je uvažována S235, šrouby třídy pevnosti 8.8.
- Pro posouzení byla vždy zvolena maximální normálová síla na prutech skupiny zvolených prvků.

Schéma přípojů :



9.4.1. Návrh a posouzení šroubů diagonály ztužidla

- Ve všech přípojiích diagonály a styčnickového plechu jsou navrženy šrouby M16 8.8. Konzervativně jsou posouzeny šrouby diagonály podélného střešního ztužidla ke styčnickovému plechu, které jsou nejvíce využity.

Návrh dílčích komponent :

Návrh styčnickového plechu :

Tloušťka plechu $t := 10 \text{ mm}$

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

Korelační součinitel $\beta_w := 0.8$

Šrouby M16 8.8 :

$d := 16 \text{ mm}$

$d_0 := 18 \text{ mm}$

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

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

$$e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_2 := 41 \text{ mm}$$

Vnitřní síly :

$$N_{Ed;d} := 31.39 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu ve stříhu:

- Smyková rovina prochází závitem

$$F_{v;i;Rd} := \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60.29 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otlačení:

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.741$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;i;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 85.33 \text{ kN}$$

Posouzení únosnosti:

Střih:

$$F_{v;Rd} := 2 \cdot F_{v;i;Rd} = 120.58 \text{ kN} \geq N_{Ed;d} = 31.39 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Otlačení:

$$F_{b;Rd} := 2 \cdot F_{b;i;Rd} = 170.67 \text{ kN} \geq N_{Ed;d} = 31.39 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.4.2. Návrh a posouzení šroubů svislice ztužidla

Návrh dílčích komponent :

Návrh styčnickového plechu :

Tloušťka plechu $t := 10 \text{ mm}$

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

Korelační součinitel $\beta_w := 0.8$

Šrouby M20 8.8 :

$d := 20 \text{ mm}$

$d_0 := 22 \text{ mm}$

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

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

$e_1 := 50 \text{ mm}$

$e_2 := 29 \text{ mm}$

Vnitřní síly :

$N_{Ed;s} := 74.15 \text{ kN}$

Únosnost šroubu ve střihu:

- Smyková rovina prochází závitem

$$F_{v;i;Rd} := \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení:

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.758$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 1.991$$

$$F_{b;i;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 86.88 \text{ kN}$$

Posouzení únosnosti:

Střih:

$$F_{v;Rd} := 2 \cdot F_{v;i;Rd} = 188.16 \text{ kN} \geq N_{Ed;s} = 74.15 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Otláčení:

$$F_{b;Rd} := 2 \cdot F_{b;i;Rd} = 173.75 \text{ kN} \geq N_{Ed;s} = 74.15 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.4.3. Návrh a posouzení svaru styčnickového plechu pro diagonály ztužidla

Vnitřní síly :

$$N_{Ed;d} := 31.39 \text{ kN}$$

$$N_{x;Ed;d} := \cos(53.13^\circ) \cdot N_{Ed;d} = 18.83 \text{ kN}$$

$$N_{y;Ed;d} := \sin(53.13^\circ) \cdot N_{Ed;d} = 25.11 \text{ kN}$$

Návrh :

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 2 \cdot 171 \text{ mm}$$

$$e := 85 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti :

$$\tau_{II} := \frac{N_{x;Ed;d}}{a_w \cdot L_w} = 13.77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_{y;Ed;d}}{a_w \cdot L_w} + \frac{N_{y;Ed;d} \cdot e}{\frac{1}{6} \cdot a_w \cdot L_w^2} \right) = 32.34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_{y;Ed;d}}{a_w \cdot L_w} + \frac{N_{y;Ed;d} \cdot e}{\frac{1}{6} \cdot a_w \cdot L_w^2} \right) = 32.34 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 68.93 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 32.34 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.4.4. Návrh a posouzení svaru styčnick. plechu pro přípoj svislic ztužidla a sloupu

Vnitřní síly :

$$N_{Ed;s} := 74.15 \text{ kN}$$

$$N_{y;Ed;d} = 25.11 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed;s} + N_{y;Ed;d} = 99.26 \text{ kN}$$

Návrh :

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := (2 \cdot 200 - 10) \text{ mm} = 390 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti :

$$\tau_{II} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot L_w} = 44.99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot L_w} = 44.99 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 89.99 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 44.99 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.4.5. Návrh a posouzení svaru připojovaných prvků ztužidla a styčnickového plechu

Vnitřní síly :

$$N_{max;Ed} := \max(N_{Ed;d}, N_{Ed;s}) = 74.15 \text{ kN}$$

Návrh :

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 4 \cdot 50 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti :

$$\tau_{II} := \frac{N_{max;Ed}}{a_w \cdot L_w} = 92.69 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 160.54 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

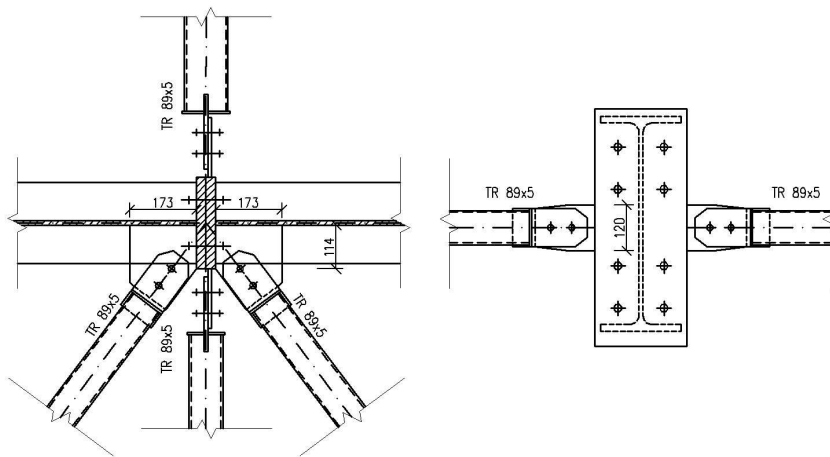
$$\sigma_{90^\circ} = 0 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

9.5. Připoje prvků ztužidel k detailu D3

- Svislice ztužidla je průřezu TR 89x5 a diagonály ztužidla průřezu 89x5. Styčnickové plechy jsou navrženy o tloušťce 10mm. Ocel použita na styčnickové plechy je uvažována S235, šrouby třídy pevnosti 8.8.
- Pro posouzení byla vždy zvolena maximální normálová síla na prutech skupiny zvolených prvků.

Schéma přípojů :



9.5.1. Návrh a posouzení šroubů diagonály ztužidla

Návrh dílčích komponent :

Návrh styčnickového plechu :

- Tloušťka plechu $t := 10 \text{ mm}$
- Mez pevnosti $f_u := 360 \text{ MPa}$
- Korelační součinitel $\beta_w := 0.8$

Šrouby M16 8.8 :

- $d := 16 \text{ mm}$
- $d_0 := 18 \text{ mm}$
- $A_s := 157 \text{ mm}^2$
- $f_{ub} := 800 \text{ MPa}$

- $e_1 := 40 \text{ mm}$
- $e_2 := 50.5 \text{ mm}$

Vnitřní síly :

$$N_{Ed,d} := 30.88 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu ve střihu:

- Smyková rovina prochází závitem

$$F_{v;Rd} := \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60.29 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení:

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.741$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;i;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 85.33 \text{ kN}$$

Posouzení únosnosti:

Střih:

$$F_{v;Rd} := 2 \cdot F_{v;i;Rd} = 120.58 \text{ kN} \geq N_{Ed;d} = 30.88 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Otláčení:

$$F_{b;Rd} := 2 \cdot F_{b;i;Rd} = 170.67 \text{ kN} \geq N_{Ed;d} = 30.88 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.5.2. Návrh a posouzení šroubů svislice ztužidla

Návrh dílčích komponent :

Návrh styčnickového plechu :

Tloušťka plechu $t := 10 \text{ mm}$

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

Korelační součinitel $\beta_w := 0.8$

Šrouby M16 8.8 :

$d := 16 \text{ mm}$

$d_0 := 18 \text{ mm}$

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

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

$e_1 := 40 \text{ mm}$

$e_2 := 50.5 \text{ mm}$

Vnitřní síly :

$$N_{Ed,s} := 26.74 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu ve střihu:

- Smyková rovina prochází závitem

$$F_{v;i;Rd} := \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60.29 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otlačení:

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.741$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;i;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 85.33 \text{ kN}$$

Posouzení únosnosti:

Střih:

$$F_{v;Rd} := 2 \cdot F_{v;i;Rd} = 120.58 \text{ kN} \geq N_{Ed,s} = 26.74 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Otlačení:

$$F_{b;Rd} := 2 \cdot F_{b;i;Rd} = 170.67 \text{ kN} \geq N_{Ed,s} = 26.74 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.5.3. Návrh a posouzení svaru styčnickového plechu pro diagonály ztužidla

Vnitřní síly :

$$N_{Ed;d} = 30.88 \text{ kN}$$

$$N_{x;Ed;d} := \cos(53.13^\circ) \cdot N_{Ed;d} = 18.53 \text{ kN}$$

$$N_{y;Ed;d} := \sin(53.13^\circ) \cdot N_{Ed;d} = 24.7 \text{ kN}$$

Návrh :

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_{x;w} := 2 \cdot 173 \text{ mm}$$

$$L_{y;w} := 2 \cdot 114 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti svaru ve směru x :

$$\tau_{II} := \frac{N_{x;Ed;d}}{a_w \cdot L_{x;w}} = 13.39 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 23.19 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 0 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení únosnosti svaru ve směru y :

$$\tau_{II} := \frac{N_{y;Ed;d}}{a_w \cdot L_{y;w}} = 27.09 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 46.92 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 0 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.5.4. Návrh a posouzení svaru styčnick. plechu pro přípoj svislic ztužidla a sloupu

Vnitřní síly :

$$N_{Ed;s} := 26.74 \text{ kN}$$

Návrh :

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 2 \cdot 120 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti :

$$\tau_{II} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := \frac{N_{Ed;s}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot L_w} = 19.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := \frac{N_{Ed;s}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot L_w} = 19.7 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 39.39 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 19.7 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.5.5. Návrh a posouzení svaru připojovaných prvků ztužidla a styčnick. plechu

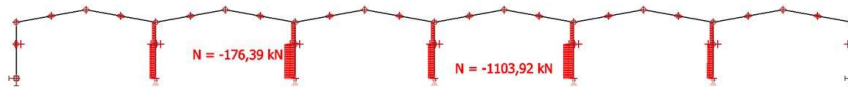
- Normálová síla $N_{max;Ed} := \max(N_{Ed;d}, N_{Ed;s}) = 30.88 \text{ kN}$ je menší než normálová síla prvků připojovaných ke styčnickovým plechům v kapitole 9.4.5. ve stejném typu přípoje. Posouzení s menší silou není potřeba provádět.

- navržen svar: $a_w := 4 \text{ mm}$, $L_w := 4 \cdot 50 \text{ mm}$

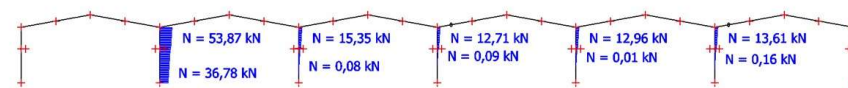
9.6. Detail D5 - Kloubová patka vnitřního sloupu s přípojem ztužidla

- Vnitřní patky jsou navrženy jako kloubové, přenášející normálové a smykové zatížení.
- Jsou kotveny pomocí šroubů pevnostní třídy 8.8., patního plechu a chemické kotvy. Ocel použita na patní plech je uvažována S235.
- Patky jsou z armovaného betonu pevnostní třídy C25/30 o roznášecím úhlu 45°.
- Rozhodující stav byl vždy vybrán jako maximum dané hodnoty působící na patku ze všech nelineárních kombinací.

Vnitřní síly od dílčích prvků:



$$N_{s;c;Ed} := 1103.92 \text{ kN} \quad (\text{NK06 - zatěžovací schéma pro krajní sloup})$$

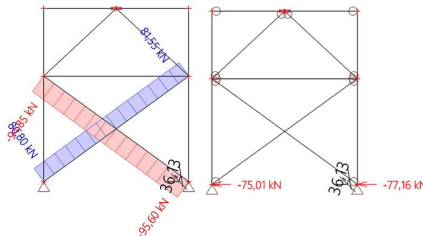


$$N_{s;t;Ed} := 36.78 \text{ kN} \quad (\text{NK01 - zatěžovací schéma pro vnitřní sloup})$$

$$N_{c;z;Ed} := 95.60 \text{ kN} \quad (\text{Tlaková síla od ztužidla})$$

$$N_{t;z;Ed} := 80.80 \text{ kN} \quad (\text{Tahová síla od ztužidla})$$

$$V_{y;Ed} := 77.16 \text{ kN} \quad (\text{Tahová síla od ztužidla})$$



$$V_{z;Ed} := 60.64 \text{ kN} \quad (\text{NK06 - zatěžovací schéma pro vnitřní sloup})$$

Výsledné vnitřní síly pro posouzení :

$$N_{c;Ed} := N_{s;c;Ed} + N_{c;z;Ed} \cdot \sin(36.13^\circ) = (1.1603 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{t;Ed} := N_{s;t;Ed} + N_{t;z;Ed} \cdot \sin(36.13^\circ) = 84.42 \text{ kN}$$

$$V_{z;Ed} := 60.64 \text{ kN}$$

$$V_{y;Ed} := 77.16 \text{ kN}$$

Návrh dílčích komponent :

Návrh patního plechu :

Tloušťka plechu $t_p := 20 \text{ mm}$

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

Šrouby M20 :

- Fischer svorníková kotva FAZ II
- Svorníková kotva FAZ II 20/160
- Ocel galvanicky pozinkovaná

$d := 20 \text{ mm}$

9.6.1. Posouzení tlakové únosnosti

Návrh rozměrů základu dle geodetického posouzení:

- Rozměry základové patky byly dle výsledků posudku únosnosti a sedání optimalizovány v části zakládání. Patka uvedených rozměrů vyhověla v obou mezních stavech. Velký vliv na návrh rozměrů měla tahová síla do základové patky.

$a_c := 2000 \text{ mm}$

$b_c := 2000 \text{ mm}$

$a_s := 300 \text{ mm}$

$$h_{min} := \tan(45^\circ) \cdot \frac{a_c - a_s}{2} = 0.85 \text{ m}$$

$h := 850 \text{ mm}$

Ověření tlakového působení:

Vlastní hmotnost základu:

$$G_{z;k} := a_c \cdot b_c \cdot h \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 85 \text{ kN}$$

$$G_{z;k} = 85 \text{ kN} \geq N_{t;Ed} = 84.42 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Započitatelné rozměry:

$a_0 := 640 \text{ mm}$

$b_0 := 400 \text{ mm}$

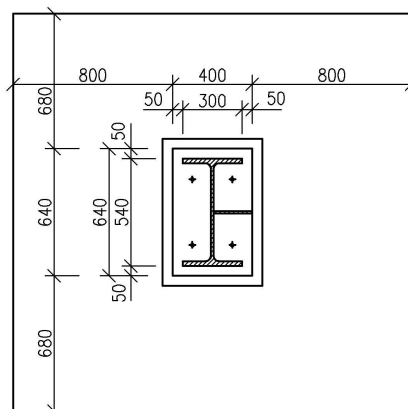
$$a_1 := \min(3 \cdot a_0, a_0 + h, a_c) = 1.49 \text{ m}$$

$$b_1 := \min(3 \cdot b_0, b_0 + h, b_c) = 1.2 \text{ m}$$

Tloušťka podlití:

$$t_{b,max} := 0.2 \cdot \min(a_0, b_0) = 80 \text{ mm}$$

$t_b := 40 \text{ mm}$



Součinitel koncentrace napětí:

$$k_j := \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = 2.643$$

Návrhová pevnost betonu:

$$f_{ck} := 25 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c := 1.5$$

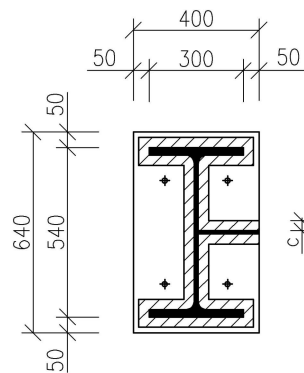
$$f_{j;d} := \frac{\frac{2}{3} \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 29.364 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky:

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

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{j;d}}} = 32.7 \text{ mm}$$

$$c = 32.7 \text{ mm} \rightarrow A_{eff} := 110351 \text{ mm}^2$$



Posouzení tlakové únosnosti:

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{j;d} = (3.24 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = (3.24 \cdot 10^3) \text{ kN} \geq N_{c;Ed} = (1.16 \cdot 10^3) \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.6.2. Návrh kotvení a posouzení tahové a smykové únosnosti šroubů:

- Navrhuji konzervativně na největší tahovou sílu vnitřního sloupu (Nelineární kombinace NKO1 pro zatěžovací schéma vnitřního sloupu) a na největší smykovou sílu vnitřního sloupu (Nelineární kombinace NKO6 pro zatěžovací schéma vnitřního sloupu)

- Návrh kotev je posouzen v programu Fischer FIXPERIENCE.

Vnitřní síly:

Tahová síla pro návrh šroubů:

$$N_{t;Ed} = 84.42 \text{ kN}$$

Smykové síly pro návrh šroubů:

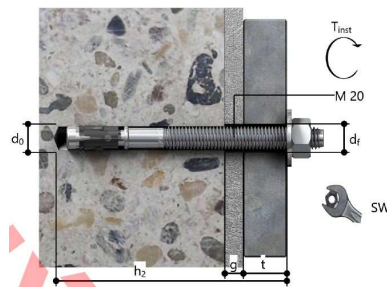
$$V_{z;Ed} = 60.64 \text{ kN}$$

$$V_{y;Ed} = 77.16 \text{ kN}$$

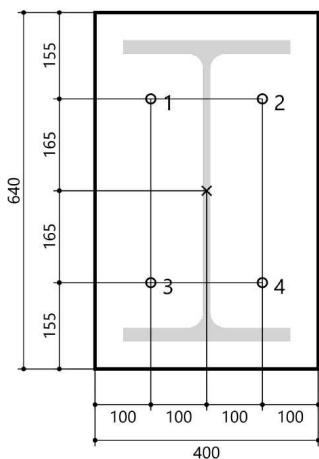
Návrh šroubů:

Šrouby M20 :

- Fischer svorníková kotva FAZ II
- Svorníková kotva FAZ II 20/160
- Ocel galvanicky pozinkovaná
- Kotevní hloubka $h := 160 \text{ mm}$
- Průměr šroubu $d := 20 \text{ mm}$



Návrh geometrie:



Posouzení tahové únosnosti šroubů:

Tahová zatížení	Využití β_N %
Selhání ocele *	29,3
Vytažení kotvy *	82,2
Selhání betonu	66,4
Nejnejpříznivější kotva	

→ Vyhovuje

Posouzení smykové únosnosti šroubů:

Smykové zatížení	Využití β_V %
Selhání ocele s ramenem síly *	507,4
Selhání betonu na opačné straně zatížení	29,7

→ Nevyhovuje

Únosnost smykových sil kotevní šrouby nezajišťují, je tedy nutné navrhnout smykovou zarážku.

9.6.3. Návrh smykové zarážky

Ocel S235 :

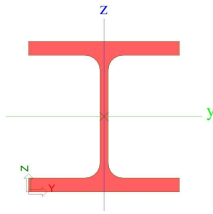
Mez kluzu $f_y := 235 \text{ MPa}$

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

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

Modul pružnosti ve smyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Návrh - HE120B:



Průřezové charakteristiky a geometrie průřezu

$$A_{vz} := 1.09 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2$$

$$W_{pl;y} := 1.652 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl;z} := 0.8097 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

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

$$t_f := 11 \text{ mm}$$

Návrh výšky profilu :

$$V_{Ed;max} := \max(V_{z;Ed}, V_{y;Ed}) = 77.16 \text{ kN}$$

$$h > \frac{V_{Ed;max}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 39 \text{ mm}$$

Návrh výšky $h := 50 \text{ mm}$

Posouzení smykové únosnosti V_z :

$$V_{z;pl;Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 147.89 \text{ kN}$$

$$V_{z;Ed} = 60.64 \text{ kN} \leq V_{pl;Rd} = (1.35 \cdot 10^3) \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{V_{z;Ed}}{V_{z;pl;Rd}} = 0.41 \leq \frac{1}{2} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení smykové únosnosti V_y :

$$A_{vy} := 2 \cdot (b \cdot t_f) = (2.64 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$V_{y;pl;Rd} := \frac{A_{vy} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 358.19 \text{ kN}$$

$$V_{y;Ed} = 77.16 \text{ kN} \leq V_{y;pl;Rd} = 358.19 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{V_{y;Ed}}{V_{y;pl;Rd}} = 0.215 \leq \frac{1}{2} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ **Malý smyk - není nutné posuzovat interakci smyku a ohybu**

Posouzení momentové únosnosti M_y :

$$e := t_b + \frac{h}{2} = 65 \text{ mm}$$

$$M_{y;pl;Rd} := W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 38.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y;Ed} := V_{z;Ed} \cdot e = 3.94 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y;pl;Rd} = 38.82 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{y;Ed} = 3.94 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení momentové únosnosti M_z :

$$M_{z;pl;Rd} := W_{pl;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 19.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;Ed} := V_{y;Ed} \cdot e = 5.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;pl;Rd} = 19.03 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{z;Ed} = 5.02 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení šikmého ohybu:

- koeficienty α a β uvažují konzervativně hodnotou 1.0

$$\frac{M_{y;Ed}}{M_{y;pl;Rd}} + \frac{M_{z;Ed}}{M_{z;pl;Rd}} = 0.365 \leq 1.0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.6.4. Návrh svarů

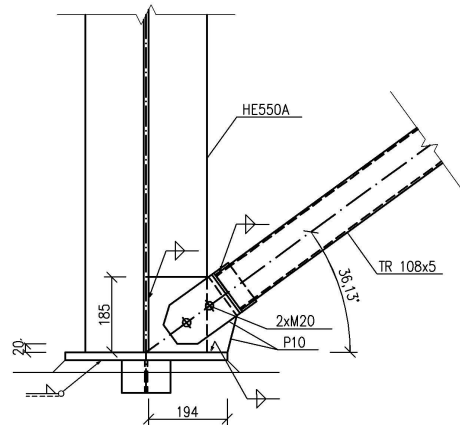
- S ohledem na využití a rozměry nosných prvků volím konzervativně svar tloušťky 5 mm pro svar HEA 550 a patního plechu i pro svar smykové zarážky a patního plechu.

9.7. Detail D5 - Připoj diagonály ztužidla a vnitřního sloupu

- Připoj diagonály TR 108x5 a vnitřního sloupu HE550A pomocí čelního plechu tloušťky 10mm. Ocel použita na patní plech je uvažována S235, šrouby třídy pevnosti 8.8.

- Pro posouzení byla zvolena maximální normálová síla na prutu diagonály ztužidla.

Schéma připoje :



Vnitřní síly :

$$N_{Ed} := 95.60 \text{ kN}$$

Návrh dílčích komponent :

Návrh styčnickového plechu :

Tloušťka plechu $t := 10 \text{ mm}$

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

Korelační součinitel $\beta_w := 0.8$

Šrouby M20 8.8 :

$d := 20 \text{ mm}$

$d_0 := 22 \text{ mm}$

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

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

$e_1 := 50 \text{ mm}$

$e_2 := 60 \text{ mm}$

9.7.1. Návrh a posouzení šroubů

Únosnost šroubu ve střihu:

- Smyková rovina prochází závitem

$$F_{v;Rd} := \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení:

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.758$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 109.09 \text{ kN}$$

Posouzení únosnosti:

Střih:

$$F_{v;Rd} := 2 \cdot F_{v;Rd} = 188.16 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 95.6 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Otláčení:

$$F_{b;Rd} := 2 \cdot F_{b;Rd} = 218.18 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 95.6 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.7.2. Návrh a posouzení svaru styčnickového plechu a stojiny sloupu

Vnitřní síly :

$$N_{v;Ed} := \sin(36.13^\circ) \cdot N_{Ed} = 56.37 \text{ kN}$$

Návrh :

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 2 \cdot 185 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti :

$$\tau_{II} := \frac{N_{v;Ed}}{a_w \cdot L_w} = 38.09 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 65.97 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 0 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.7.3. Návrh a posouzení svaru styčnickového plechu a patního plechu

Vnitřní síly :

$$N_{h;Ed} := \cos(36.13^\circ) \cdot N_{Ed} = 77.21 \text{ kN}$$

Návrh :

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 2 \cdot 194 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti :

$$\tau_{II} := \frac{N_{h;Ed}}{a_w \cdot L_w} = 49.75 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 86.17 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 0 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.7.4. Návrh a posouzení svaru diagonály a styčnickového plechu

Vnitřní síly :

$$N_{Ed} = 95.6 \text{ kN}$$

Návrh :

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 4 \cdot 50 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti :

$$\tau_{II} := \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot L_w} = 119.5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

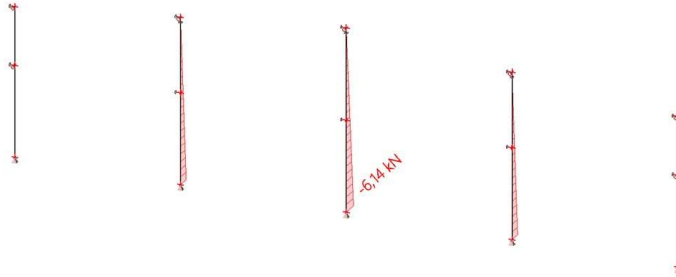
$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 206.98 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 0 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

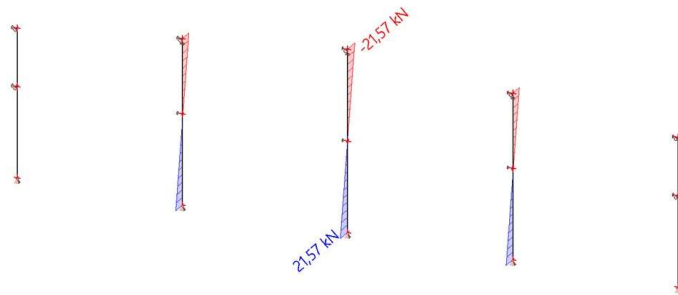
9.8. Detail D7 - kotvení štítových sloupů

- Patky jsou kloubové, navrženy na maximum z reakcí všech štítových sloupů.
- Jsou kotveny pomocí šroubů pevnostní třídy 8.8., patního plechu a chemické kotvy.
Ocel použita na patní plech je uvažována S235.
- Výpočtová únosnost základové půdy R_d dle GEO (část zakládání) je 604 kPa. Patky jsou z prostého betonu pevnostní třídy C25/30 o roznášecím úhlu min 60°.

Vnitřní síly od dílčích prvků:



$$N_{Ed} := 6.14 \text{ kN}$$



$$V_{Ed} := 21.57 \text{ kN}$$

Návrh dílčích komponent :

Návrh patního plechu :

Tloušťka plechu $t_p := 20 \text{ mm}$

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

Šrouby M20 :

- Fischer svorníková kotva FAZ II
- Svorníková kotva FAZ II 20/120
- Ocel galvanicky pozinkovaná

$d := 20 \text{ mm}$

9.8.1. Posouzení tlakové únosnosti :

Odhad rozměrů základu:

$$a_c := 600 \text{ mm}$$

$$b_c := 450 \text{ mm}$$

$$a_s := 115 \text{ mm}$$

$$h_{min} := \tan(60^\circ) \cdot \frac{a_c - a_s}{2} = 0.42 \text{ m}$$

$$h := 800 \text{ mm}$$

Výpočet zatížení do základu:

Vlastní hmotnost základu:

$$G_{z;k} := a_c \cdot b_c \cdot h \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 5.4 \text{ kN}$$

Normálová síla pro posouzení základu:

$$N_{c;Ed} := N_{Ed} + \gamma_g \cdot G_{z;k} = 13.43 \text{ kN}$$

Návrh rozměrů patky:

Únosnost základové půdy: $R_d := 604 \text{ kPa}$

$$\sigma := \frac{N_{c;Ed}}{a_c \cdot b_c} = 49.7 \text{ kPa} \leq R_d = 604 \text{ kPa}$$

Započitatelné rozměry:

- Pro posouzení únosnosti je počítáno konzervativně s rozměry menšího z dvojice patních plechů.

$$a_0 := 370 \text{ mm}$$

$$b_0 := 235 \text{ mm}$$

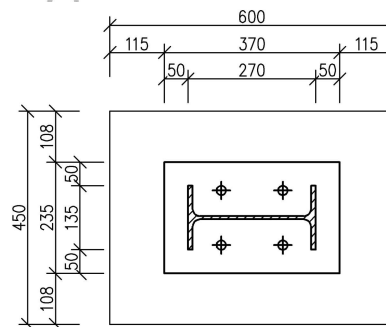
$$a_1 := \min(3 \cdot a_0, a_0 + h, a_c) = 0.6 \text{ m}$$

$$b_1 := \min(3 \cdot b_0, b_0 + h, b_c) = 0.45 \text{ m}$$

Tloušťka podlití:

$$t_{b;max} := 0.2 \cdot \min(a_0, b_0) = 47 \text{ mm}$$

$$t_b := 25 \text{ mm}$$



Součinitel koncentrace napětí:

$$k_j := \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = 1.762$$

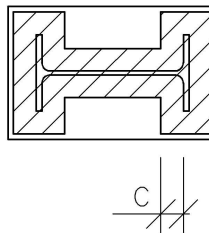
Návrhová pevnost betonu:

$$f_{ck} := 25 \text{ MPa}$$
$$\gamma_c := 1.5$$
$$f_{j;d} := \frac{\frac{2}{3} \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 19.58 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky:

$$t_p = 20 \text{ mm}$$
$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{j;d}}} = 40 \text{ mm}$$

$$c = 40 \text{ mm} \rightarrow A_{eff} := 53490 \text{ mm}^2$$



Posouzení tlakové únosnosti:

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{j;d} = (1.047 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = (1.047 \cdot 10^3) \text{ kN} \geq N_{c;Ed} = 13.43 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.8.2. Návrh kotvení a posouzení smykové únosnosti šroubů:

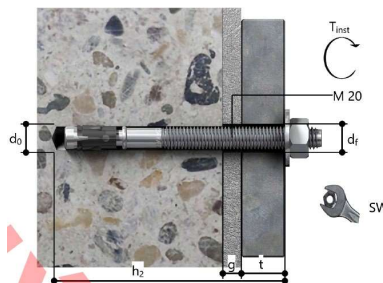
- Tahová reakce nevzniká, působí pouze tlaková normálová síla. Kotvení tedy posuzují pouze na smykovou sílu a normálovou sílu pro tahovou únosnost uvažují hodnotou 0 kN.

- Návrh kotev je posouzen v programu Fischer FIXPERIENCE.

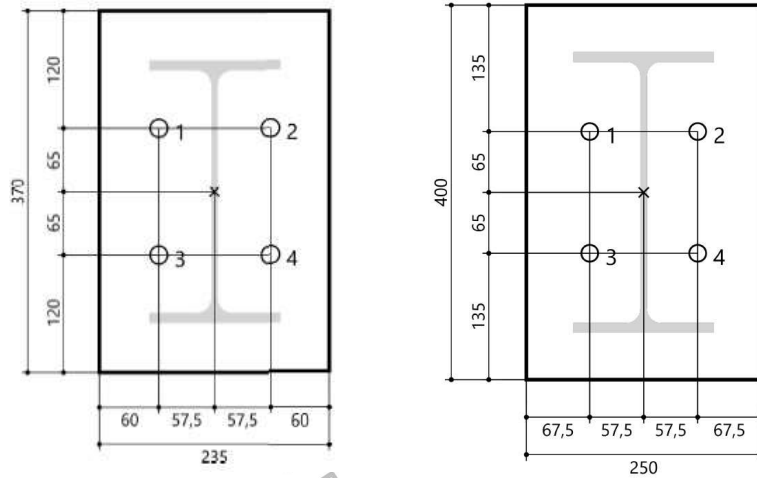
Návrh šroubů:

Šrouby M20 :

- Fischer svorníková kotva FAZ II
- Svorníková kotva FAZ II 20/120
- Ocel galvanicky pozinkovaná
- Kotevní hloubka $h := 120 \text{ mm}$
- Průměr šroubu $d := 20 \text{ mm}$



Návrh geometrie:



Posouzení smykové únosnosti šroubů:

Únosnost ve smyku

Důkaz	Zatížení kN	Únosnost kN	Využití β_v %
Selhání ocele s ramenem síly *	5,39	9,12	59,1
Selhání betonu na opačné straně zatížení	21,57	226,37	9,5

→ **Vyhovuje**

9.8.3. Návrh svarů

- S ohledem na využití a rozměry nosných prvků volím pro svar IPE a patního plechu konzervativně svar tloušťky 5 mm.

9.9. Detail D9 - Vetknutá patka krajního sloupu s přípojem ztužidla

- Krajiní patky jsou navrženy jako vetknuté, přenášející normálové a smykové zatížení a ohybový moment v rovině rámu.
- Jsou kotveny pomocí šroubů pevnostní třídy 8.8., které neprocházejí patním plechem. Ocel použita na patní plech a komponenty momentové patky je uvažována S235.
- Výpočtová únosnost základové půdy R_d dle GEO (část zakládání) je 604 kPa. Patky jsou z armovaného betonu pevnostní třídy C25/30 o roznášecím úhlu 45°.

Svislé reakce v patkách:

- Reakce R_{z1} jsou svislé reakce včetně tlakového působení ztužidla ve všech kombinacích pro pravý i levý sloup.
- Reakce R_{z2} jsou svislé reakce včetně tahového působení ztužidla ve všech kombinacích pro pravý i levý sloup.

Sloup	$N_{s;Ed}$ [kN]	$N_{cz;Ed} \times \sin(36,13)$ [kN]	$N_{tz;Ed} \times \sin(36,13)$ [kN]	$R_{z1} = (N_{s;Ed} + N_{cz;Ed} \times \sin(36,13))$ [kN]	$R_{z2} = (N_{s;Ed} + N_{tz;Ed} \times \sin(36,13))$ [kN]
NKO 1 - Pravý	-22,42	-56,37	47,64	-78,79	25,22
NKO 1 - Levý	-5,67	-56,37	47,64	-62,04	41,97
NKO 2 - Pravý	-14,05	-56,37	47,64	-70,42	33,59
NKO 2 - Levý	-15,68	-56,37	47,64	-72,05	31,96
NKO 3 - Pravý	-290,47	-56,37	47,64	-346,84	-242,83
NKO 3 - Levý	-269,85	-56,37	47,64	-326,22	-222,21
NKO 4 - Pravý	-282,09	-56,37	47,64	-338,46	-234,45
NKO 4 - Levý	-279,87	-56,37	47,64	-336,24	-232,23
NKO 5 - Pravý	-520,72	-56,37	47,64	-577,09	-473,08
NKO 5 - Levý	-516,91	-56,37	47,64	-573,28	-469,27
NKO 6 - Pravý	-459,20	-56,37	47,64	-515,57	-411,56
NKO 6 - Levý	-455,19	-56,37	47,64	-511,56	-407,55
NKO 7 - Pravý	-497,34	-56,37	47,64	-553,71	-449,70
NKO 7 - Levý	-482,50	-56,37	47,64	-538,87	-434,86
NKO 8 - Pravý	-443,73	-56,37	47,64	-500,10	-396,09
NKO 8 - Levý	-421,95	-56,37	47,64	-478,32	-374,31
NKO 9 - Pravý	-435,74	-56,37	47,64	-492,11	-388,10
NKO 9 - Levý	-420,79	-56,37	47,64	-477,16	-373,15
NKO 10 - Pravý	-412,99	-56,37	47,64	-469,36	-365,35
NKO 10 - Levý	-391,10	-56,37	47,64	-447,47	-343,46
NKO 11 - Pravý	-492,19	-56,37	47,64	-548,56	-444,55
NKO 11 - Levý	-488,53	-56,37	47,64	-544,90	-440,89
NKO 12 - Pravý	-435,33	-56,37	47,64	-491,70	-387,69
NKO 12 - Levý	-431,99	-56,37	47,64	-488,36	-384,35
NKO 13 - Pravý	-430,69	-56,37	47,64	-487,06	-383,05
NKO 13 - Levý	-426,83	-56,37	47,64	-483,20	-379,19
NKO 14 - Pravý	-404,58	-56,37	47,64	-460,95	-356,94
NKO 14 - Levý	-401,15	-56,37	47,64	-457,52	-353,51

$$N_{t;Ed,max} := 41.97 \text{ kN}$$

$$N_{c;Ed,max} := 577.09 \text{ kN}$$

Výsledné vnitřní síly v patkách:

Rz1 [kN]	Rz2 [kN]	Medy [kNm]	Rx=VEdz [kN]	Ry=Vedy [kN]
-78,79	25,22	71,83	16,67	77,16
-62,04	41,97	234,03	61,60	77,16
-70,42	33,59	36,41	28,23	77,16
-72,05	31,96	-34,42	-28,15	77,16
-346,84	-242,83	304,31	82,06	77,16
-326,22	-222,21	338,68	54,86	77,16
-338,46	-234,45	268,03	93,62	77,16
-336,24	-232,23	69,20	-34,92	77,16
-577,09	-473,08	848,33	193,68	77,16
-573,28	-469,27	-357,24	-111,03	77,16
-515,57	-411,56	747,58	161,91	77,16
-511,56	-407,55	-249,09	-77,84	77,16
-553,71	-449,70	814,31	188,18	77,16
-538,87	-434,86	-144,10	-59,02	77,16
-500,10	-396,09	611,53	149,29	77,16
-478,32	-374,31	166,75	9,79	77,16
-492,11	-388,10	713,89	156,47	77,16
-477,16	-373,15	-36,01	-25,83	77,16
-469,36	-365,35	561,46	133,46	77,16
-447,47	-343,46	220,66	26,37	77,16
-548,56	-444,55	791,33	194,99	77,16
-544,90	-440,89	-306,92	-112,97	77,16
-491,70	-387,69	574,12	160,74	77,16
-488,36	-384,35	-103,82	-80,06	77,16
-487,06	-383,05	690,73	163,27	77,16
-483,20	-379,19	-199,01	-79,82	77,16
-460,95	-356,94	523,91	144,89	77,16
-457,52	-353,51	-50,05	-63,52	77,16

$$R_{z1} := N_{c;Ed,max} = 577.09 \text{ kN}$$

$$R_{z2} := N_{t;Ed,max} = 41.97 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} := 848.33 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$R_x := 194.99 \text{ kN}$$

$$R_y := 77.16 \text{ kN}$$

Návrh dílčích komponent :

Návrh patního plechu :

$$\text{Tloušťka plechu } t_p := 30 \text{ mm}$$

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

Šrouby M56x4 :

- Zabetonované šrouby s kotevní hlavou

- min. hloubka $h = 650 \text{ mm}$

- Ocel galvanicky pozinkovaná

$$d := 60 \text{ mm}$$

Hlavní podélné výztuhy : UPE400

$$b_v := 115 \text{ mm}$$

Kotevní příčníky: UPE200

9.9.1. Geometrie patky:

Odhad rozměrů patního plechu:

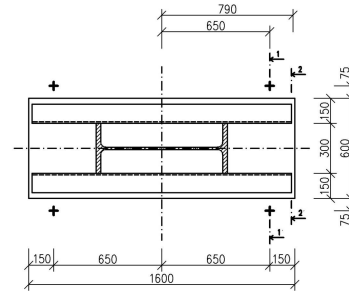
$$a_s := 800 \text{ mm}$$

$$b_s := 300 \text{ mm}$$

$$a := 2 \cdot a_s = 1.6 \text{ m}$$

$$b := b_s + 2 \cdot 150 \text{ mm} = 0.6 \text{ m}$$

$$r_t := \frac{a}{2} - 150 \text{ mm} = 0.65 \text{ m}$$



Návrh rozměrů základu dle geodetického posouzení:

- Rozměry základové patky byly dle výsledků posudku únosnosti a sedání optimalizovány v části zakládání. Patka uvedených rozměrů vyhověla v obou mezních stavech.

$$a_c := 2800 \text{ mm}$$

$$b_c := 2000 \text{ mm}$$

$$a_s := 300 \text{ mm}$$

$$h_{min} := \tan(45^\circ) \cdot \frac{a_c - a_s}{2} = 1.25 \text{ m}$$

$$h := 1250 \text{ mm}$$

Započítatelné rozměry:

$$a_1 := \min(3 \cdot a, a + h, a_c) = 2.8 \text{ m}$$

$$b_1 := \min(3 \cdot b, b + h, b_c) = 1.8 \text{ m}$$

Tloušťka podlití:

$$t_{b,max} := 0.2 \cdot \min(a, b) = 120 \text{ mm}$$

$$t_b := 60 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí:

$$k_j := \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = 7.613$$

Návrhová pevnost betonu:

$$f_{ck} := 25 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c := 1.5$$

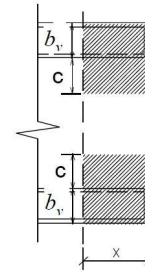
$$f_{j;d} := \frac{\frac{2}{3} \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 84.59 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky:

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

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{j;d} \cdot \gamma_{M0}}} = 28.87 \text{ mm}$$

$$b_{eff} := 2 \cdot b_v + 2 \cdot c = 287.7 \text{ mm}$$



9.9.2. Výpočet sil do šroubů :

Excentricita normálové síly :

$$e = \frac{M_{yi;Ed}}{N_{i;Ed}}$$

Délka tlačené oblasti x :

$$1. \quad N_{i;Ed} \cdot (e + r_t) = N_c \cdot \left(r_t + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right)$$

$$2. \quad N_c = b_{eff} \cdot x \cdot f_{j;d}$$

$$\rightarrow b_{eff} \cdot f_{j;d} \cdot x^2 - b_{eff} \cdot f_{j;d} \cdot (2 \cdot r_t + a) \cdot x + 2 \cdot N_{i;Ed} \cdot (e + r_t) = 0$$

- Tahová a tlaková síla byla vypočtena ve všech kombinacích pro pravý i levý sloup od svislých reakcí \$R_{z1}\$ i \$R_{z2}\$.

Sloup	Rz1 [kN]	Rz2 [kN]	Med,y [kNm]	e1 = Med/Rz1	e2 = Med/Rz2	x1:1 [m]	Nc1 [kN]	T1 [kN]	x2:1 [m]	Nc2 [kN]	T2 [kN]
NKO 1 - Pravý	78,79	-25,22	71,83	0,912	-2,848	0,0035	85,18	6,40	0,0016	38,94	64,16
NKO 1 - Levý	62,04	-41,97	234,03	3,773	-5,576	0,0078	189,83	127,80	0,0059	143,59	185,56
NKO 2 - Pravý	70,42	-33,59	36,41	0,517	-1,084	0,0023	55,98	-14,44	0,0004	9,74	43,32
NKO 2 - Levý	72,05	-31,96	34,42	0,478	-1,077	0,0023	55,98	-16,07	0,0004	9,74	41,69
NKO 3 - Pravý	346,84	242,83	304,31	0,877	1,253	0,0151	367,50	20,66	0,0131	318,82	75,99
NKO 3 - Levý	326,22	222,21	338,68	1,038	1,524	0,0157	382,10	55,89	0,0137	333,43	111,22
NKO 4 - Pravý	338,46	234,45	268,03	0,792	1,143	0,0139	338,29	-0,16	0,0119	289,62	55,17
NKO 4 - Levý	336,24	232,23	69,20	0,206	0,298	0,0082	199,57	-136,67	0,0063	153,33	-78,90
NKO 5 - Pravý	577,09	473,08	848,33	1,470	1,793	0,0351	854,25	277,17	0,0331	805,58	332,50
NKO 5 - Levý	573,28	469,27	357,24	0,623	0,761	0,0208	506,22	-67,05	0,0189	459,98	-9,29
NKO 6 - Pravý	515,57	411,56	747,58	1,450	1,816	0,0310	754,47	238,90	0,0291	708,23	296,67
NKO 6 - Levý	511,56	407,55	249,09	0,487	0,611	0,0166	404,01	-107,55	0,0146	355,33	-52,22
NKO 7 - Pravý	553,71	449,70	814,31	1,471	1,811	0,0336	817,75	264,04	0,0317	771,50	321,80
NKO 7 - Levý	538,87	434,86	144,10	0,267	0,331	0,0141	343,16	-195,70	0,0121	294,49	-140,37
NKO 8 - Pravý	500,10	396,09	611,53	1,223	1,544	0,0268	652,25	152,15	0,0249	606,01	209,92
NKO 8 - Levý	478,32	374,31	166,75	0,349	0,445	0,0136	330,99	-147,32	0,0117	284,75	-89,56
NKO 9 - Pravý	492,11	388,10	713,89	1,451	1,839	0,0296	720,40	228,29	0,0276	671,72	283,62
NKO 9 - Levý	477,16	373,15	36,01	0,075	0,097	0,0098	238,51	-238,65	0,0079	192,27	-180,88
NKO 10 - Pravý	469,36	365,35	561,46	1,196	1,537	0,0248	603,57	134,22	0,0228	554,90	189,55
NKO 10 - Levý	447,47	343,46	220,66	0,493	0,642	0,0146	355,33	-92,14	0,0126	306,65	-36,81
NKO 11 - Pravý	548,56	444,55	791,33	1,443	1,780	0,0329	800,71	252,15	0,0309	752,03	307,48
NKO 11 - Levý	544,90	440,89	306,92	0,563	0,696	0,0189	459,98	-84,91	0,0169	411,31	-29,58
NKO 12 - Pravý	491,70	387,69	574,12	1,168	1,481	0,0256	623,04	131,35	0,0236	574,37	186,68
NKO 12 - Levý	488,36	384,35	103,82	0,213	0,270	0,0120	292,05	-196,30	0,0101	245,81	-138,54
NKO 13 - Pravý	487,06	383,05	690,73	1,418	1,803	0,0288	700,93	213,87	0,0269	654,68	271,63
NKO 13 - Levý	483,20	379,19	199,01	0,412	0,525	0,0146	355,33	-127,87	0,0127	309,09	-70,10
NKO 14 - Pravý	460,95	356,94	523,91	1,137	1,468	0,0235	571,94	110,99	0,0216	525,69	168,75
NKO 14 - Levý	457,52	353,51	50,05	0,109	0,142	0,0099	240,94	-216,57	0,008	194,70	-158,81

$$N_{c,max} := 854.25 \text{ kN}$$

$$T_{max} := 322.50 \text{ kN}$$

9.9.3. Průřez patky

Patní plech:

$$A_p := t_p \cdot b = (1.8 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$z_{t,p} := \frac{t_p}{2} = 15 \text{ mm}$$

Hlavní podélné výtuhy UPE400 :

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

$$b_v = 115 \text{ mm}$$

$$h_v := 400 \text{ mm}$$

$$t_{w,v} := 13.5 \text{ mm}$$

$$t_{f,v} := 18 \text{ mm}$$

$$r_v := 18 \text{ mm}$$

$$A_v := 9193 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz,v} := 5620 \text{ mm}^2$$

$$I_{y,v} := 20980 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$z_{t,v} := \frac{h_v}{2} + t_p = 230 \text{ mm}$$

Svařený průřez :

$$z_{d,p} := \frac{2 \cdot A_v \cdot z_{t,v} + A_p \cdot z_{t,p}}{2 \cdot A_v + A_p} = 123.64 \text{ mm}$$

$$z_{h,p} := t_p + h_v - z_{d,p} = 306.36 \text{ mm}$$

$$I_y := \frac{1}{12} \cdot b \cdot t_p^3 + A_p \cdot (z_{d,p} - z_{t,p})^2 + 2 \cdot I_{y,v} + 2 \cdot A_v \cdot (z_{d,p} - z_{t,v})^2 = (8.414 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

$$A := 2 \cdot A_v + A_p = 0.036 \text{ m}^2$$

Tlačená strana patky :

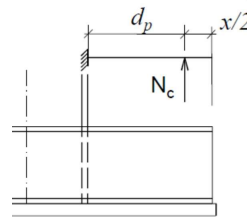
- Největší tlaková síla vzniká u nelineární kombinace NKO5 pravého sloupu při tlakovém působení připojené diagonály svislého ztužidla.

$$x_{N_c} := 36.5 \text{ mm}$$

$$d_p := \frac{a}{2} - \frac{a_s}{2} - \frac{x_{N_c}}{2} = 631.8 \text{ mm}$$

$$M_p := N_{c,max} \cdot d_p = 539.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_p := N_{c,max} = 854.25 \text{ kN}$$



Tažená strana patky :

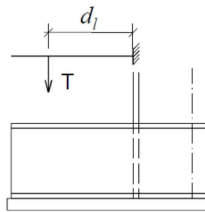
- Největší tahová síla vzniká u nelineární kombinace NK05 pravého sloupu při tahovém působení připojené diagonály svislého ztužidla.

$$x_T := 38.8 \text{ mm}$$

$$d_l := r_t \frac{a_s}{2} = 500 \text{ mm}$$

$$M_T := T_{max} \cdot d_l = 161.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_l := T_{max} = 322.5 \text{ kN}$$



Posouzení normálového napětí průřezu :

- Pružné posouzení, předpoklad 1. či 2. třídy průřezu

$$M_{max} := \max(M_p, M_T) = 539.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Posouzení k horním vláknům :

$$W_{y,h} := \frac{I_y}{z_{h,p}} = (2.746 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{h,max} := \frac{M_{max}}{W_{y,h}} = 196.5 \text{ MPa} \leq f_y = 235 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení k dolním vláknům :

$$W_{y,d} := \frac{I_y}{z_{d,p}} = (6.805 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{d,max} := \frac{M_{max}}{W_{y,d}} = 79.3 \text{ MPa} \leq f_y = 235 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení smykového napětí průřezu od posouvající síly $V_{z,max}$:

$$V_{max} := \max(V_p, V_l) = 854.25 \text{ kN}$$

$$\tau_{z,max} := \frac{V_{max}}{2 \cdot A_{vz,v}} = 76 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 135.68 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{\tau_{z,max}}{f_y} = 0.56 \leq \frac{1}{2} \rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

$$\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}$$

→ **Velký smyk - je nutné posoudit interakci smyku a ohybu**

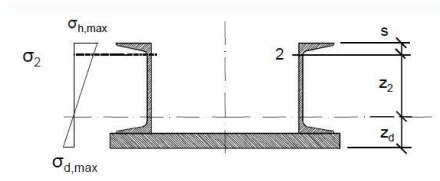
Posouzení interakce M_{max} a V_{max} :

- Rozhodující bude zřejmě tlačenná strana patky (bod 2)

Normálové napětí v bodě 2 :

$$z_2 := z_{h,p} - t_{f,v} - r_v = 270 \text{ mm}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_{max}}{I_y} \cdot z_2 = 173.41 \text{ MPa}$$



Posouzení :

$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3 \cdot \tau_{z,max}^2} = 217.71 \text{ MPa} \leq f_y = 235 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.9.4. Připojení podélných výztuh k patnímu plechu :

Návrh :

$$a_w := 5 \text{ mm}$$

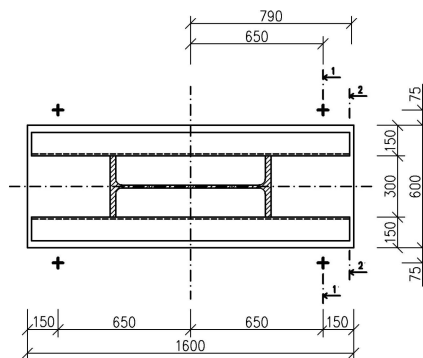
$$L_w := 1560 \text{ mm}$$

Statický moment k rovině svarů :

$$S_{f,y} := b \cdot t_p \cdot \left(z_{d,p} - \frac{t_p}{2} \right) = (1.96 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

Moment setrvačnosti svarů :

$$I_w := 4 \cdot \frac{a_w}{12} \cdot L_w^3 = (6.327 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$



Řez 1-1 :

$$- v \ x_1 := 650 \text{ mm}$$

$$- V_p := N_{c,max} = 854.25 \text{ kN}$$

$$- V_{z,max} := R_x = 194.99 \text{ kN}$$

Normálové napětí :

$$\tau_{II} := \frac{V_{z,max}}{4 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{V_p \cdot S_{f,y}}{I_y \cdot 4 \cdot a_w} = 105.52 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_{c,Ed,max}}{4 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{M_{Ed,y}}{I_w} \cdot x_1 \right) = 74.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_{c,Ed,max}}{4 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{M_{Ed,y}}{I_w} \cdot x_1 \right) = 74.702 \text{ MPa}$$

Posouzení :

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 236.06 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 74.7 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Řez 2-2 :

- v $x_2 := 790 \text{ mm}$
- $V_p := 0 \text{ kN}$

Normálové napětí :

$$\tau_{II} := \frac{V_{z,max}}{4 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{V_p \cdot S_{f,y}}{I_y \cdot 4 \cdot a_w} = 6.25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_{c,Ed,max}}{4 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{M_{Ed,y}}{I_w} \cdot x_2 \right) = 87.97 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_{c,Ed,max}}{4 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{M_{Ed,y}}{I_w} \cdot x_2 \right) = 87.97 \text{ MPa}$$

Posouzení :

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 176.28 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 87.97 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.9.5. Návrh a posouzení kotevních šroubů :

- tolerance osazení šroubů $t := 50 \text{ mm}$
- max. tahová síla $T_{max} = 322.5 \text{ kN}$
- vzdálenost šroubů od stojiny výztuhy $k := 225 \text{ mm}$

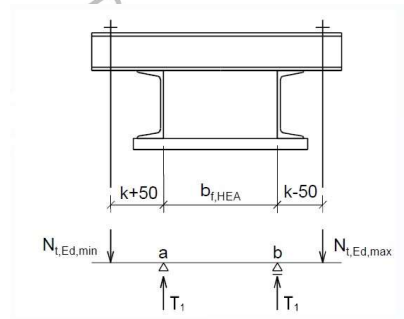
Síla do jednoho šroubu :

$$T_1 := \frac{T_{max}}{2} = 161.25 \text{ kN}$$

Z momentové podmínky :

$$N_{T;Ed,max} := \frac{T_1 \cdot (2 \cdot k + 2 \cdot t + b_s)}{(2 \cdot k + b_s)} = 182.75 \text{ kN}$$

$$N_{T;Ed,min} := T_{max} - N_{T;Ed,max} = 139.75 \text{ kN}$$



Návrh : Zabetonované šrouby M56x4 s kotevní hlavou

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

$$d := 60 \text{ mm}$$

$$d_0 := 70 \text{ mm}$$

$$A_s := 2144 \text{ mm}^2$$

Posouzení porušení šroubu v místě řezaného závitu :

$$F_{t;1;Rd} := 0.85 \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 472.37 \text{ kN} \geq N_{T;Ed,max} = 182.75 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení porušení šroubu v místě dřívku :

$$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = (2.827 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$F_{t;2;Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 664.45 \text{ kN} \geq N_{T;Ed,max} = 182.75 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.9.6. Návrh kotevních příčníků :

Vnitřní síly na kotevním příčniku :

$$M_{a;d} := N_{T;Ed,min} \cdot (k + t) = 38.43 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{a;d} := N_{T;Ed,min} = 139.75 \text{ kN}$$

$$M_{b;d} := N_{T;Ed,max} \cdot (k - t) = 31.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{b;d} := N_{T;Ed,max} = 182.75 \text{ kN}$$

Návrh : 2x UPE200

$$A_{pk} := 2901 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz;pk} := 1350 \text{ mm}^2$$

$$W_{y;pl;pk} := 220.1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Posouzení momentové únosnosti :

$$M_{pl;Rd} := 2 \cdot W_{y;pl;pk} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 103.45 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed,max} := \max(M_{a;d}, M_{b;d}) = 38.43 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl;Rd} = 103.45 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{Ed,max} = 38.43 \text{ m} \cdot \text{kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení smykové únosnosti :

$$V_{Ed,max} := \max(V_{a;d}, V_{b;d}) = 182.75 \text{ kN}$$

$$V_{pl;Rd} := 2 \cdot A_{vz;pk} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}} = 366.33 \text{ kN}$$

$$V_{pl;Rd} = 366.33 \text{ kN} \geq V_{Ed,max} = 182.75 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{pl;Rd}} = 0.499 \leq \frac{1}{2}$$

→ **Malý smyk - není nutné posuzovat interakci smyku a ohybu**

9.9.7. Přenos vodorovné posouvající síly do betonové patky :

- Největší poměr $\frac{V_{Ed,z}}{N_c}$ vzniká v nelineární kombinaci NKO2 pravého sloupu. Na tuto

kombinaci bude posouzeno, jestli bude vodorovná reakce přenesena ve spáře mezi betonem a ocelí pouhým třením. Viz tabulka.

- Součinitel tření uvažuji hodnotou $\mu := 0.2$

- Největší smyková síla vzniká u nelineární kombinace NKO11 pravého sloupu.

Sloup	Nc1 [kN]	Nc2 [kN]	ABS(Ved;z) [kN]	Ved;z/Nc1 [-]	Ved;z/Nc2 [-]
NKO 1 - Pravý	85,18	38,94	16,67	0,20	0,43
NKO 1 - Levý	189,83	143,59	61,60	0,32	0,43
NKO 2 - Pravý	55,98	9,74	28,23	0,50	2,90
NKO 2 - Levý	55,98	9,74	28,15	0,50	2,89
NKO 3 - Pravý	367,50	318,82	82,06	0,22	0,26
NKO 3 - Levý	382,10	333,43	54,86	0,14	0,16
NKO 4 - Pravý	338,29	289,62	93,62	0,28	0,32
NKO 4 - Levý	199,57	153,33	34,92	0,17	0,23
NKO 5 - Pravý	854,25	805,58	193,68	0,23	0,24
NKO 5 - Levý	506,22	459,98	111,03	0,22	0,24
NKO 6 - Pravý	754,47	708,23	161,91	0,21	0,23
NKO 6 - Levý	404,01	355,33	77,84	0,19	0,22
NKO 7 - Pravý	817,75	771,50	188,18	0,23	0,24
NKO 7 - Levý	343,16	294,49	59,02	0,17	0,20
NKO 8 - Pravý	652,25	606,01	149,29	0,23	0,25
NKO 8 - Levý	330,99	284,75	9,79	0,03	0,03
NKO 9 - Pravý	720,40	671,72	156,47	0,22	0,23
NKO 9 - Levý	238,51	192,27	25,83	0,11	0,13
NKO 10 - Pravý	603,57	554,90	133,46	0,22	0,24
NKO 10 - Levý	355,33	306,65	26,37	0,07	0,09
NKO 11 - Pravý	800,71	752,03	194,99	0,24	0,26
NKO 11 - Levý	459,98	411,31	112,97	0,25	0,27
NKO 12 - Pravý	623,04	574,37	160,74	0,26	0,28
NKO 12 - Levý	292,05	245,81	80,06	0,27	0,33
NKO 13 - Pravý	700,93	654,68	163,27	0,23	0,25
NKO 13 - Levý	355,33	309,09	79,82	0,22	0,26
NKO 14 - Pravý	571,94	525,69	144,89	0,25	0,28
NKO 14 - Levý	240,94	194,70	63,52	0,26	0,33

$$N_{c,f} := 9.74 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,z,f} := 28.23 \text{ kN}$$

Posouzení přenosu vodorovné síly třením :

$$V_{Rd;f} := \mu \cdot N_{c;f} = 1.95 \text{ kN} \geq V_{Ed;z;f} = 28.23 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

Tření nezajišťuje přenos smykových sil, je tedy nutné navrhnout smykovou zarážku.

9.9.8. Návrh smykové zarážky

Vnitřní síly :

$$V_{Ed;z;max} := R_x = 194.99 \text{ kN}$$

$$V_{Ed;y;max} := R_y = 77.16 \text{ kN}$$

Ocel S235 :

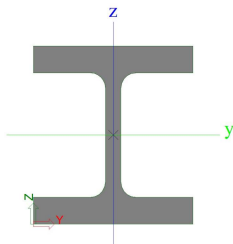
$$\text{Mez kluzu } f_y := 235 \text{ MPa}$$

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

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

$$\text{Modul pružnosti ve smyku } G := 80.7 \text{ GPa}$$

Návrh - HE120M:



Průřezové charakteristiky a geometrie průřezu

$$A_{vz} := 2115 \cdot \text{mm}^2$$

$$W_{pl;y} := 350.6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl;z} := 171.6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$b := 126 \text{ mm}$$

$$t_f := 21 \text{ mm}$$

Návrh výšky profilu :

$$V_{Ed;max} := \max(V_{Ed;z;max}, V_{Ed;y;max}) = 194.99 \text{ kN}$$

$$h > \frac{V_{Ed;max}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 93 \text{ mm}$$

$$\text{Návrh výšky } h := 100 \text{ mm}$$

Posouzení smykové únosnosti V_z :

$$V_{z;pl;Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 286.96 \text{ kN}$$

$$V_{Ed;z;max} = 194.99 \text{ kN} \leq V_{pl;Rd} = 366.33 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{V_{Ed;z;max}}{V_{z;pl;Rd}} = 0.68 \leq \frac{1}{2} \rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

→ **Velký smyk - je nutné posoudit interakci smyku a ohybu**

Posouzení smykové únosnosti V_y :

$$A_{vy} := 2 \cdot (b \cdot t_f) = (5.292 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$V_{y;pl;Rd} := \frac{A_{vy} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 718 \text{ kN}$$

$$V_{Ed;y;max} = 77.16 \text{ kN} \leq V_{y;pl;Rd} = 718 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{V_{Ed;y;max}}{V_{y;pl;Rd}} = 0.107 \leq \frac{1}{2} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

→ **Malý smyk - není nutné posuzovat interakci smyku a ohybu**

Posouzení momentové únosnosti M_y :

$$e := t_b + \frac{h}{2} = 110 \text{ mm}$$

$$M_{y;pl;Rd} := W_{pl;y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 82.39 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y;Ed} := V_{Ed;z;max} \cdot e = 21.45 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y;pl;Rd} = 82.39 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{y;Ed} = 21.45 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení interakce M_y a V_z :

$$\rho := \left(\frac{2 \cdot V_{Ed;z;max}}{V_{z;pl;Rd}} - 1 \right)^2 = 0.129$$

$$M_{v;Rd} := \left(W_{pl;y} - \frac{\rho \cdot A_{vz}^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_y = 80.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{v;Rd} = 80.13 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{y;Ed} = 21.45 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení momentové únosnosti M_z :

$$M_{z;pl;Rd} := W_{pl;z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 40.33 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;Ed} := V_{Ed;y;max} \cdot e = 8.49 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z;pl;Rd} = 40.33 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{z;Ed} = 8.49 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení šikmého ohybu :

- koeficienty α a β uvažují konzervativně hodnotou 1.0

$$\frac{M_{y;Ed}}{M_{y;pl;Rd}} + \frac{M_{z;Ed}}{M_{z;pl;Rd}} = 0.471 \leq 1.0 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.9.9. Návrh svarů zarážky k patnímu plechu

Vnitřní síly :

$$V_{Ed;z;max} = 194.99 \text{ kN}$$

$$V_{Ed;y;max} = 77.16 \text{ kN}$$

Návrh :

$$a_w := 6 \text{ mm}$$

$$L_{w1} := 140 \text{ mm}$$

$$L_{w2} := 54 \text{ mm}$$

$$L_{w3} := 92 \text{ mm}$$

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

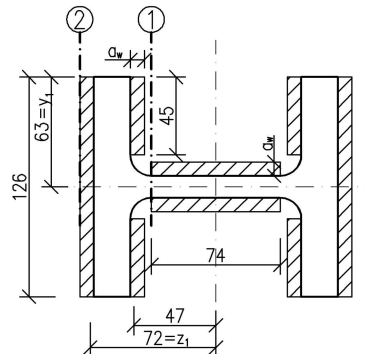
Momenty setrvačnosti :

$$I_{w;y;1} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot a_w^3 \cdot L_{w1} + (a_w \cdot L_{w1}) \cdot (72 \text{ mm})^2 \right) = (8.714 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

$$I_{w;y;2} := 4 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot a_w^3 \cdot L_{w2} + (a_w \cdot L_{w2}) \cdot (47 \text{ mm})^2 \right) = (2.867 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

$$I_{w;y;3} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot a_w \cdot L_{w3}^3 \right) = (7.787 \cdot 10^{-7}) \text{ m}^4$$

$$I_{w;y} := I_{w;y;1} + I_{w;y;2} + I_{w;y;3} = (1.236 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4$$

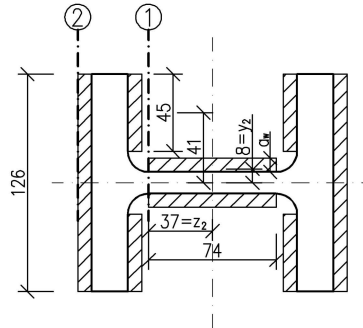


$$I_{w;z;1} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot a_w \cdot L_{w1}^3 \right) = (2.744 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

$$I_{w;z;2} := 4 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot a_w \cdot L_{w2}^3 + (a_w \cdot L_{w2}) \cdot (41 \text{ mm})^2 \right) = (2.494 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

$$I_{w;z;3} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot a_w^3 \cdot L_{w3} + (L_{w3} \cdot a_w) \cdot (8 \text{ mm})^2 \right) = (7.397 \cdot 10^{-8}) \text{ m}^4$$

$$I_{w;z} := I_{w;z;1} + I_{w;z;2} + I_{w;z;3} = (5.311 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$



Posouzení v bodě 1 :

$$z_1 := 72 \text{ mm}$$

$$y_1 := 63 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed;y,max}}{2 \cdot a_w \cdot L_{w1} + 4 \cdot a_w \cdot L_{w2}} = 25.93 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{V_{Ed;z,max} \cdot e}{\frac{I_{w;y}}{z_1}} + \frac{V_{Ed;y,max} \cdot e}{\frac{I_{w;z}}{y_1}} \right) = 159.539 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{V_{Ed;z,max} \cdot e}{\frac{I_{w;y}}{z_1}} + \frac{V_{Ed;y,max} \cdot e}{\frac{I_{w;z}}{y_1}} \right) = 159.539 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 322.22 \text{ MPa} \leq \frac{f_w}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 159.54 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení v bodě 2 :

$$z_2 := 37 \text{ mm}$$

$$y_2 := 8 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed;z,max}}{2 \cdot a_w \cdot L_{w3}} = 176.62 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{V_{Ed;z,max} \cdot e}{\frac{I_{w;y}}{z_2}} + \frac{V_{Ed;y,max} \cdot e}{\frac{I_{w;z}}{y_2}} \right) = 54.443 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{V_{Ed;z,max} \cdot e}{\frac{I_{w;y}}{z_2}} + \frac{V_{Ed;y,max} \cdot e}{\frac{I_{w;z}}{y_2}} \right) = 54.443 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 324.72 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 54.44 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

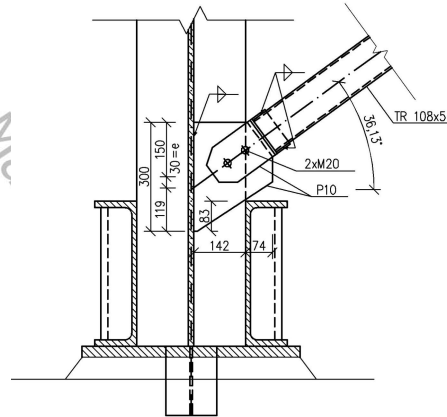
Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

9.10. Detail D9 - Připoj diagonály ztužidla a krajního sloupu

- Připoj diagonály TR 108x5 a krajního sloupu HE800A pomocí čelního plechu tloušťky 10mm. Ocel použita na patní plech je uvažována S235, šrouby třídy pevnosti 8.8.

- Pro posouzení byla zvolena maximální normálová síla na prutu diagonály ztužidla.

Schéma připoje :



Vnitřní síly :

$$N_{Ed} := 95.60 \text{ kN}$$

Návrh dílčích komponent :

Návrh styčnickového plechu :

Tloušťka plechu $t := 10 \text{ mm}$

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

Korelační součinitel $\beta_w := 0.8$

Šrouby M20 8.8 :

$d := 20 \text{ mm}$

$d_0 := 22 \text{ mm}$

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

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

$e_1 := 50 \text{ mm}$

$e_2 := 60 \text{ mm}$

9.10.1. Návrh a posouzení šroubů

Únosnost šroubu ve střihu:

- Smyková rovina prochází závitem

$$F_{v;Rd} := \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení:

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.758$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$F_{b;i;Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 109.09 \text{ kN}$$

Posouzení únosnosti:

Střih:

$$F_{v;Rd} := 2 \cdot F_{v;i;Rd} = 188.16 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 95.6 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Otláčení:

$$F_{b;Rd} := 2 \cdot F_{b;i;Rd} = 218.18 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 95.6 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.10.2. Návrh a posouzení svaru styčnickového plechu a stojiny sloupu

Vnitřní síly :

$$N_{v;Ed} := \sin(36.13^\circ) \cdot N_{Ed} = 56.37 \text{ kN}$$

$$N_{h;Ed} := \cos(36.13^\circ) \cdot N_{Ed} = 77.21 \text{ kN}$$

Návrh :

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 2 \cdot 300 \text{ mm}$$

$$e := 30 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti :

$$\tau_{II} := \frac{N_{v;Ed}}{a_w \cdot L_w} = 23.49 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_{h;Ed}}{a_w \cdot L_w} + \frac{N_{h;Ed} \cdot e}{\frac{1}{6} \cdot a_w \cdot L_w^2} \right) = 29.57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_{h;Ed}}{a_w \cdot L_w} + \frac{N_{h;Ed} \cdot e}{\frac{1}{6} \cdot a_w \cdot L_w^2} \right) = 29.57 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 71.79 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 29.57 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

9.10.3. Návrh a posouzení svaru diagonály a styčnickového plechu

Vnitřní síly :

$$N_{Ed} = 95.6 \text{ kN}$$

Návrh :

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 4 \cdot 50 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti :

$$\tau_{II} := \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot L_w} = 119.5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{90^\circ} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{90^\circ}^2 + 3 \cdot (\tau_{90^\circ}^2 + \tau_{II}^2)} = 206.98 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{90^\circ} = 0 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

10. Seznam navržených prvků a komponentů detailů

Střešní plášť - Sendvičový panel Ondatherm 1001 TS -100 PU, tl. 100mm

Obvodový plášť - Sendvičový panel Promisol 1003 B - 100, tl. 100mm

Ocel S350GD :

Vaznice - Tenkostěnné profily Z270 - 2,5S pro vnitřní prvky

- Tenkostěnné profily Z270 - 3,0S pro krajní prvky

Stěnové paždíky - Tenkostěnné profily S265 - 2,5S

Ocel S355 :

Jeřábový nosník - svařenec z válcovaných profilů HE450A, 2xL130x12 a kolejnice JKL55

Krajní sloup - HE800A

Vnitřní sloup - HE550A

Příčel - Průřez v místě náběhu - IPE550 + náběh IPE550, va=500mm

- Průřez bez náběhu - IPE550

Jeřábová konzola - HE450A

Ocel S235 :

Štítový sloup S1a, S1b - IPE220

Štítový sloup S2 - IPE270

Štítový sloup S3 - IPE300

Příčné střešní ztužidlo - Diagonála - TR89x5

- Svislice - TR89x5

Svislé podélné ztužidlo - Diagonála D1 - TR60,3x5

- Diagonála D2 - TR108x5

- Vodorovný prvek - TR114x5,6

Podélné střešní ztužidlo - Diagonála - TR70x5

- Svislice - TR89x5

Komponenty detailů :

- Připojovací plechy z oceli S235

Detaily rámových rohů D1,D2 - Čelní deska tl. 25mm

- Smyková výztuha tl. 20mm

- Styčnickové plechy tl. 10mm

- Šrouby M20 8.8 (přípoj svislice ztužidla)

- Šrouby M16 8.8 (přípoj diagonály ztužidla)

Detail vrcholového přípoje D3 - Čelní deska tl. 25mm

- Styčnickové plechy tl. 10mm

- Šrouby M16 8.8

Detail přípoje D4 - Styčnickové plechy tl. 10mm

- Šrouby M16 8.8

Detail vnitřní kloubové patky D5,D6 - Patní plech tl. 20mm

- Kotevní šrouby FISCHER FAZ II M20

- Smyková zarážka HE120B, S235

- Styčnickové plechy tl. 10mm

- Šrouby M20 8.8 (přípoj diagonály ztužidla)

Detail štítové kloubové patky D7 - Patní plech tl. 20mm

- Kotevní šrouby FISCHER FAZ II M20

Detail krajní vetknuté patky D9,D10 - Patní plech tl. 30mm

- Zabetonované šrouby M56x4

- Hlavní podélné výztuhy UPE400, S235

- Kotevní příčnický UPE200, S235

- Smyková zarážka HE120M, S235

- Styčnickové plechy tl. 10mm

- Šrouby M20 8.8 (přípoj diagonály ztužidla)

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

11. Seznam použitých zdrojů

- [1] Projektová dokumentace stavebně architektonického řešení objektu
- [2] ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [3] ČSN EN 1991: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- [4] ČSN EN 1993: Navrhování ocelových konstrukcí
- [5] ČSN EN 1997: Navrhování geodetických konstrukcí
- [6] ČSN 73 1004: Navrhování základových konstrukcí
- [7] Jandera, M., Eliášová, M., Vraný, T.: Ocelové konstrukce 1 – Cvičení. ČVUT Praha, 2015.
- [8] Sokol, Z., Wald, F.: Ocelové konstrukce – Tabulky. ČVUT Praha, 2019
- [9] <http://people.fsv.cvut.cz/~xjanderm/teaching.html>
- [10] https://construction.arcelormittal.com/medias/sys_master/amc-media/amc-media/hb6/h75/8983909335070/Sendvi-ov-panely-AMC.pdf
- [11] https://construction.arcelormittal.com/medias/sys_master/amc-media/amc-media/h15/he5/8985564086302/Sendvicove-panely-1003-B-PL.pdf
- [12] https://construction.arcelormittal.com/medias/sys_master/amc-media/amc-media/hb0/h1c/9039936913438/Promisol-1003-B-tablice-obciazen.pdf
- [13] https://www.kovprof.cz/sortiment/statikaTR/TR200-420-EN-2013.pdf?_ga=2.82162207.801995547.1703283695-1166730112.1703283695
- [14] <https://adoc.pub/tenkostne-profil-y-z-c-a-pro-vaznice-a-padiky.html>

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

ŠESTILODNÍ SKLADOVACÍ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY

NÁVRH ZALOŽENÍ KONSTRUKCE

2024

Autor práce:	Bc. Michal Peukert
Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce:	prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.
Konzultant:	Ing. Alena Zemanová, Ph.D.

Obsah

1. Základní údaje o projektu	4
1.1. Obecný popis stavby	4
1.2. Podklady pro zhotovení projektu	4
1.3. Použitý software	4
2. Materiálové řešení stavby	5
3. Zemní práce	5
3.1. Vytyčení geodetem	5
3.2. Hloubení stavební jámy	5
3.3. Odvodnění stavební jámy	5
4. Základové konstrukce	6
4.1. Příprava na betonáž	6
4.2. Základové patky	6
4.3. Podkladní beton	6
5. Geologický profil	7
5.1. Údaje geologického vrtu	7
5.2. Charakteristiky zeminy	7
5.3. Zařazení zemin	8
6. Statický výpočet základových konstrukcí	9
6.1. Základová patka A2	9
6.1.1. Vnitřní síly	9
6.1.2. Posouzení MSÚ	10
6.1.3. Posouzení MSP	11
6.1.4. Dimenzování	12
6.2. Základová patka B2	13
6.2.1. Vnitřní síly	13
6.2.2. Posouzení MSÚ	14

6.2.3. Posouzení MSP	15
6.2.4. Dimenzování	16
7. Výstup ze statického výpočtu	17
7.1. Základová patka A2.....	17
7.2. Základová patka B2.....	22
8. Závěr.....	26

1 Základní údaje o projektu

1.1 Obecný popis stavby

Objekt se nachází v městské části Praha 6. Jedná se o šestilodní skladovací halu s mostovými jeřáby o přibližných půdorysných rozměrech 75x135 metrů. Výška budovy je přibližně 11 metrů.

Všechny stavební úpravy budou provedeny na pozemcích investora. Budova bude pomocí přípojek napojena na stávající inženýrské sítě.

1.2 Podklady pro zhotovení projektu

Seznam norem, předpisů, projektových dokumentů a dalších materiálů, které byly použity při zpracování projektu.

- Projektová dokumentace stavebně architektonického řešení objektu
- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí
- ČSN EN 1997 Navrhování geodetických konstrukcí
- ČSN 73 1004 Navrhování základových konstrukcí

1.3 Použitý software

Seznam programů, které byly použity při zpracování části zakládání pro diplomovou práci.

- Cadkon 2022
- GEO 5 2024 CS
- SCIA Engineer 22.1.
- PTC Mathcad Prime 9.0.0.0
- MS Word
- MS Excel

2 Materiálové řešení stavby

Nosná konstrukce je navržena z válcovaných ocelových HEA a IPE profilů. Ztužení haly je navrženo z kulatých za studena válcovaných trubek TR. Podrobný návrh viz statický výpočet ocelové konstrukce.

- Nosná konstrukce: S355J0
- Ztužení konstrukce a připojovací plechy: S235JR
- Podkladní beton: beton C16/20 XC2 (CZ) – CI 0,2 – D_{\max} 16 – S3.
- Základové patky: C25/30 XC2 (CZ) – CI 0,2 – D_{\max} 16 – S3.
- Výztuž železobetonových patek: Ocel B500B.

3 Zemní práce

3.1 Vytyčení geodetem

Vytyčení objektu – kvalifikovaným geodetem bude vytyčena stavební jáma pomocí laviček a totální stanice.

Sejmutí ornice - ornice bude sejmuta dozerem, určitá část bude odvezena na skládku a zbytek bude ponechán na stavbě pro konečné terénní úpravy.

3.2 Hloubení stavební jámy

Hloubení stavební jámy bude mechanizované, provedeno rypadlem v jednom hloubkovém stupni. Část vykopané zeminy bude ponechána na stavbě pro konečné zásypy a zbytek bude odvezen na skládku. Výkop bude řádně označen a ohrazen oplocením.

3.3 Odvodnění stavební jámy

Stavební jámu není potřeba odvodňovat. Hladina spodní vody byla lokalizována v hloubce 12,8 metrů.

4 Základové konstrukce

Sloupy jsou založeny na základových patkách z železobetonu o roznášecím úhlu 45° . Rozměry patek viz statický výpočet. Podkladní beton o tloušťce 150 mm je zhotoven z betonu třídy C16/20 a rozpíná se pod celým objektem.

4.1 Příprava na betonáž

Před betonáží bude pokladena soustava kanalizačního potrubí a inženýrských sítí. Do jam budou vloženy zemní pásky.

4.2 Základové patky

Sloupy hlavní nosné konstrukce jsou založeny na základových patkách z železobetonu o roznášecím úhlu 45° .

Sloupy štítových sloupů jsou založeny na základových patkách z prostého betonu o roznášecím úhlu 60° .

Rozměry patek viz statický výpočet. Po vyplnění patek a ztraceného bednění bude provedeno výškové vyrovnání zeminy a následně bude zemina zhutněna.

4.3 Podkladní beton

Pro podkladní vrstvu bude zhotoveno bednění a následně vyplněno betonovou podkladní vrstvou o tloušťce 150 mm, která bude vyztužena KARI sítěmi.

Na vyztuženou betonovou vrstvu se poklade povlaková hydroizolace z asfaltových pásů. (Ochrana proti radonu není součástí dokumentace).

5 Geologický profil

5.1 Údaje geologického vrtu

Geologický vrt:

Nadmořská výška - souřadnice Z	214.29
Inklinometrie (Y/N)	Y
Účel	inženýrskogeologický
Hydrogeologické údaje (Y/N)	N
Hloubka hladiny podzemní vody [m]	12,8
Druh hladiny podzemní vody	ustálená
Karotáž (Y/N)	N
Provedené zkoušky	chemické rozborů vody
Hmotná dokumentace (Y/N)	N
Druh objektu	vrt svislý
Geologický profil (Y/N)	Y
Organizace provádějící	CHEMCOMEX, a.s.
Organizace blokující	
Blokováno do	

Hloubka[m]	Stratigrafie	Popis
0.00 - 1.30	Kvartér	suť navezený navezený písčité písčité ulehly ulehly, hnědá příměs: cihly
1.30 - 2.80	Kvartér	navážka hlinitý prachovitý tvrdý, hnědá příměs: cihly
2.80 - 4.20	Kvartér	hlína slabě humózní prachovitý pevný, hnědá
4.20 - 6.20	Kvartér	suť písčité hlinitý ulehly, hnědá křemenc (ortokvarcit) v ostrohranných úlomcích zastoupení horniny - 50 % max.velikost částic 1 dm
6.20 - 6.90	Kvartér	písek hrubozrnný ulehly, rezavá, hnědá valouny ojedíněle
6.90 - 7.30	Kvartér	jíl písčité pevný, šedá, hnědá droba v ostrohranných úlomcích
7.30 - 15.00	Ordovik	droba navětralý silně rozpukaný rozpadavý

5.2 Charakteristiky zeminy

Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$

Objemová tíha :	$\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 26,50^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 16,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul :	$E_{oed} = 16,00 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 18,00 \text{ kN/m}^3$



Třída S2, středně ulehlá

Objemová tíha :	γ = 18,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef} = 33,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef} = 0,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed} = 32,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 18,50 kN/m ³

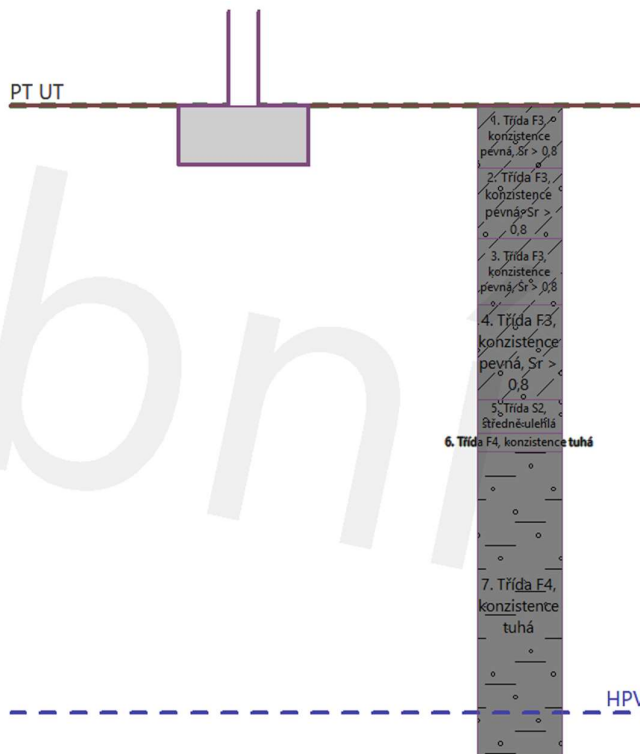


Třída F4, konzistence tuhá

Objemová tíha :	γ = 18,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef} = 24,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef} = 14,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed} = 8,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 18,50 kN/m ³



5.3 Zařazení zemin



6 Statický výpočet základových konstrukcí

Výpočet je proveden dle standardního postupu ČSN EN 1997. Návrhový přístup – DA2 – redukce zatížení a odporu.

Výpočet sedání je proveden metodou pomocí edometrického modulu.

Omezení deformační zóny pomocí strukturní pevnosti.

Výpočet zatížení je proveden dle ČSN EN 1991-1.

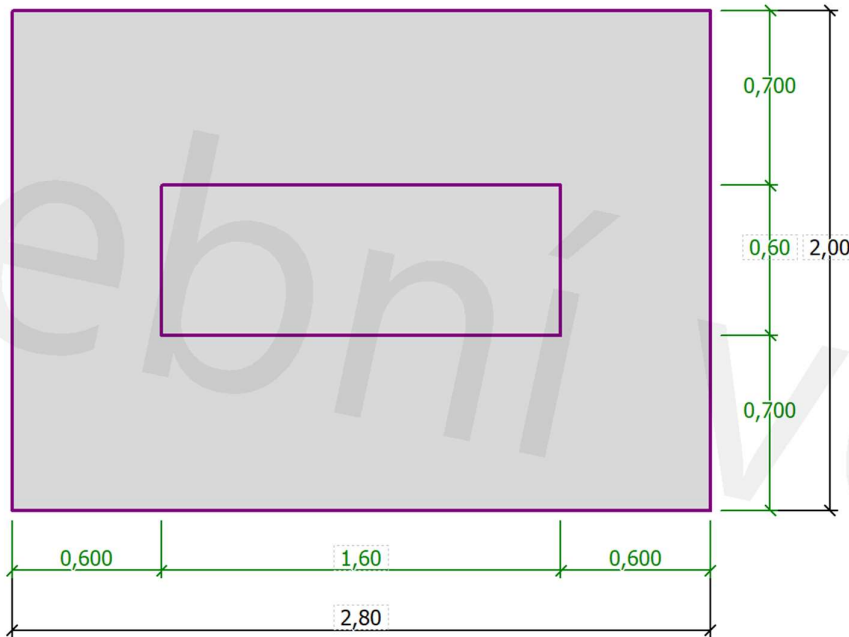
Výpočet vnitřních sil působících do základových konstrukcí je proveden v programu SCIA Engineer 22.1. , PTC Mathcad Prime 9.0.0.0 a MS Excel.

Posouzení a návrh výztuže je proveden v programu GEO 2024 CS.

6.1 Základová patka A2

Výpočet proveden na nejvíce zatížené patce. Jedná se o pravou krajní patku hlavní vazby zatěžovací nelineární kombinace NKO5.

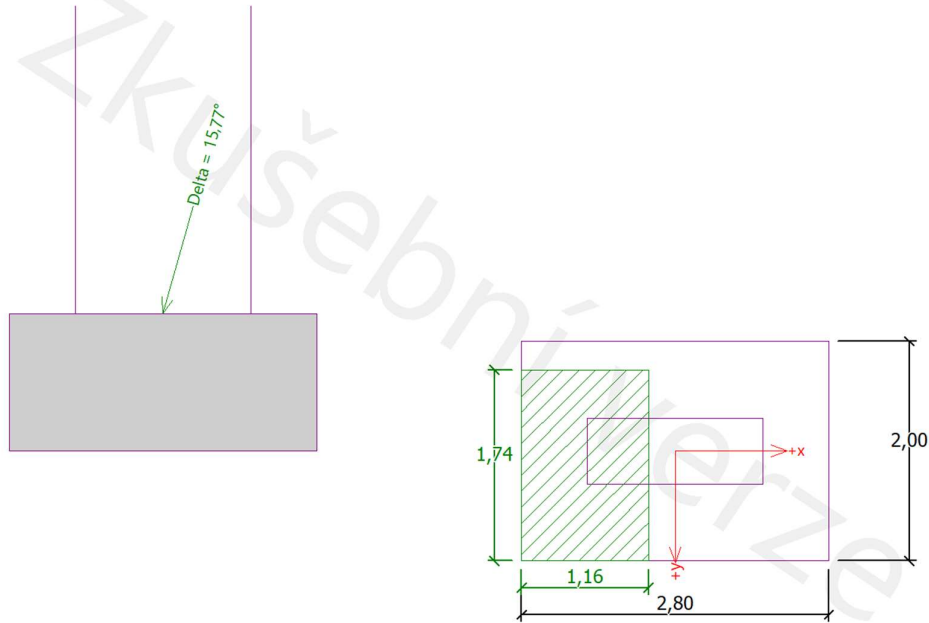
Návrh rozměrů : 2800 x 2000 x 1250 mm



6.1.1 Vnitřní síly

Číslo	Zatížení		Název	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]	Typ
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	577,09	0,00	848,33	193,68	77,16	Návrhové
2	Ano		Zatížení č. 1 - prov	412,21	0,00	605,95	138,34	55,11	Užitné

6.1.2 Posouzení MSÚ



Posouzení únosnosti patky - 1.MS

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 399,91 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 366,82 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,293 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,065 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,301 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 377,97 \text{ kN}$

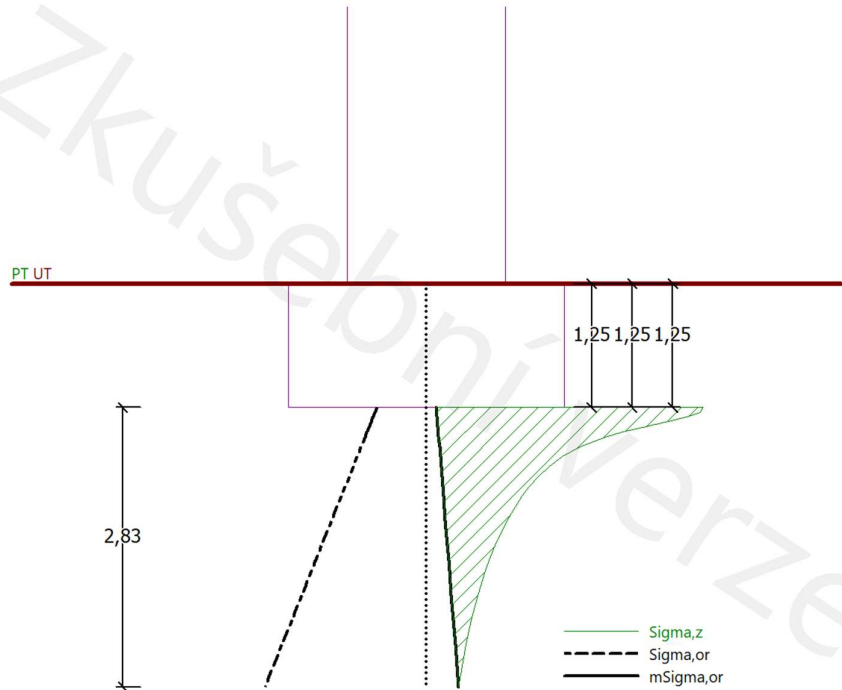
Extrémní horizontální síla $H = 208,48 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení	
SVISLÁ ÚNOSNOST :	VYHOVUJE (91,7%)
VODOROVNÁ ÚNOS. :	VYHOVUJE (55,2%)

6.1.3 Posouzení MSP



Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Průměrný modul přetvárn. $E_{def} = 9,97 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=267,74$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=734,68$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,270 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,060 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,276 < 0,333$

Excentricita zatížení základu **VYHOVUJE**

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 5,5 mm

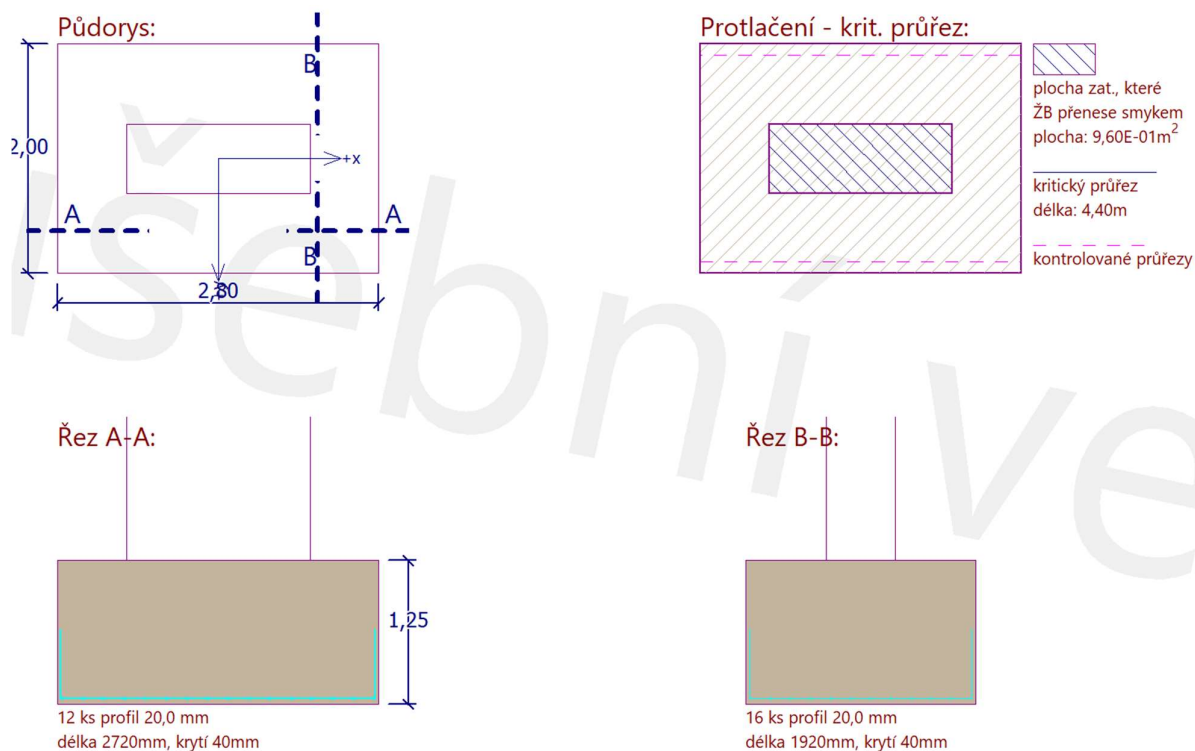
Hloubka deformační zóny = 2,83 m

Natočení ve směru x = 4,306 ($\tan \cdot 1000$); ($2,5E-01$ °)

Natočení ve směru y = 0,866 ($\tan \cdot 1000$); ($5,0E-02$ °)

Návrh a posouzení výztuže

6.1.4 Dimenzování



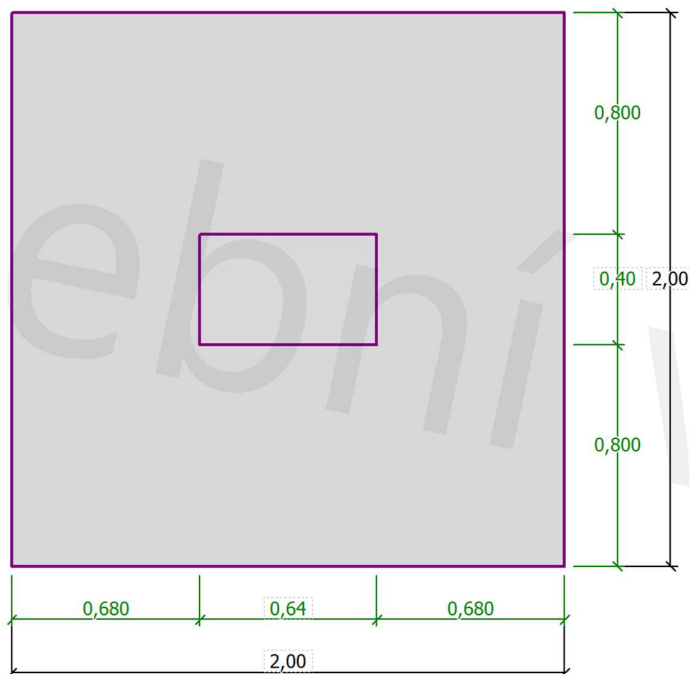
PODÉL. VE SMĚRU X : VYHOVUJE (82,8%)

PODÉL. VE SMĚRU Y : VYHOVUJE (86,9%)

PROTLAČENÍ : VYHOVUJE (11,3%)

6.2 Základová patka B2

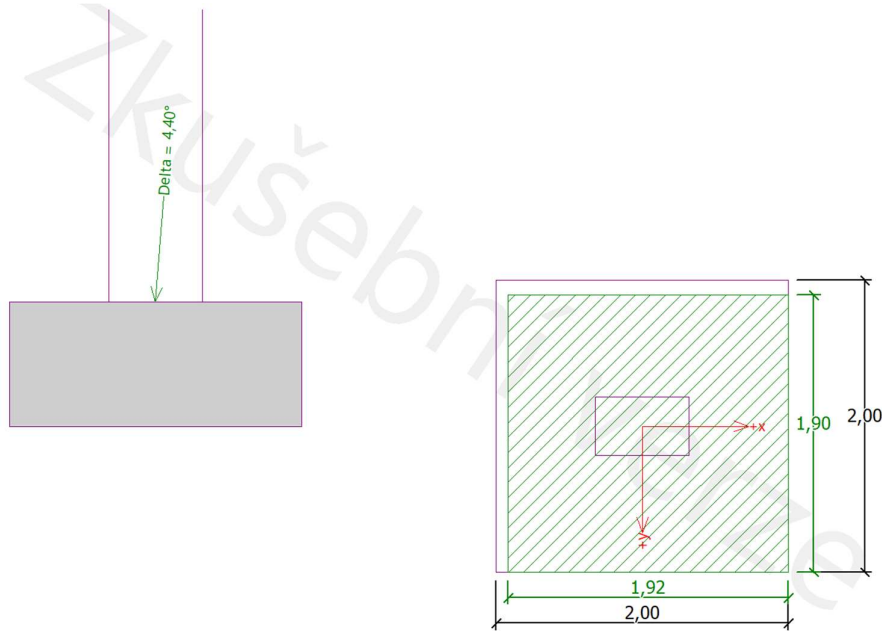
Návrh rozměrů : 2000 x 2000 x 850 mm



6.2.1 Vnitřní síly

Číslo	Zatížení		Název	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]	Typ
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	1160,30	0,00	0,00	60,64	77,16	Návrhové
2	Ano		Zatížení č. 1 - prov	828,79	0,00	0,00	43,31	55,11	Užitné

6.2.2 Posouzení MSÚ



Posouzení únosnosti patky - 1.MS

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 604,60$ kPa

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 350,21$ kPa

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,021 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,026 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,033 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 617,28$ kN

Extrémní horizontální síla $H = 98,14$ kN

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

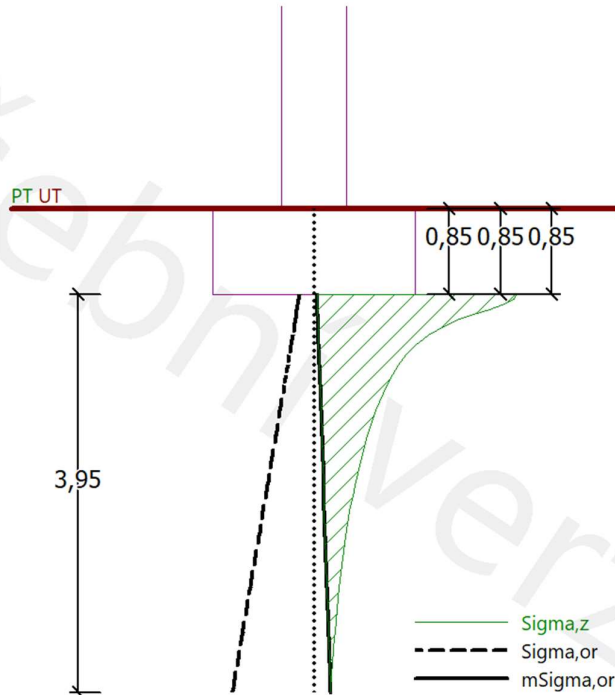
Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení

SVISLÁ ÚNOSNOST : VYHOVUJE (57,9%)

VODOROVNÁ ÚNOS. : VYHOVUJE (15,9%)

6.2.3 Posouzení MSP



Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Průměrný modul přetvárn. $E_{def} = 9,97 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=238,71$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=238,71$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,020 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,026 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,033 < 0,333$

Excentricita zatížení základu **VYHOVUJE**

Celkové sednutí a natočení základu:

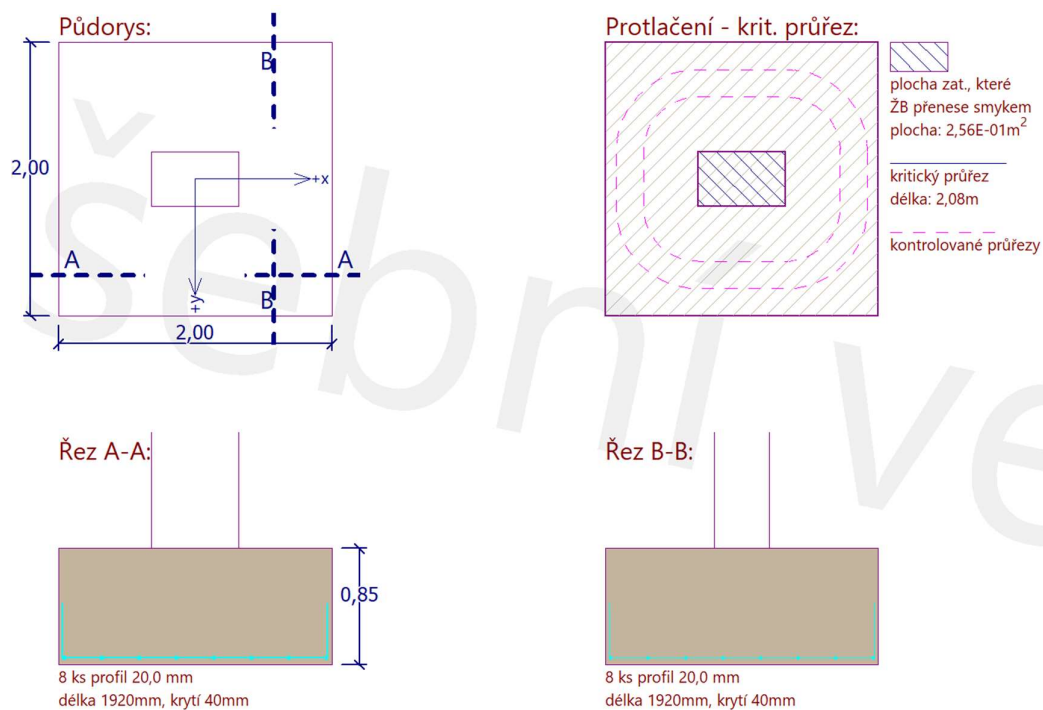
Sednutí základu = 11,8 mm

Hloubka deformační zóny = 3,95 m

Natočení ve směru x = 0,694 (\tan^*1000); ($4,0E-02$ °)

Natočení ve směru y = 0,883 (\tan^*1000); ($5,1E-02$ °)

6.2.4 Dimenzování



Posouzení

PODÉL. VE SMĚRU X : **VYHOVUJE (86,1%)**

PODÉL. VE SMĚRU Y : **VYHOVUJE (86,1%)**

PROTLAČENÍ : **VYHOVUJE (18,1%)**

7 Výstup ze statického výpočtu

7.1 Základová patka A2

Posouzení plošného základu

Vstupní data

Datum : 10.12.2023

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
Smyk kruhových pilot : zjednodušená metoda

Sedání

Metoda výpočtu : ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)
Omezení deformační zóny : pomocí strukturální pevnosti



Patky

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
Výpočet pro odvodněné podmínky : EC 7-1 (EN 1997-1:2003)
Posouzení tažené patky : standardní postup
Dovolená excentricita : 0,333
Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$Y_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce svislé únosnosti :		$Y_{Rvs} =$	1,40 [-]
Součinitel redukce vodorovné únosnosti :		$Y_{Rhs} =$	1,10 [-]

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$		26,50	16,00	18,00	8,00	
2	Třída S2, středně ulehlá		33,50	0,00	18,50	8,50	
3	Třída F4, konzistence tuhá		24,50	14,00	18,50	8,50	

Pro výpočet tlaku v klídu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Parametry zemín

Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$

Objemová tíha : $\gamma = 18,00$ kN/m³
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 26,50$ °
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 16,00$ kPa
Edometrický modul : $E_{oed} = 16,00$ MPa
Koef. strukturální pevnosti : $m = 0,20$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,00$ kN/m³

Třída S2, středně ulehlá

Objemová tíha :	γ	=	18,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	33,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	0,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed}	=	32,00 MPa
Koef. strukturní pevnosti :	m	=	0,20
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	18,50 kN/m ³

Třída F4, konzistence tuhá

Objemová tíha :	γ	=	18,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	24,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	14,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed}	=	8,00 MPa
Koef. strukturní pevnosti :	m	=	0,10
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	18,50 kN/m ³

Založení

Typ základu: centrická patka

Hloubka od původního terénu	h_z	=	1,25 m
Hloubka základové spáry	d	=	1,25 m
Tloušťka základu	t	=	1,25 m
Sklon upraveného terénu	s_1	=	0,00 °
Sklon základové spáry	s_2	=	0,00 °

Nadloží

Typ: zadat objemovou tíhu
Objemová tíha zeminy nad základem = 20,00 kN/m³

Geometrie konstrukce

Typ základu: centrická patka

Délka patky	x	=	2,80 m
Šířka patky	y	=	2,00 m
Tvar sloupu		=	obdélník
Šířka sloupu ve směru x	c_x	=	1,60 m
Šířka sloupu ve směru y	c_y	=	0,60 m

Objem patky	=	7,00 m ³
Objem výkopu	=	7,00 m ³
Objem zásyvu	=	0,00 m ³

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00$ kN/m³
Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 20/25

Válcová pevnost v tlaku	f_{ck}	=	20,00 MPa
Pevnost v tahu	f_{ctm}	=	2,20 MPa
Modul pružnosti	E_{cm}	=	30000,00 MPa

Výztuž podélná: B500B

Mez kluzu	f_{yk}	=	500,00 MPa
-----------	----------	---	------------

Výztuž příčná: B500B

Mez kluzu	f_{yk}	=	500,00 MPa
-----------	----------	---	------------

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1,30	0,00 .. 1,30	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$	
2	1,50	1,30 .. 2,80	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$	
3	1,40	2,80 .. 4,20	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$	
4	2,00	4,20 .. 6,20	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$	
5	0,70	6,20 .. 6,90	Třída S2, středně ulehlá	
6	0,40	6,90 .. 7,30	Třída F4, konzistence tuhá	
7	7,70	7,30 .. 15,00	Třída F4, konzistence tuhá	
8	-	15,00 .. ∞	Třída F4, konzistence tuhá	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	577,09	0,00	848,33	193,68	77,16
2	Ano		Zatížení č. 1 - provozní	Užitné	412,21	0,00	605,95	138,34	55,11

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivé	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Zatížení č. 1	Ano	-0,82	-0,13	366,82	399,91	91,73	Ano
Zatížení č. 1	Ne	-0,76	-0,12	354,92	430,92	82,36	Ano

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Spočtená vlastní tíha patky $G = 161,00$ kN

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00$ kN

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 2,82$ m

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 8,07$ m

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 399,91$ kPa

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 366,82$ kPa

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,293 < 0,333$
Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,065 < 0,333$
Max. prostorová excentricita $e_t = 0,301 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 15,58$ kN

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 377,97$ kN

Extrémní horizontální síla $H = 208,48$ kN

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 1

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha patky $G = 161,00$ kN

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00$ kN

Výpočet proveden za vyloučení tahu.

Rozměry patky po vyloučení tažených okrajů:

Délka patky (x) = 1,93 m

Šířka patky (y) = 2,00 m

Sednutí středu hrany x - 1 = 5,4 mm

Sednutí středu hrany x - 2 = 3,7 mm

Sednutí středu hrany y - 1 = 8,3 mm

Sednutí středu hrany y - 2 = -3,7 mm

Sednutí středu základu = 9,0 mm

Sednutí charakterist. bodu = 5,5 mm

(1-hrana max. tlačena; 2-hrana min. tlačena)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 9,97$ MPa

Základ je ve směru délky tuhý ($k=267,74$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=734,68$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,270 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,060 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,276 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 5,5 mm

Hloubka deformační zóny = 2,83 m

Natočení ve směru x = 4,306 (tan*1000); (2,5E-01 °)

Natočení ve směru y = 0,866 (tan*1000); (5,0E-02 °)

Dimenzace čís. 1

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepriznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

$0,60 \text{ m} \leq 0,62 \text{ m}$

Maximální vyložení patky je menší než $0,50 \cdot$ tloušťka patky, výztuž není nutná.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru y

16 ks profil 20,0 mm, krytí 40,0 mm

Šířka průřezu = 2,80 m

Výška průřezu = 1,25 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0,15 \% > 0,13 \% = \rho_{\min}$

Poloha neutrálné osy $x = 0,07 \text{ m} < 0,74 \text{ m} = x_{\max}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 2558,58 \text{ kNm} > 91,94 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení základu na protlačení

Normálová síla v sloupu = 577,09 kN

Maximální únosnost na obvodu sloupu

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 98,93 kN

Síla přenášená smykovou pevností patky = 478,16 kN

Uvažovaný obvod sloupu $u_0 = 4,40 \text{ m}$

Smykové napětí na obvodu sloupu $v_{Ed, \max} = 0,33 \text{ MPa}$

Únosnost na obvodu sloupu $v_{Rd, \max} = 2,94 \text{ MPa}$

Kritický průřez bez smykové výztuže

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 519,39 kN

Síla přenášená smykovou pevností patky = 57,70 kN

Vzdálenost průřezu od sloupu = 0,60 m

Délka průřezu $u = 5,60 \text{ m}$

Smykové napětí na průřezu $v_{Ed} = 0,09 \text{ MPa}$

Únosnost nevyztuženého průřezu $v_{Rd, c} = 1,05 \text{ MPa}$

$v_{Ed} < v_{Rd, c} \Rightarrow$ Výztuž není nutná

Základ na protlačení VYHOVUJE

7.2 Základová patka B2

Posouzení plošného základu

Vstupní data

Datum : 10.12.2023

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
Smyk kruhových pilot : zjednodušená metoda

Sedání

Metoda výpočtu : ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)
Omezení deformační zóny : pomocí strukturální pevnosti

Patky

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
Výpočet pro odvodněné podmínky : EC 7-1 (EN 1997-1:2003)
Posouzení tažené patky : standardní postup
Dovolená excentricita : 0,333
Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce svislé únosnosti :		$\gamma_{Rvs} =$	1,40 [-]
Součinitel redukce vodorovné únosnosti :		$\gamma_{Rhs} =$	1,10 [-]

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$		26,50	16,00	18,00	8,00	
2	Třída S2, středně ulehlá		33,50	0,00	18,50	8,50	
3	Třída F4, konzistence tuhá		24,50	14,00	18,50	8,50	

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Parametry zemín

Třída F3, konzistence pevná, $S_r > 0,8$

Objemová tíha : $\gamma = 18,00$ kN/m³
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 26,50$ °
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 16,00$ kPa
Edometrický modul : $E_{oed} = 16,00$ MPa
Kof. strukturální pevnosti : $m = 0,20$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 18,00$ kN/m³

Třída S2, středně ulehlá

Objemová tíha :	γ	=	18,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	33,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	0,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed}	=	32,00 MPa
Koef. strukturní pevnosti :	m	=	0,20
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	18,50 kN/m ³

Třída F4, konzistence tuhá

Objemová tíha :	γ	=	18,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	24,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	14,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed}	=	8,00 MPa
Koef. strukturní pevnosti :	m	=	0,10
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	18,50 kN/m ³

Založení

Typ základu: centrická patka

Hloubka od původního terénu	h_z	=	0,85 m
Hloubka základové spáry	d	=	0,85 m
Tloušťka základu	t	=	0,85 m
Sklon upraveného terénu	s_1	=	0,00 °
Sklon základové spáry	s_2	=	0,00 °

Nadloží

Typ: zadat objemovou tíhu
Objemová tíha zeminy nad základem = 20,00 kN/m³

Geometrie konstrukce

Typ základu: centrická patka

Délka patky	x	=	2,00 m
Šířka patky	y	=	2,00 m
Tvar sloupu		=	obdélník
Šířka sloupu ve směru x	c_x	=	0,64 m
Šířka sloupu ve směru y	c_y	=	0,40 m
Objem patky		=	3,40 m ³
Objem výkopu		=	3,40 m ³
Objem zásypu		=	0,00 m ³

Materiál konstrukce

Objemová tíha γ = 25,00 kN/m³
Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 25/30

Válcová pevnost v tlaku	f_{ck}	=	25,00 MPa
Pevnost v tahu	f_{ctm}	=	2,60 MPa
Modul pružnosti	E_{cm}	=	31000,00 MPa

Výztuž podélná: B500B

Mez kluzu	f_{yk}	=	500,00 MPa
-----------	----------	---	------------

Výztuž příčná: B500B

Mez kluzu	f_{yk}	=	500,00 MPa
-----------	----------	---	------------

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1,30	0,00 .. 1,30	Třída F3, konzistence pevná, Sr > 0,8	
2	1,50	1,30 .. 2,80	Třída F3, konzistence pevná, Sr > 0,8	
3	1,40	2,80 .. 4,20	Třída F3, konzistence pevná, Sr > 0,8	
4	2,00	4,20 .. 6,20	Třída F3, konzistence pevná, Sr > 0,8	
5	0,70	6,20 .. 6,90	Třída S2, středně ulehlá	
6	0,40	6,90 .. 7,30	Třída F4, konzistence tuhá	
7	7,70	7,30 .. 15,00	Třída F4, konzistence tuhá	
8	-	15,00 .. ∞	Třída F4, konzistence tuhá	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	1160,30	0,00	0,00	60,64	77,16
2	Ano		Zatížení č. 1 - provozní	Užitné	828,79	0,00	0,00	43,31	55,11

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 12,80 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e _x [m]	e _y [m]	σ [kPa]	R _d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Zatížení č. 1	Ano	0,04	-0,05	342,82	602,71	56,88	Ano
Zatížení č. 1	Ne	0,04	-0,05	350,21	604,60	57,92	Ano

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Spočtená vlastní tíha patky G = 114,75 kN

Spočtená tíha nadloží Z = 0,00 kN

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy z_{sp} = 2,82 m

Dosah smykové plochy l_{sp} = 8,07 m

Výpočtová únosnost zákl. půdy R_d = 604,60 kPa

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 350,21$ kPa

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,021 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,026 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,033 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Zemní odpor: není uvažován

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 617,28$ kN

Extrémní horizontální síla $H = 98,14$ kN

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 1

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha patky $G = 85,00$ kN

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00$ kN

Sednutí středu hrany x - 1 = 11,0 mm

Sednutí středu hrany x - 2 = 9,3 mm

Sednutí středu hrany y - 1 = 10,8 mm

Sednutí středu hrany y - 2 = 9,4 mm

Sednutí středu základu = 17,5 mm

Sednutí charakterist. bodu = 11,8 mm

(1-hrana max. tlačena; 2-hrana min. tlačena)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 9,97$ MPa

Základ je ve směru délky tuhý ($k=238,71$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=238,71$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,020 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,026 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,033 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 11,8 mm

Hloubka deformační zóny = 3,95 m

Natočení ve směru x = 0,694 (\tan^*1000); ($4,0E-02$ °)

Natočení ve směru y = 0,883 (\tan^*1000); ($5,1E-02$ °)

Dimenzace čís. 1

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

8 ks profil 20,0 mm, krytí 40,0 mm

Šířka průřezu = 2,00 m
Výška průřezu = 0,85 m
Stupeň vyztužení $\rho = 0,16 \% > 0,14 \% = \rho_{\min}$
Poloha neutrálné osy $x = 0,04 \text{ m} < 0,49 \text{ m} = x_{\max}$
Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 856,27 \text{ kNm} > 147,01 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru y

8 ks profil 20,0 mm, krytí 40,0 mm
Šířka průřezu = 2,00 m
Výška průřezu = 0,85 m
Stupeň vyztužení $\rho = 0,16 \% > 0,14 \% = \rho_{\min}$
Poloha neutrálné osy $x = 0,04 \text{ m} < 0,49 \text{ m} = x_{\max}$
Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 856,27 \text{ kNm} > 207,16 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení základu na protlačení

Normálová síla v sloupu = 1160,30 kN

Maximální únosnost na obvodu sloupu

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 74,26 kN
Síla přenášená smykovou pevností patky = 1086,04 kN
Uvažovaný obvod sloupu $u_0 = 2,08 \text{ m}$
Smykové napětí na obvodu sloupu $v_{Ed,max} = 0,65 \text{ MPa}$
Únosnost na obvodu sloupu $v_{Rd,max} = 3,60 \text{ MPa}$

Kritický průřez bez smykové výztuže

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 461,35 kN
Síla přenášená smykovou pevností patky = 698,95 kN
Vzdálenost průřezu od sloupu = 0,40 m
Délka průřezu $u = 4,59 \text{ m}$
Smykové napětí na průřezu $v_{Ed} = 0,19 \text{ MPa}$
Únosnost nevyztuženého průřezu $v_{Rd,c} = 1,29 \text{ MPa}$
 $v_{Ed} < v_{Rd,c} \Rightarrow$ Výztuž není nutná

Základ na protlačení VYHOVUJE

8 Závěr

Byly navrženy rozměry patek s ohledem na únosnost a rozdílné sedání. Vzájemné sedání patek vyhovuje mezním deformacím pro úhlové přetvoření mezi patkami konstrukcí s jeřábovými drahami. Návrh patky B2 byl navržen na menší využití z důvodu eliminace tahového napětí. Bylo nutné navrhnout dostatečně hmotnou patku, aby se zamezilo tahovému napětí v patě sloupu. Viz statický výpočet detailu D5 v hlavním statickém výpočtu.

Výsledné rozměry patek: 2,8 x 2,0 x 1,25 m pro patku A2

2,0 x 2,0 x 0,85 m pro patku B2

Konstrukce jsou obecně navrženy v souladu se souborem platných norem v České republice.

Z hlediska provádění konstrukcí a jejich tolerancí je pak vycházeno z norem evropských.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

ŠESTILODNÍ SKLADOVACÍ HALA S MOSTOVÝMI JEŘÁBY

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

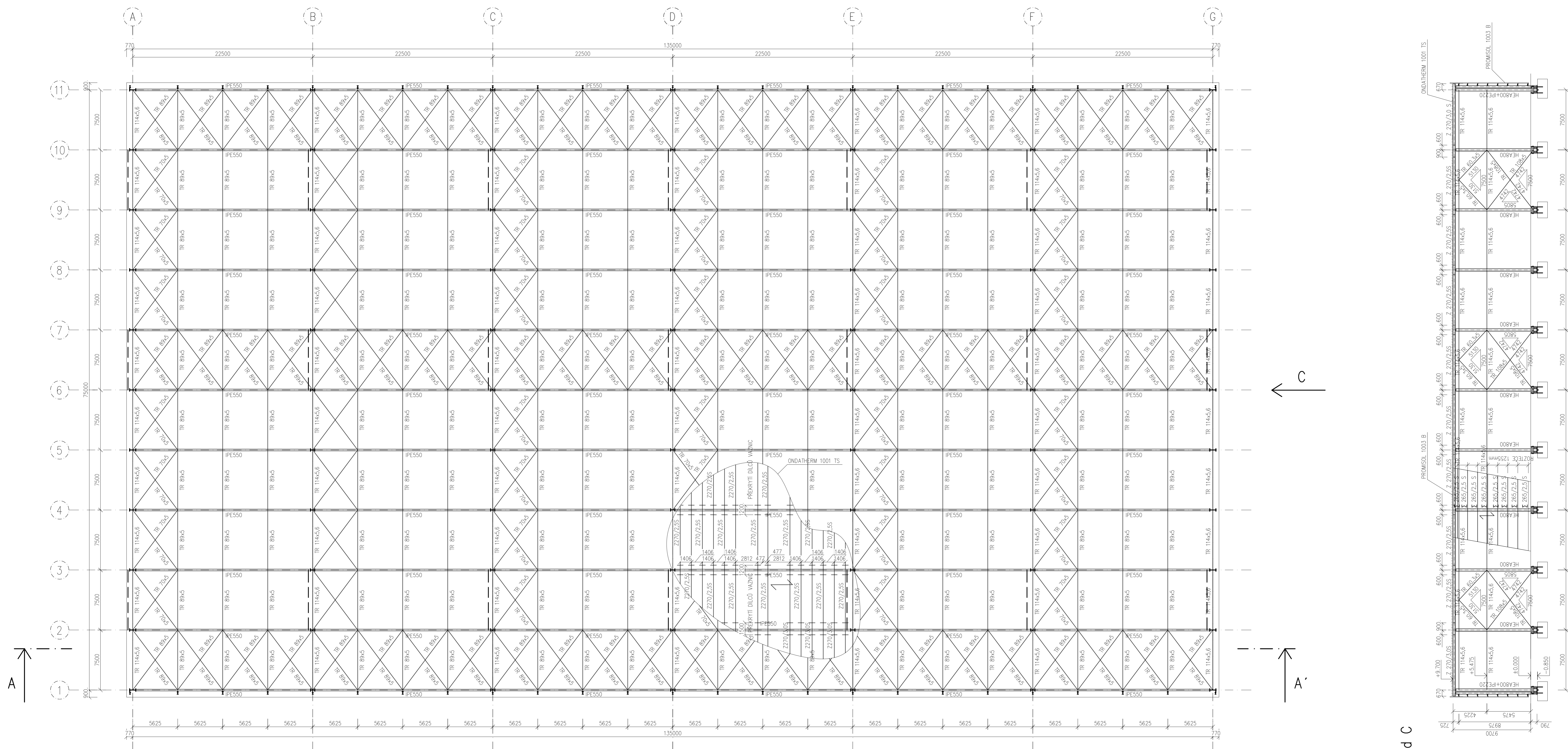
2024

Autor práce:	Bc. Michal Peukert
Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce:	prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

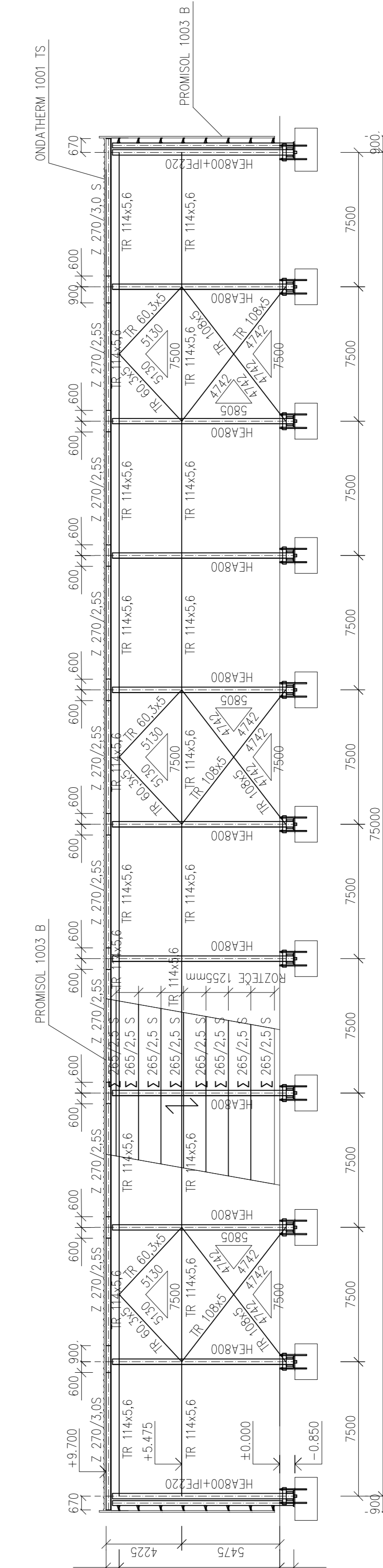
Obsah

Č.v.1.	Dispoziční výkresy	M1:200	A0
Č.v.2.	Detail D1 – Vnitřní rámový roh	M1:10	A1
Č.v.3.	Detail D2 – Krajní rámový roh	M1:10	A1
Č.v.4.	Detail D3 – Vrcholový přípoj příčle	M1:10	A1
	Detail D4 – Přípoj štítového sloupu a ztužidla	M1:10	
Č.v.5.	Detail D5 – Kloubová patka vnitřního sloupu s přípojem ztužidla	M1:10	A1
	Detail D6 – Kloubová patka vnitřního sloupu	M1:10	
	Detail D7 – Kotvení štítového sloupu	M1:10	
	Detail D8 – Přípoj jeřábové konzoly ke sloupu	M1:10	
Č.v.6.	Detail D9 – Vetknutá patka krajního sloupu s přípojem ztužidla	M1:10	A1
	Detail D10 – Vetknutá patka krajního sloupu	M1:10	

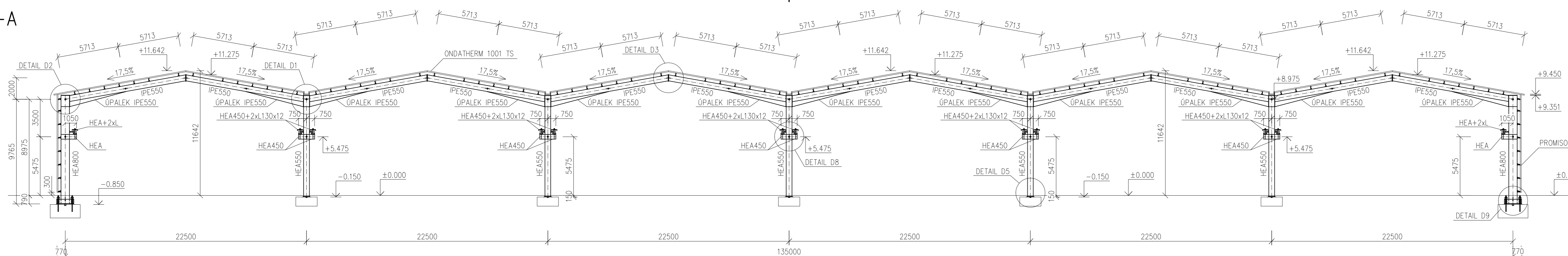
Půdorys střešní konstrukce



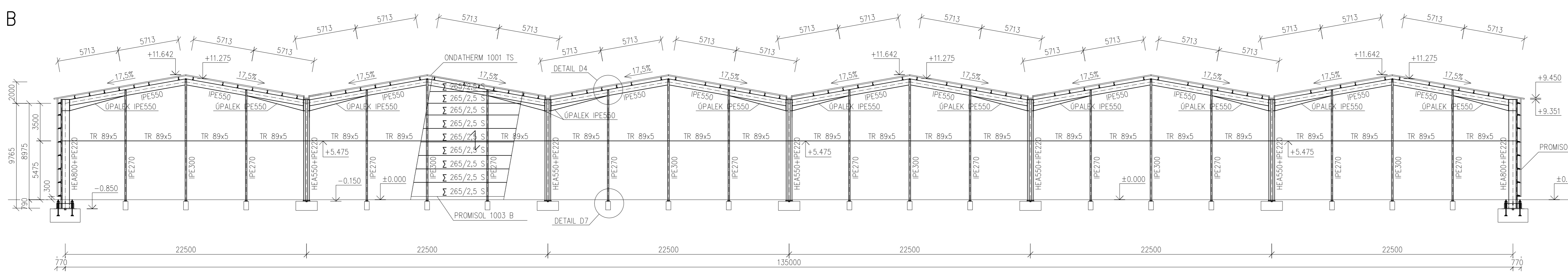
Pohled C



Řez A-A



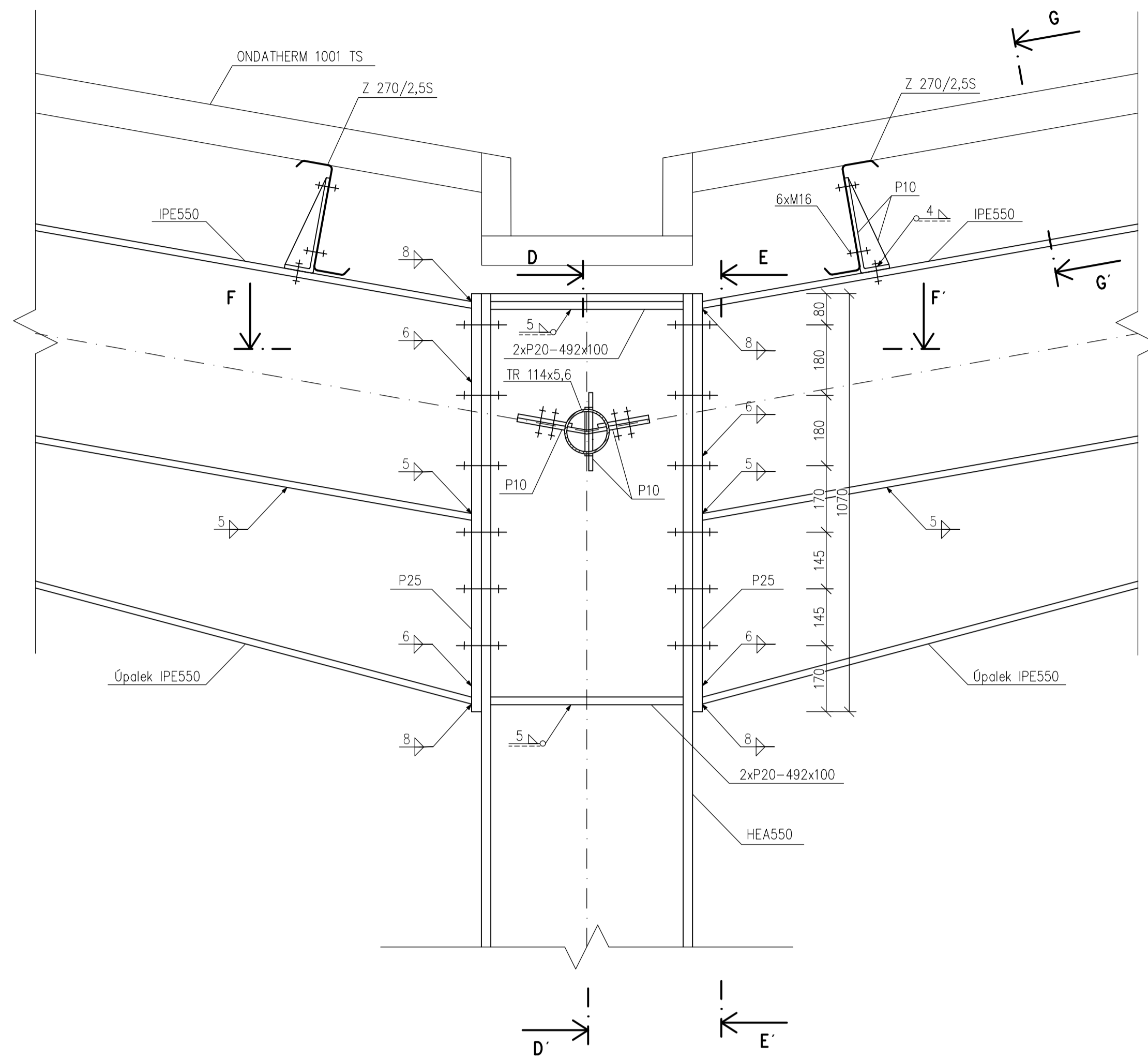
Pohled B



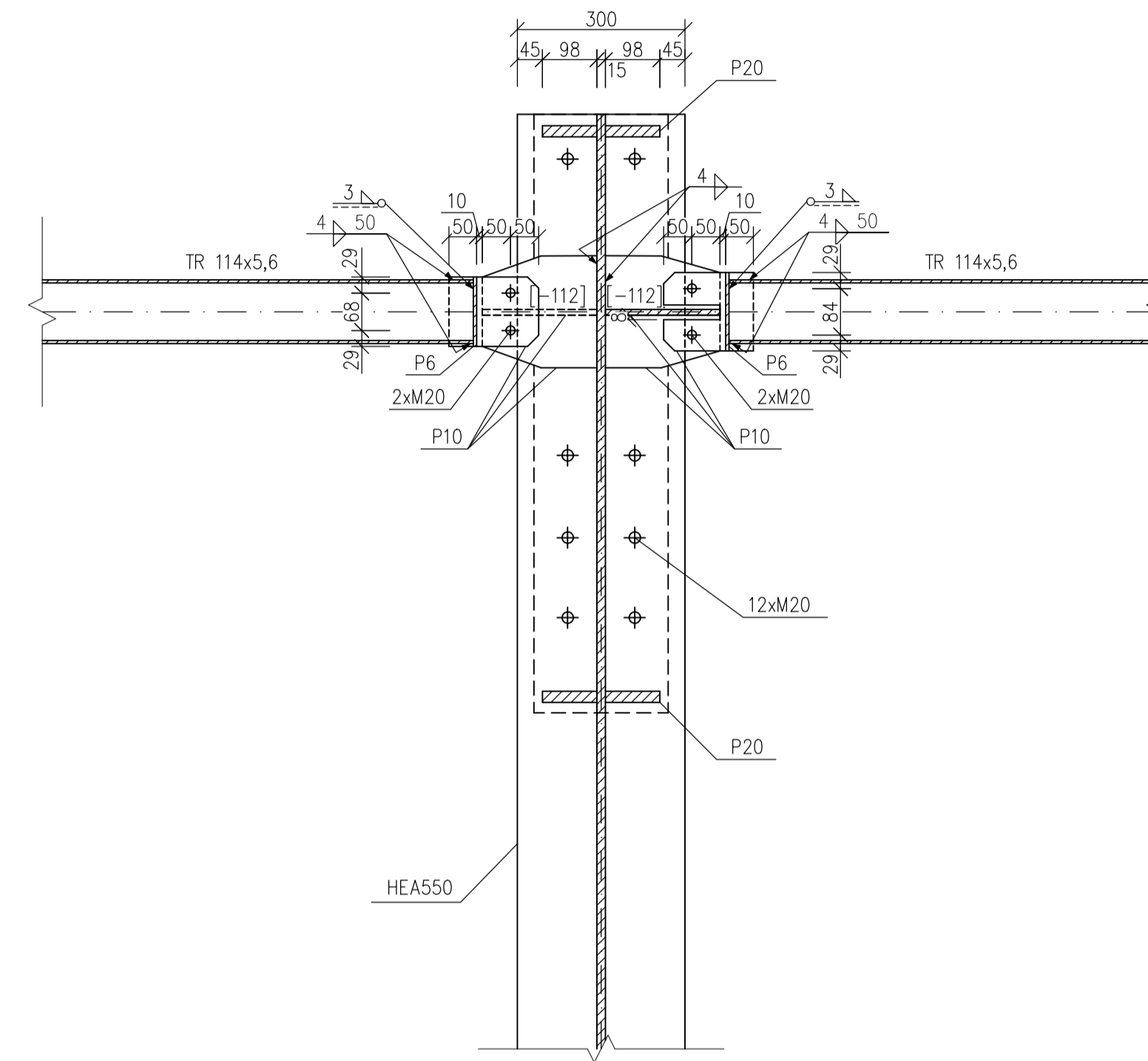
OCEL S355J0 – NOSNÁ KONSTRUKCE
 OCEL S355GD – TENKOSTĚNNÉ VAZNICE A PÁŽDÍKY
 BETON C25/30 – ŽALUZOVNÉ KONSTRUKCE
 BETON C16/20 – FODKOVÝ BETON
 TŘÍDA PŘEVODNÍ ŽEBŘOVÉ DRÁHY – EXC3
 TŘÍDA PŘEVODNÍ OSTATNÍCH KONSTRUKCÍ – EXC2

Zakázka:	Vedoucí práce:	Fakulta stavební
BC Michal Peukert	prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	ČVUT
Projekt:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí	12/2023
134DPM - Diplomová práce		1:200
Šestlodiňní skladištní hala s mostovými jeřáby		Číslo výkresu: 1
Název výkresu: Dispoziční výkres		

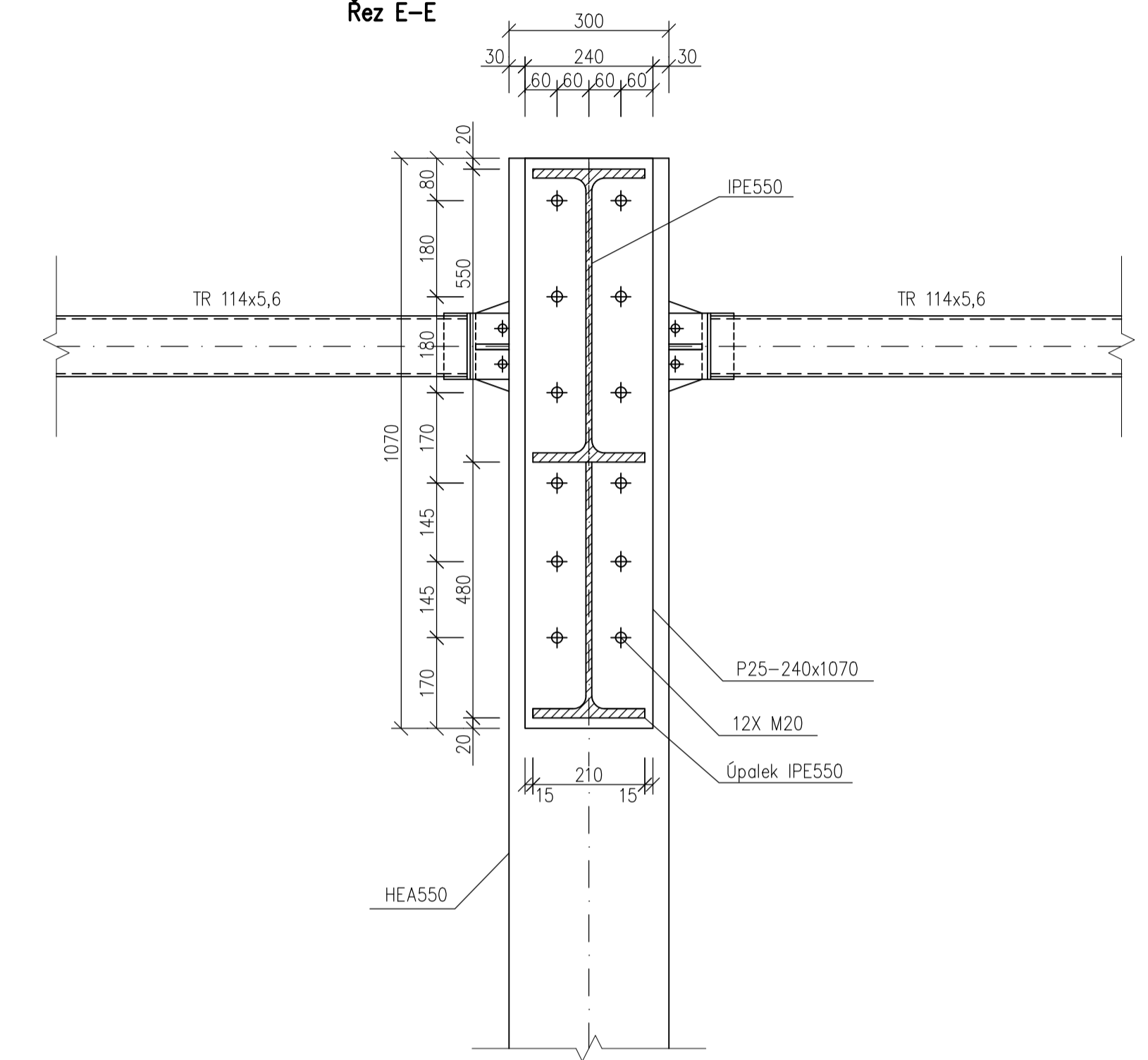
Detail D1 – Vnitřní rámový roh



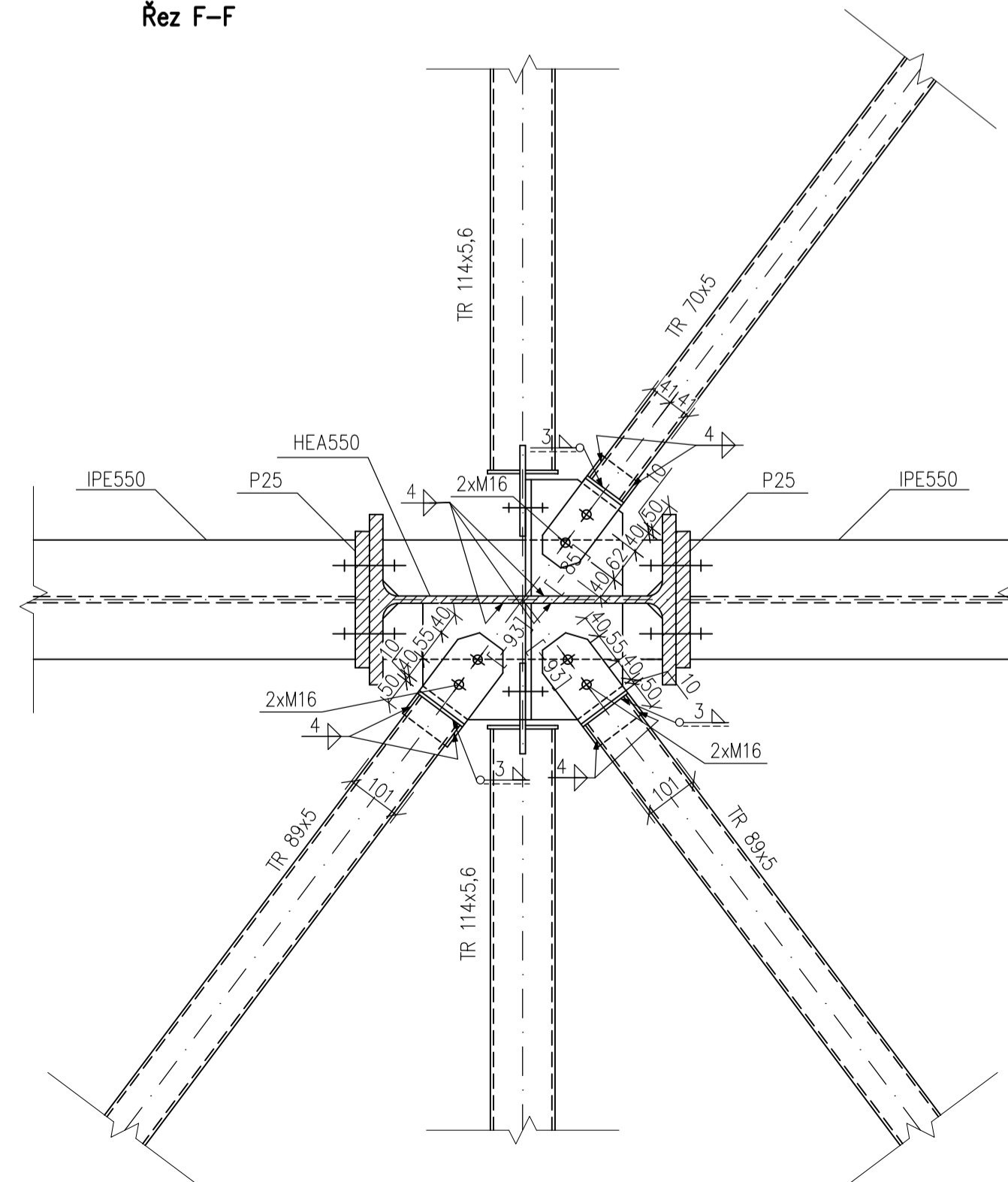
Řez D-D



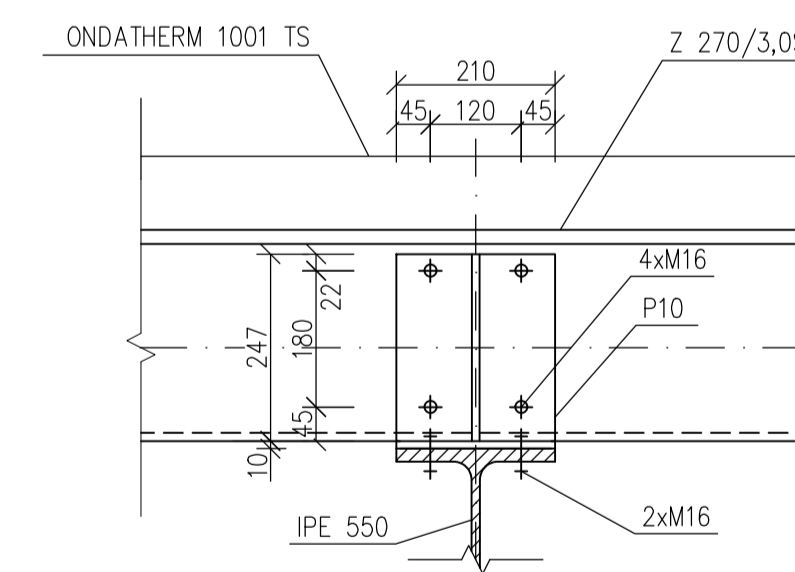
Řez E-E



Řez F-F



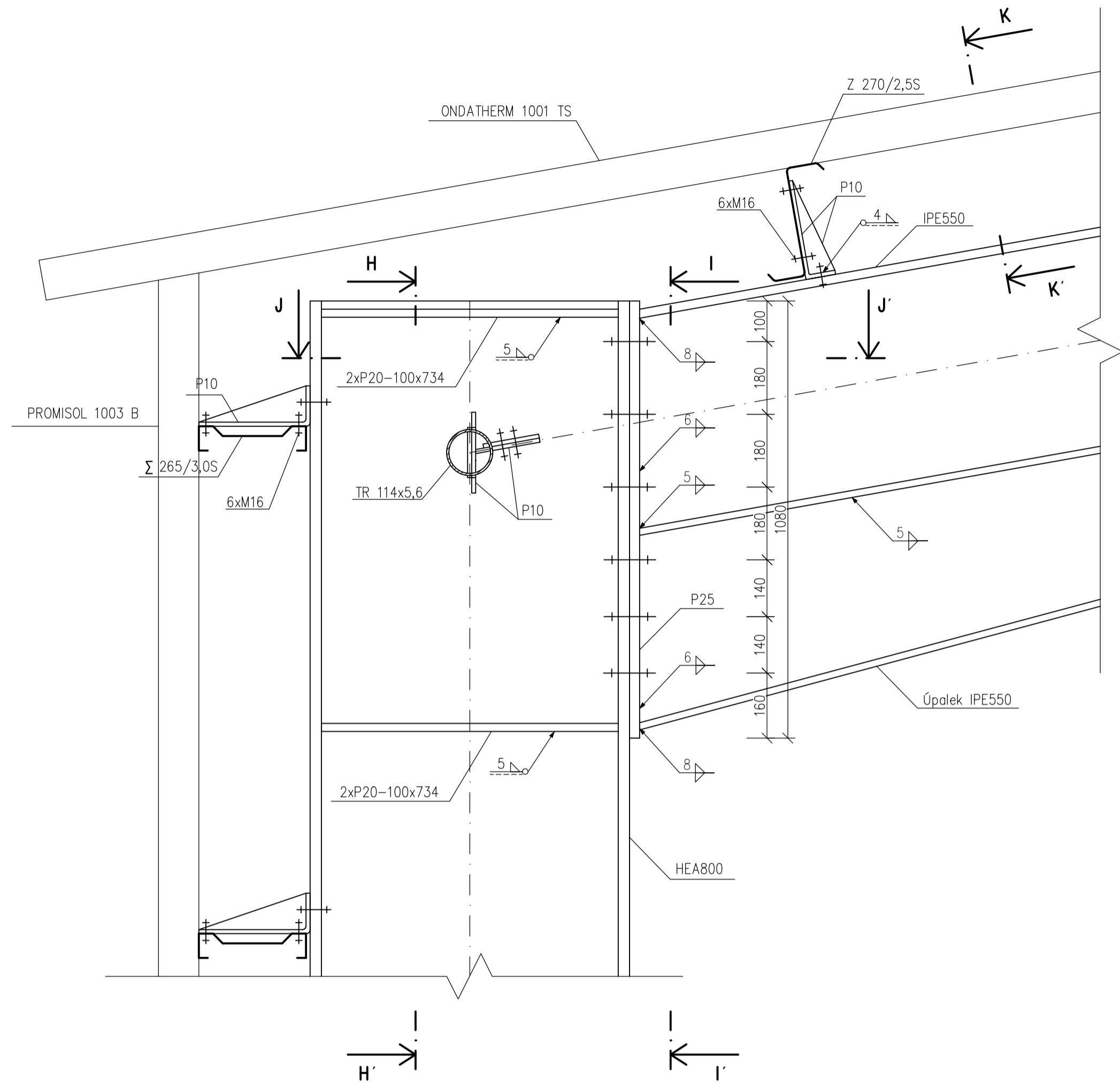
Řez G-G



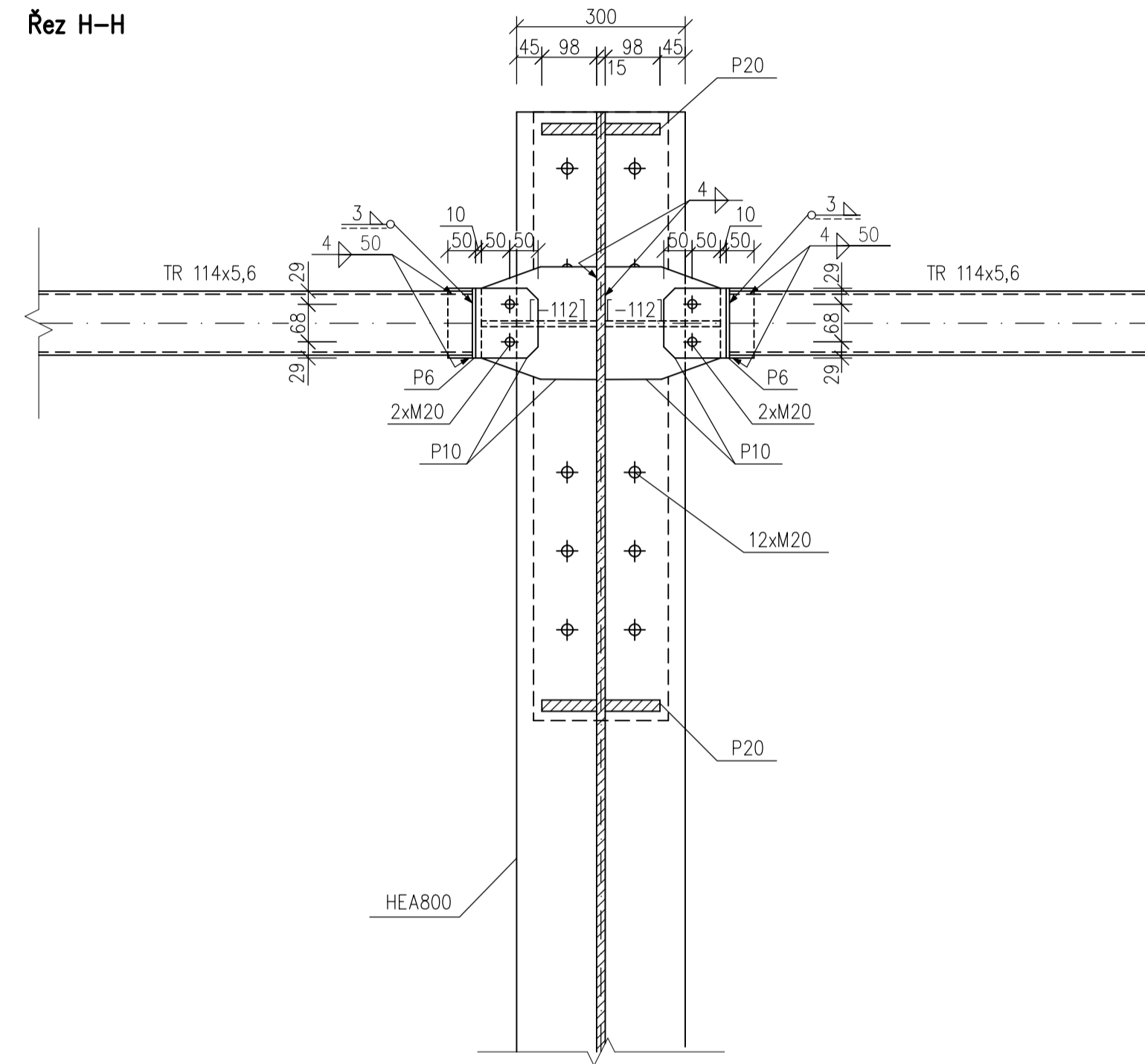
OCEL S355J0 – NOSNÁ KONSTRUKCE
 OCEL 235JR – ZTUŽIDLA A PŘIPOJOVACÍ PLECHY
 OCEL S350GD – TENKOSTĚNNÉ VAZNIČKY A PAŽDÍKY
 ŠROUBY 8.8.
 BETON C25/30 – ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE
 BETON C16/20 – PODKLADNÍ BETON
 TŘÍDA PŘEVĚZENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY – EXC3
 TŘÍDA PŘEVĚZENÍ OSTATNÍCH KONSTRUKCÍ – EXC2

Zpracoval:	Bc. Michal Peukert	Vedoucí práce:	prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Fakulta stavební
Předmět:	134DPM - Diplomová práce			ČVUT
Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí	Datum:	12/2023	
Projekt:	Šestilodní skladovací hala s mostovými jeřáby	Měřítko:	1:10	
Název výkresu:	Detail D1 - Vnitřní rámový roh	Číslo výkresu:	2	

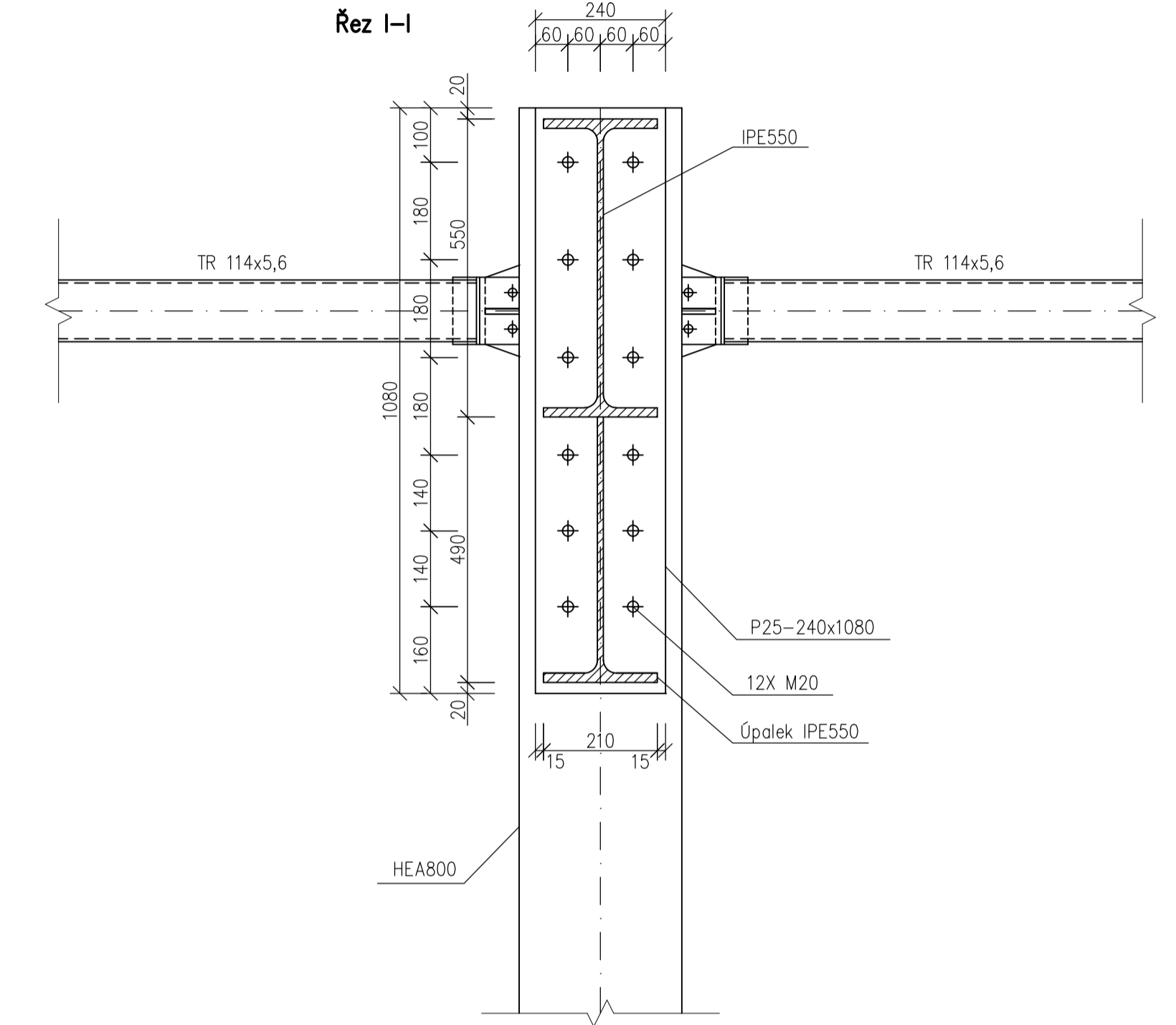
Detail D2 – Krajní rámový roh



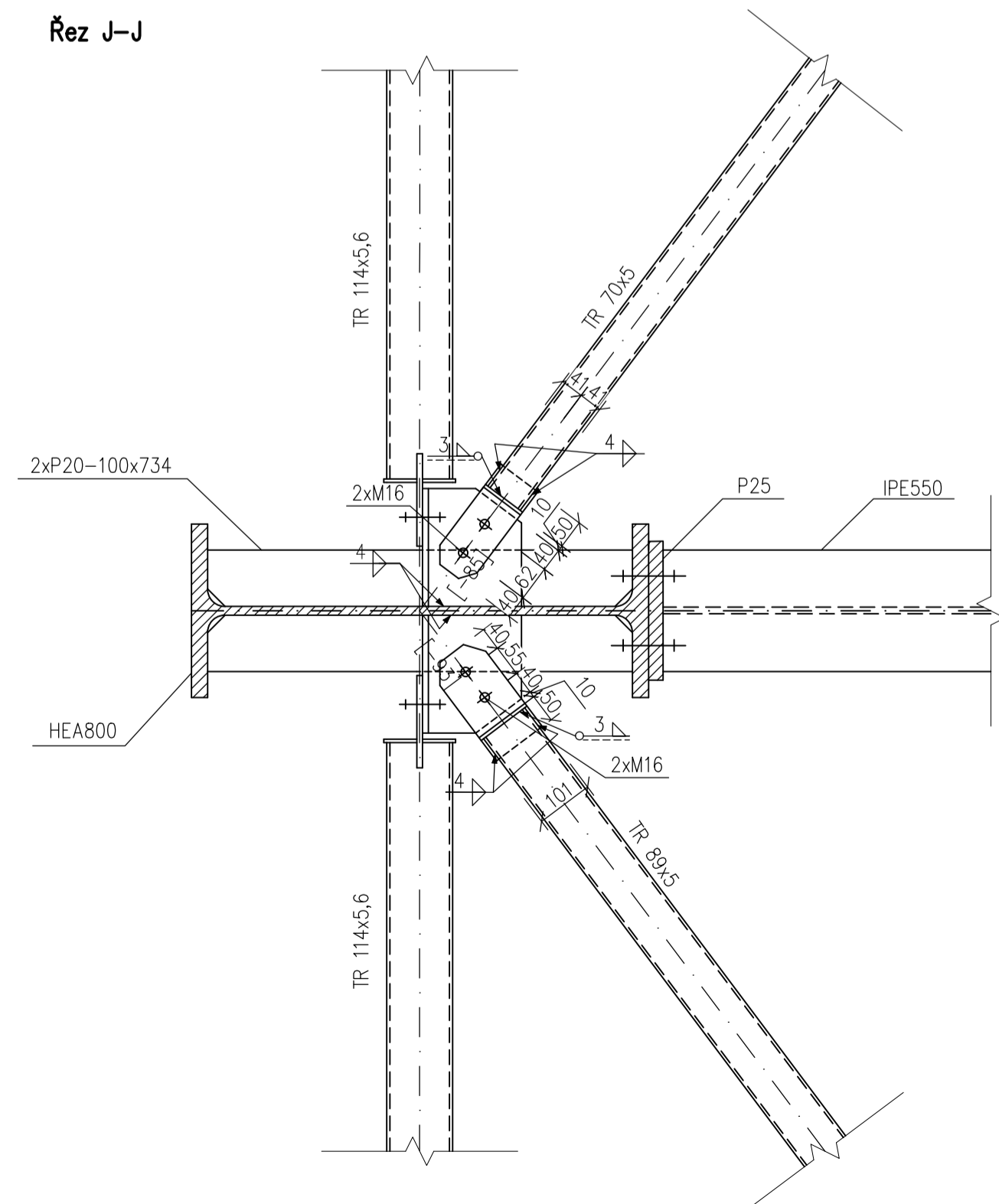
Řez H-H



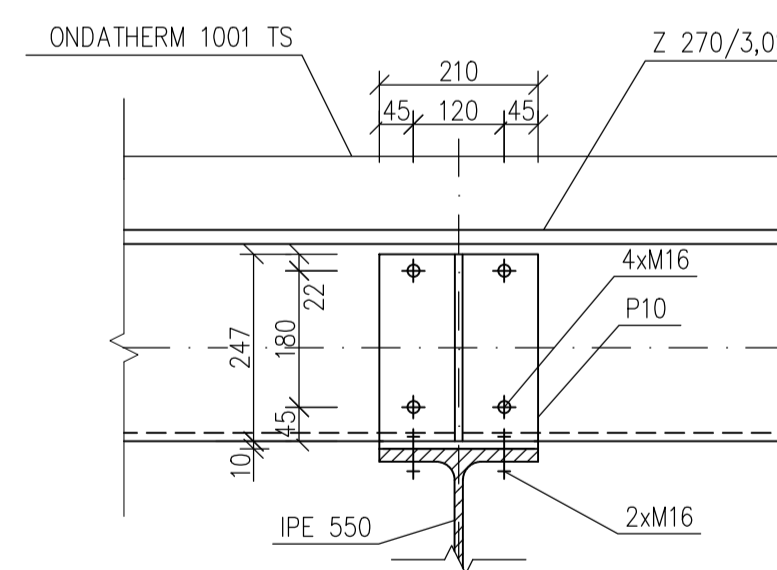
Řez I-I



Řez J-J



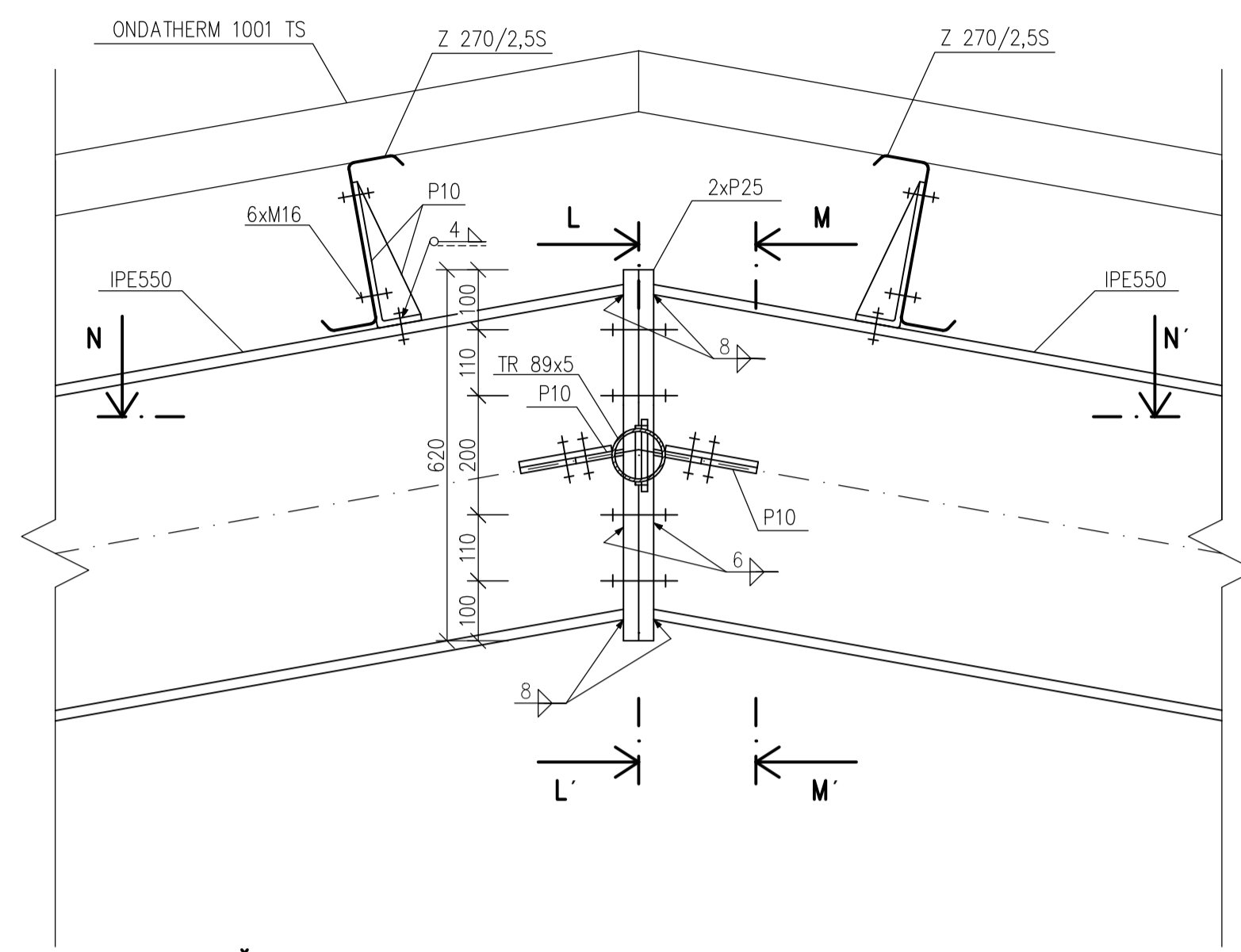
Řez K-K



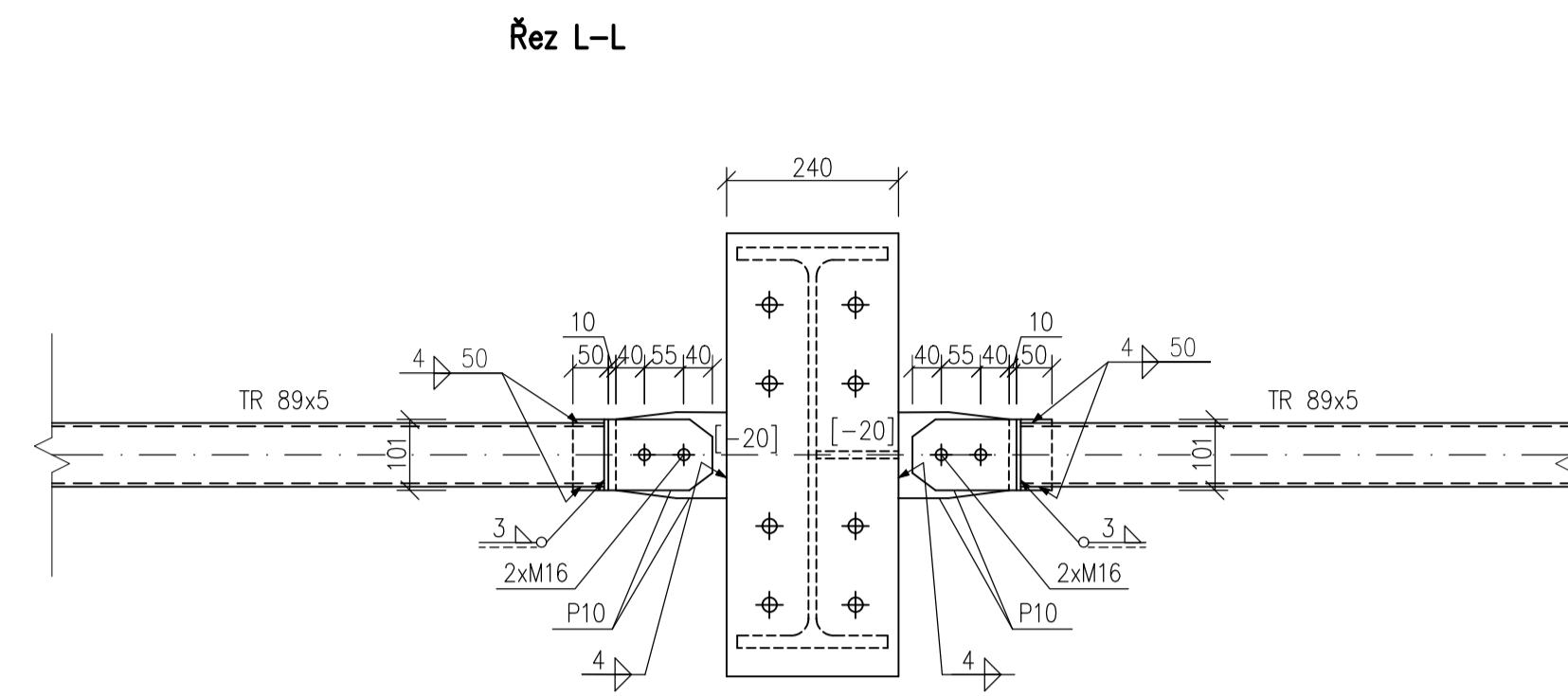
OCEL S355J0 – NOSNÁ KONSTRUKCE
 OCEL 235JR – ZTUŽIDLA A PŘIPOJOVACÍ PLECHY
 OCEL S350GD – TENKOSTĚNNÉ VAZNIČKY A PAŽDIČKY
 ŠROUBY 8.8.
 BETON C25/30 – ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE
 BETON C16/20 – PODKLADNÍ BETON
 TŘÍDA PROVEDENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY – EXC3
 TŘÍDA PROVEDENÍ OSTATNÍCH KONSTRUKCÍ – EXC2

Zpracoval:	Bc. Michal Peukert	Vedoucí práce:	prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Fakulta stavební
Předmět:	134DPM - Diplomová práce			ČVUT
Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí	Datum:	12/2023	
Projekt:	Šestilodní skladovací hala s mostovými jeřáby	Měřítko:	1:10	
Název výkresu:	Detail D2 - Krajní rámový roh	Číslo výkresu:	3	

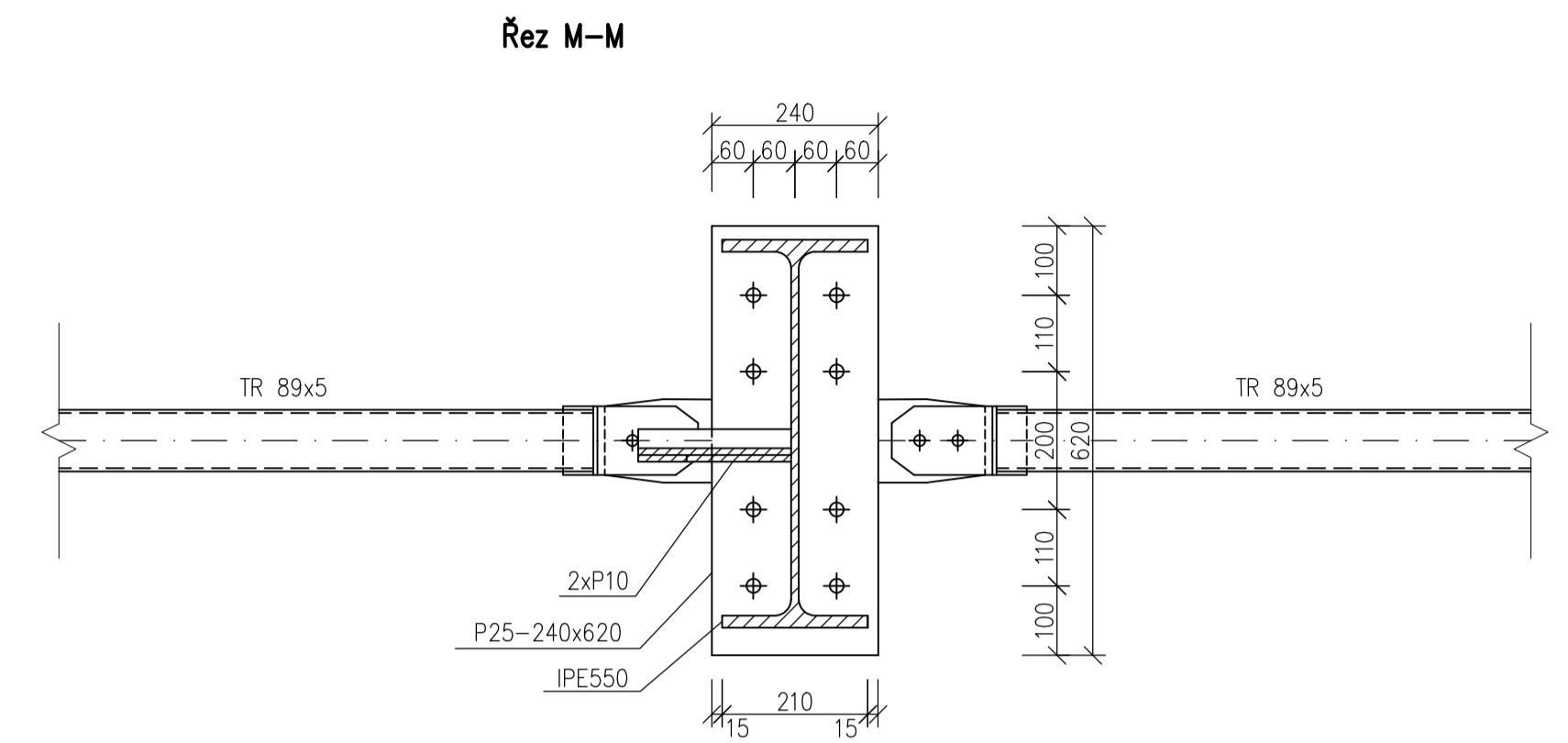
Detail D3 – Vrcholový přípoj příčle



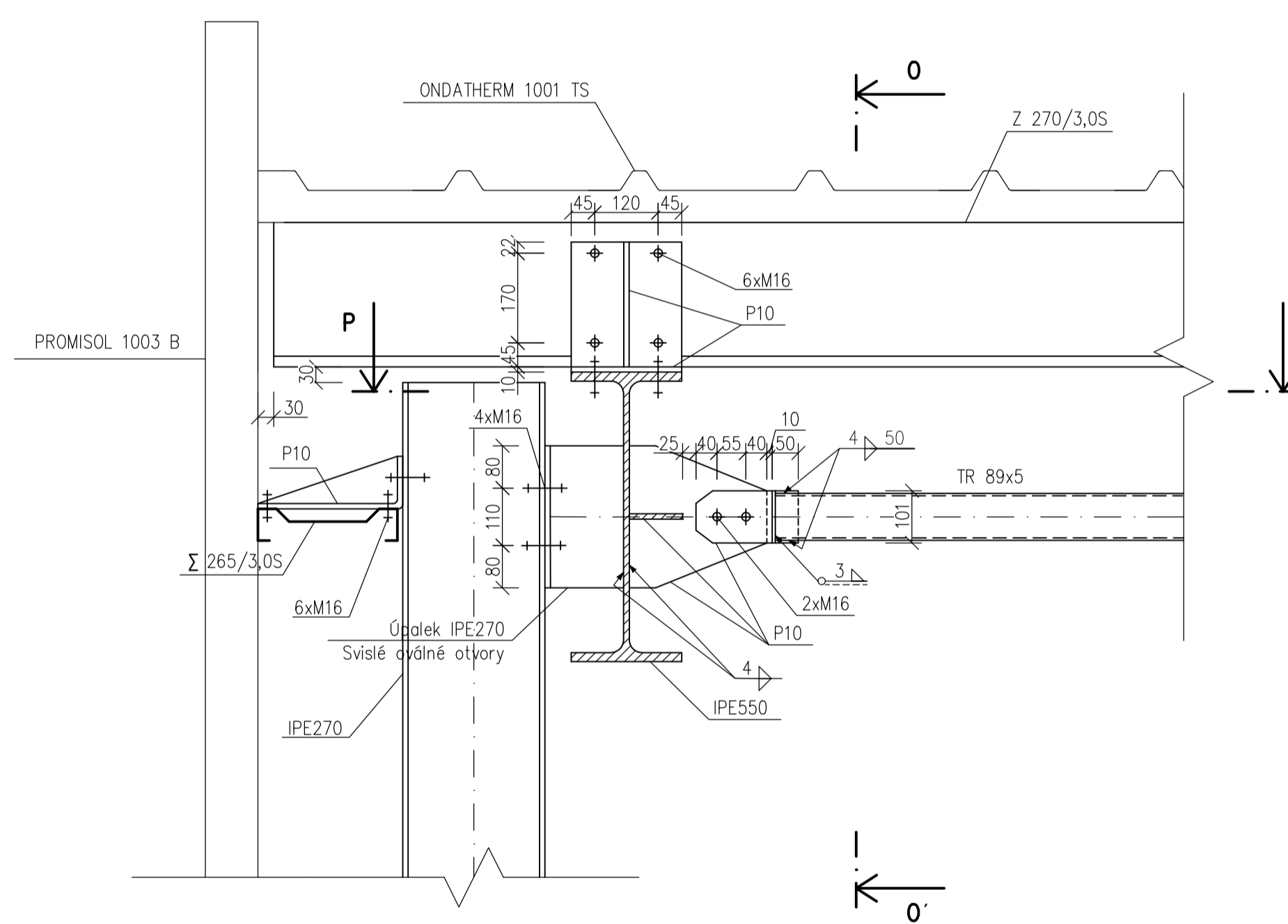
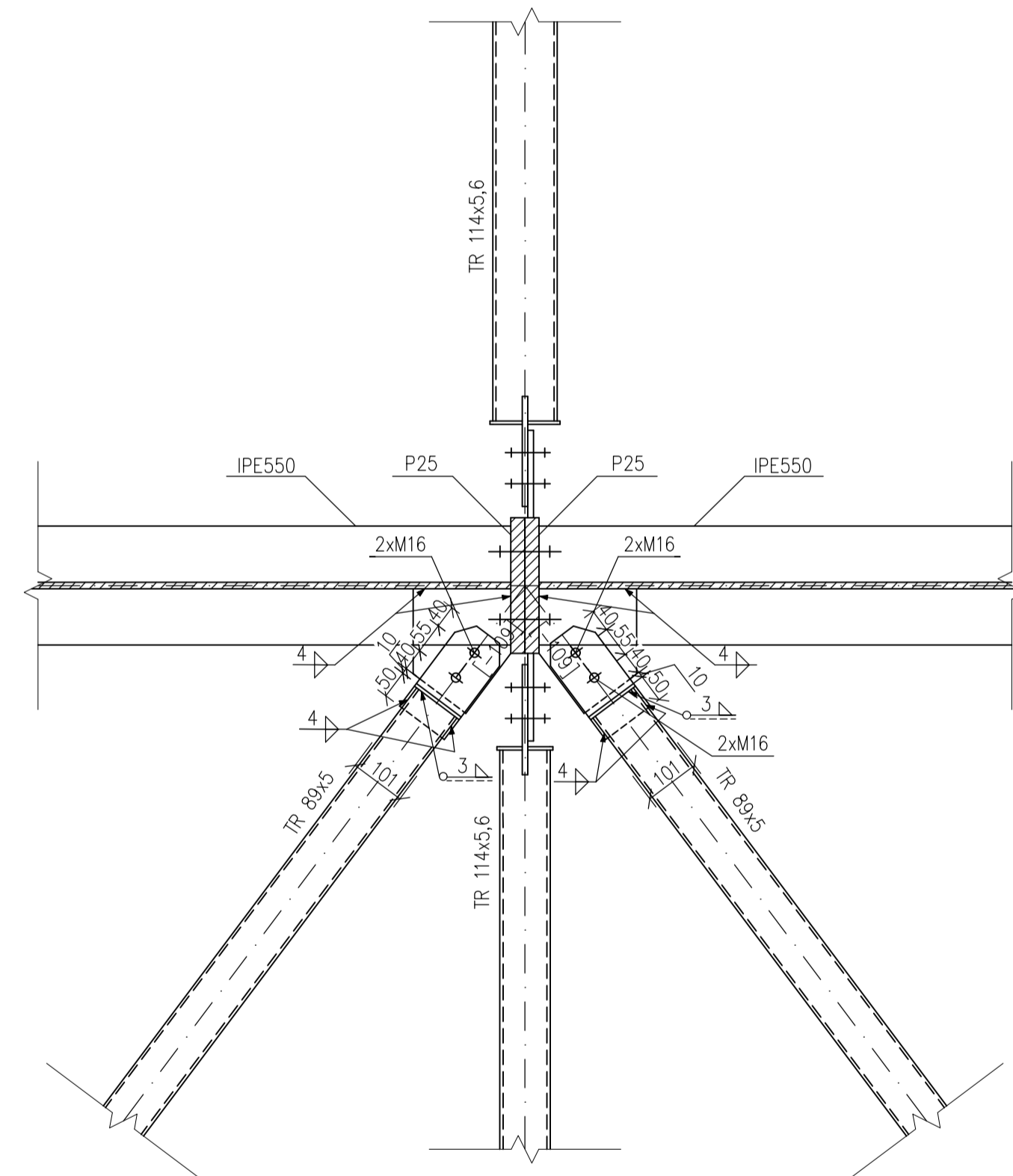
Řez N-N



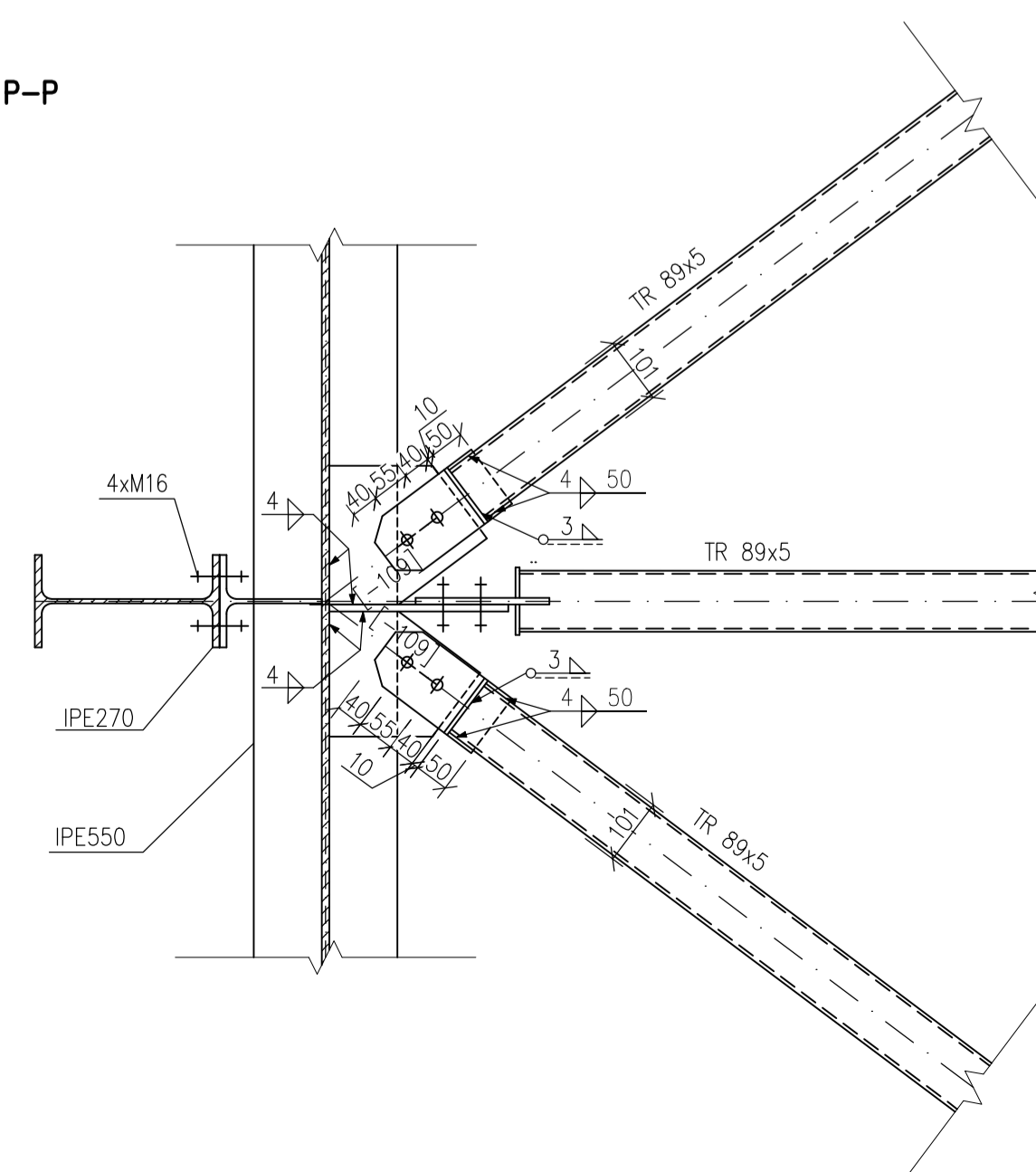
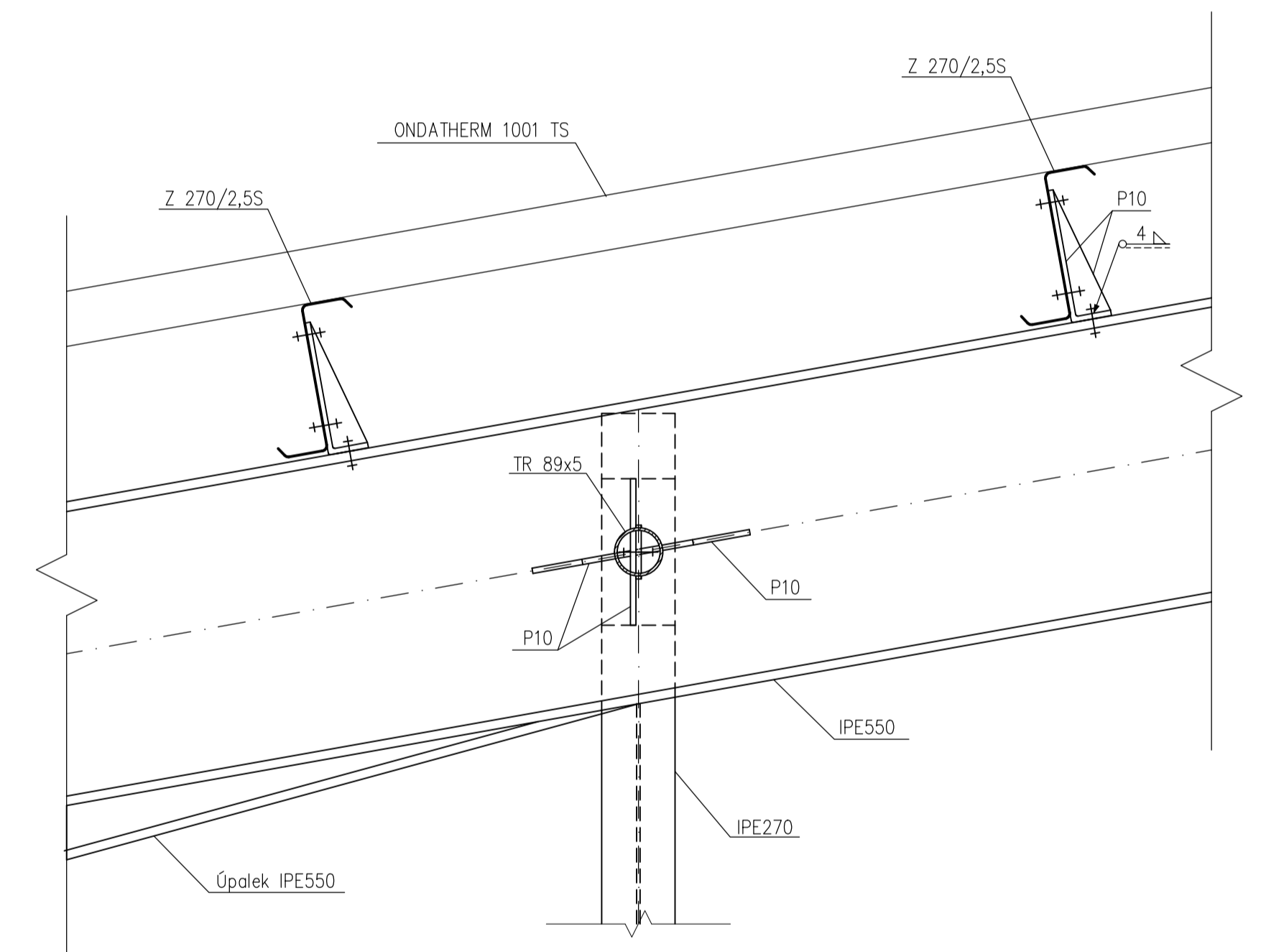
Detail D4 – Přípoj štítového sloupu a ztužidla



Řez 0-0



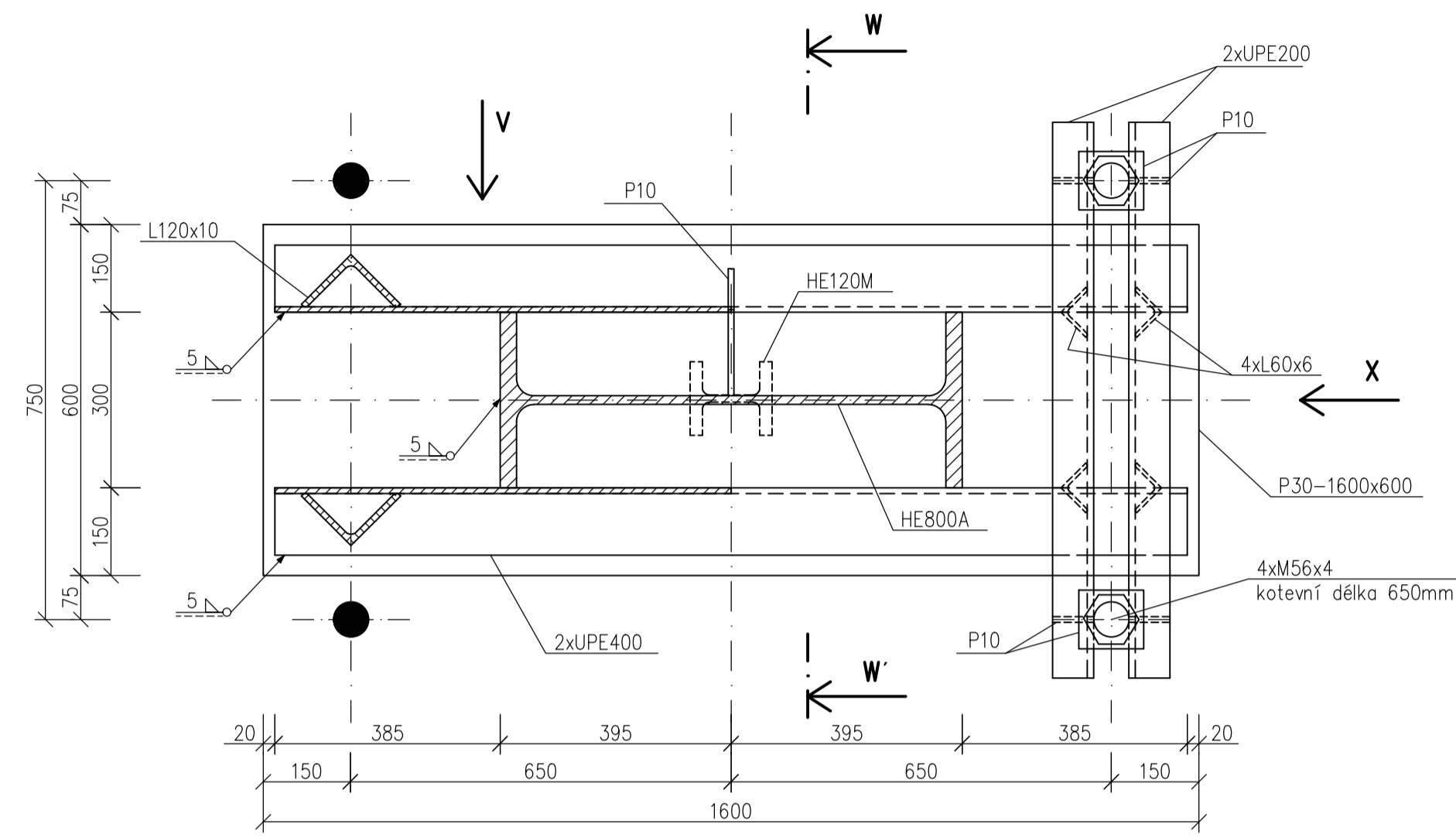
Řez P-P



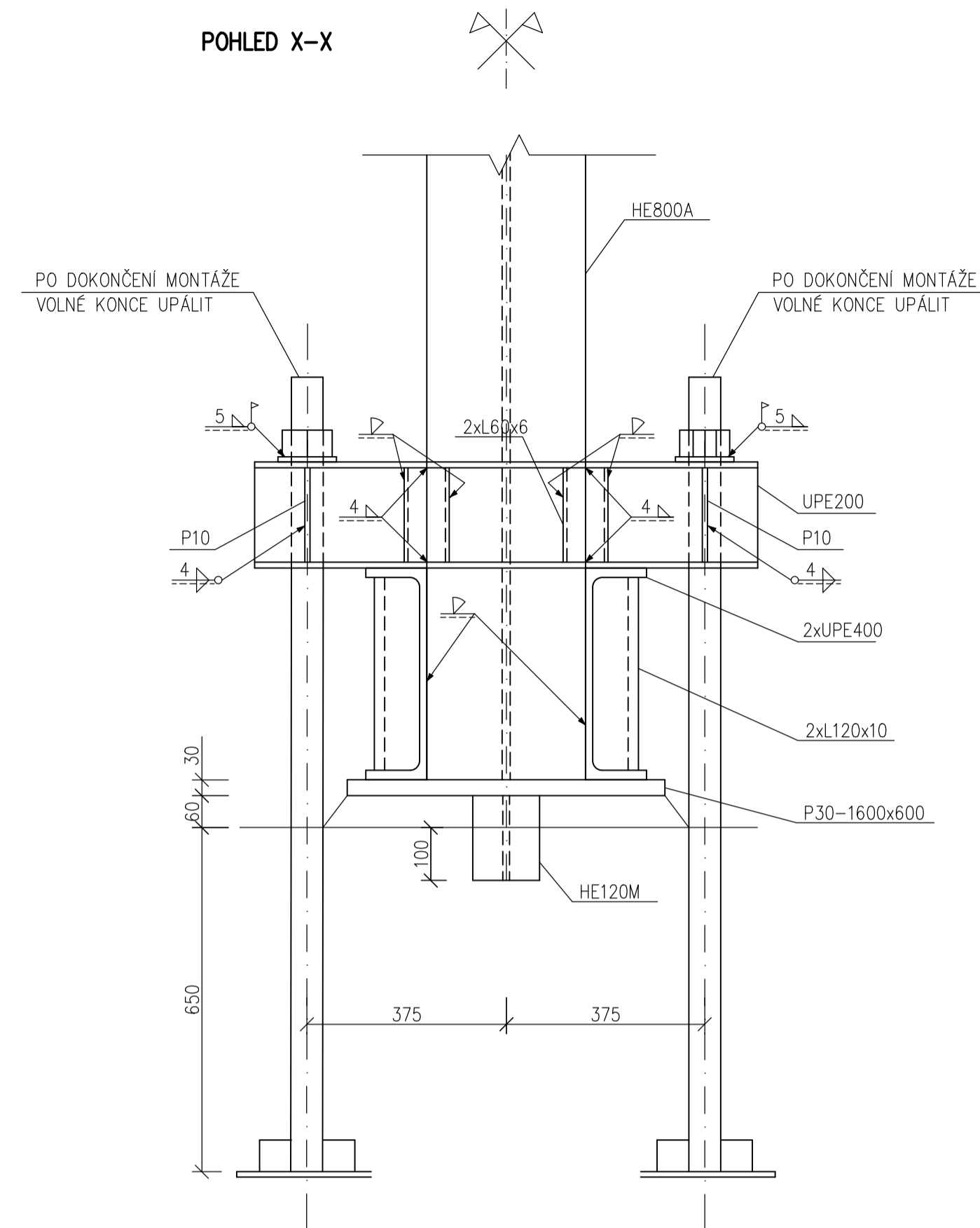
OCEL S355J0 – NOSNÁ KONSTRUKCE
 OCEL 235JR – ZTUŽIDLA A PŘIPOJOVACÍ PLECHY
 OCEL S350GD – TENKOSTĚNNÉ VAZNIČKY A PAŽDÍKY
 ŠROUBY 8.8.
 BETON C25/30 – ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE
 BETON C16/20 – PODKLADNÍ BETON
 TŘÍDA PROVEDENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY – EXC3
 TŘÍDA PROVEDENÍ OSTATNÍCH KONSTRUKCÍ – EXC2

Zpracoval:	Bc. Michal Peukert	Vedoucí práce:	prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Fakulta stavební
Předmět:	134DPM - Diplomová práce			ČVUT
Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí	Datum:	12/2023	
Projekt:	Sestilodní skladovací hala s mostovými jeřáby	Měřítko:	1:10	
Název výkresu:	Detail D3 - Vrcholový přípoj příčle	Číslo výkresu:	4	
	Detail D4 - Přípoj štítového sloupu a ztužidla			

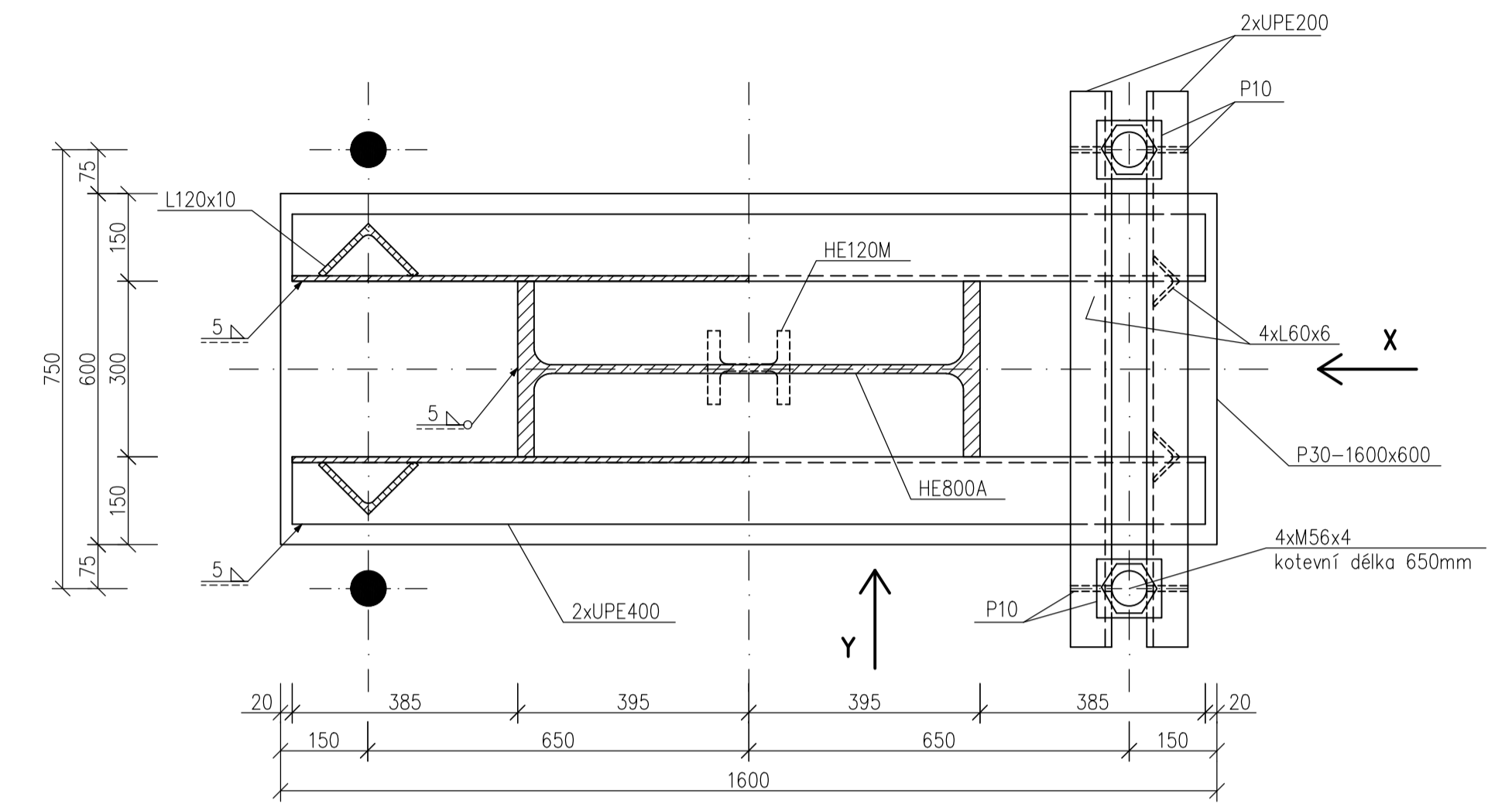
Detail D9 – Vetknutá patka krajního sloupu s přípojem ztužidla



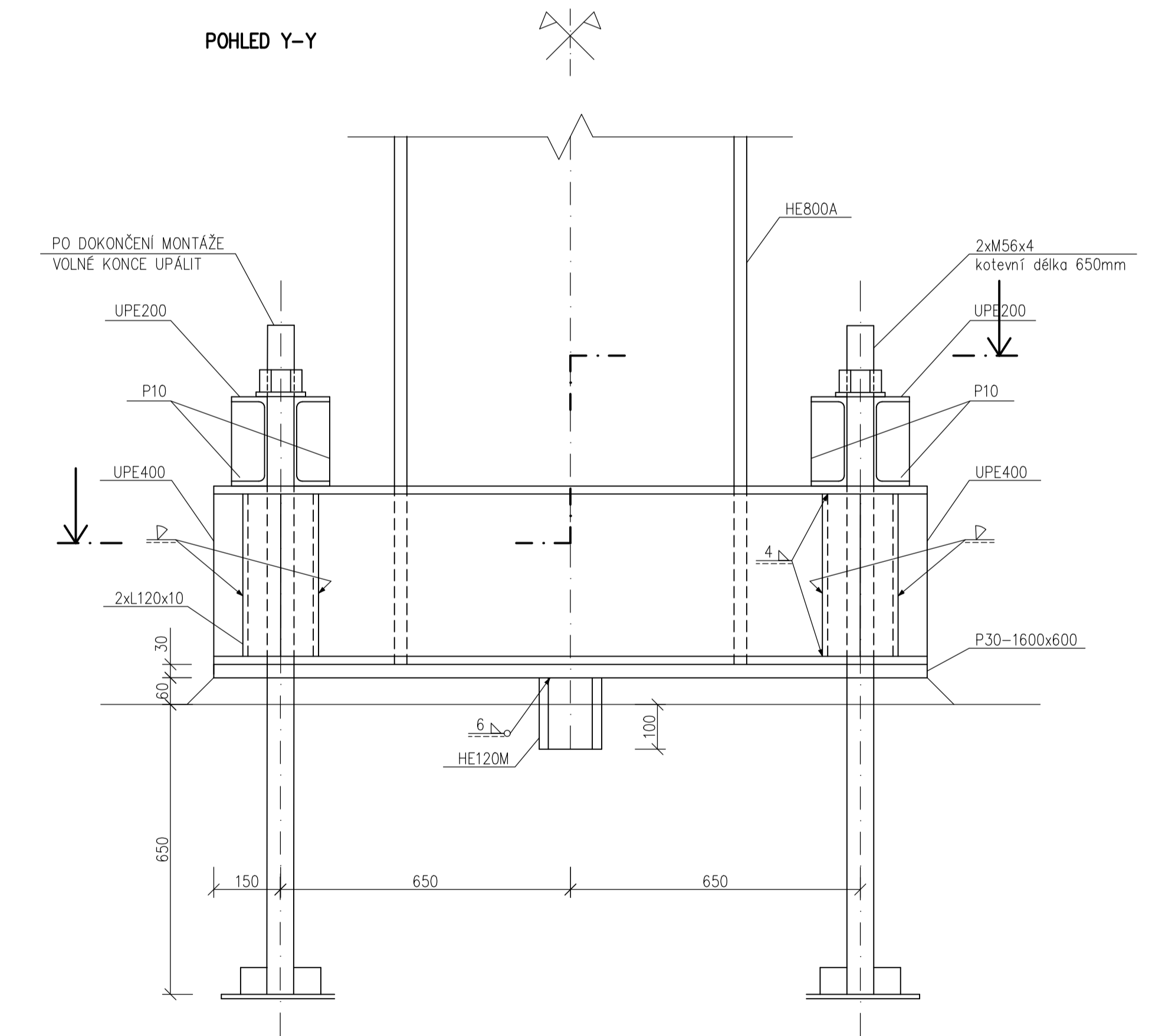
POHLED X-X



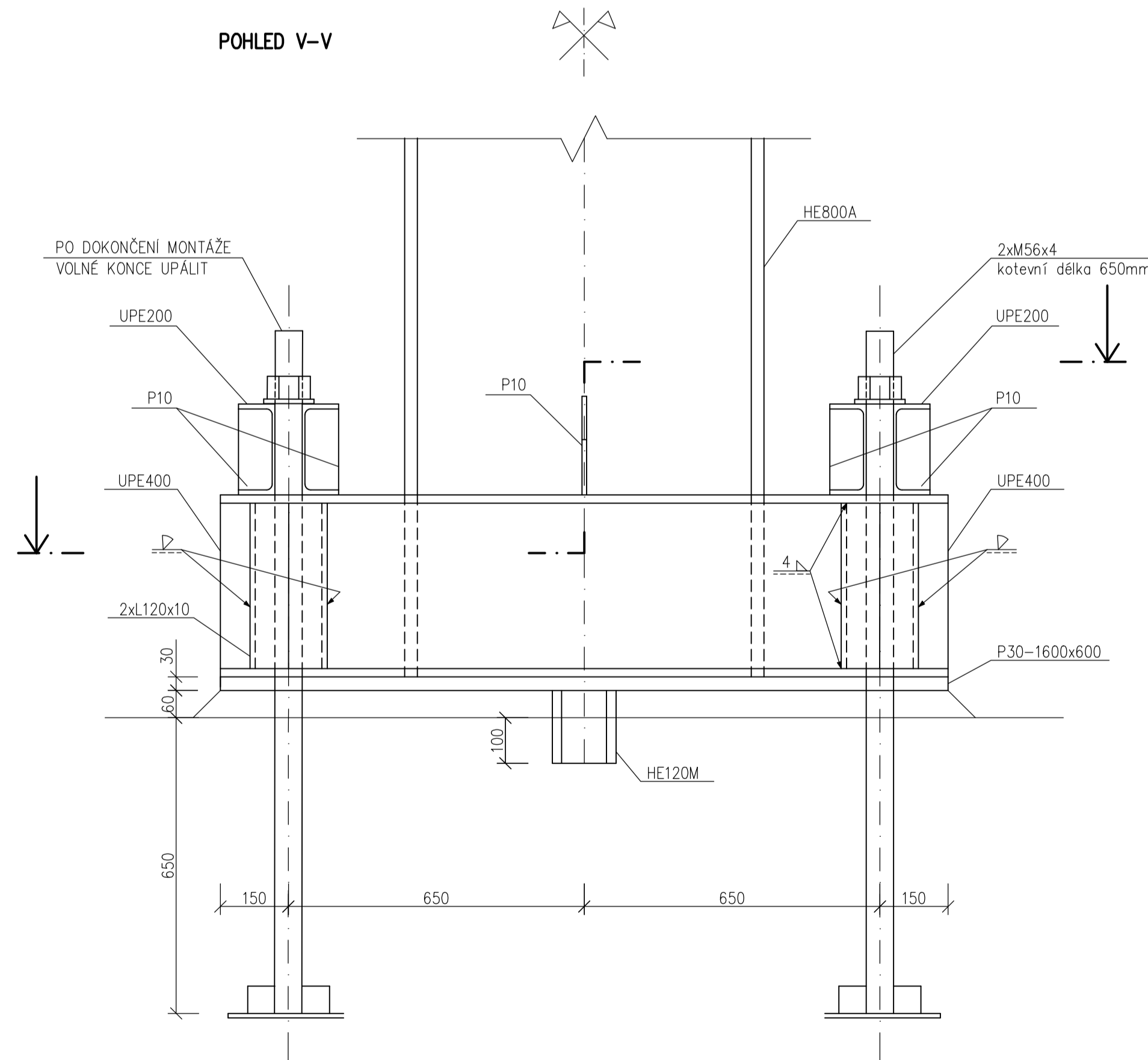
Detail D10 – Vetknutá patka krajního sloupu



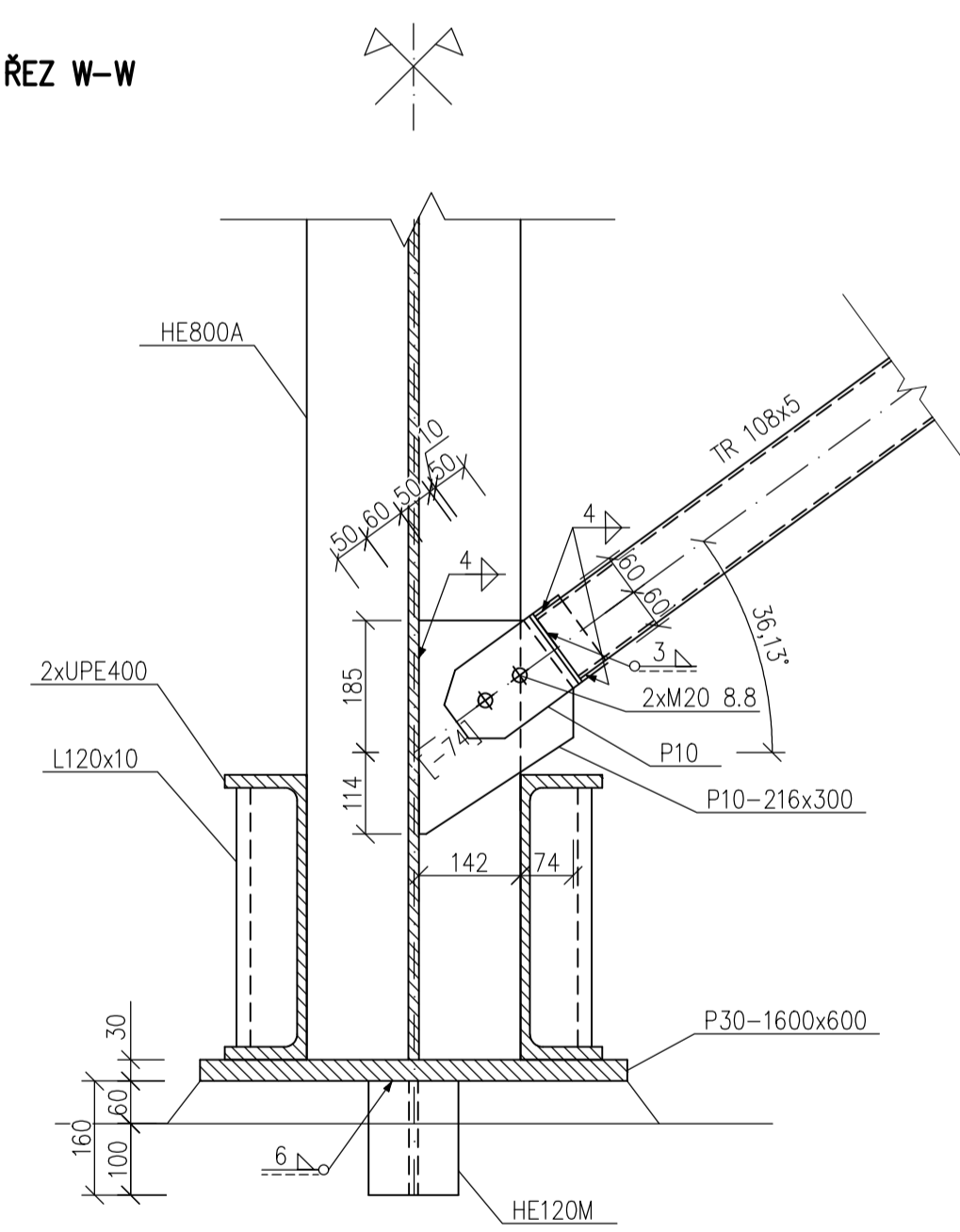
POHLED Y-Y



POHLED V-V



ŘEZ W-W



OCEL S355J0 – NOSNÁ KONSTRUKCE
 OCEL 235JR – ZTUŽIDLA A PŘÍPOJOVACÍ PLECHY
 OCEL S350GD – TENKOSTĚNNÉ VAZNIČE A PAŽDÍKY
 ŠROUBY 8.8.
 BETON C25/30 – ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE
 BETON C16/20 – PODKLADNÍ BETON
 TŘÍDA PŘEVODNÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY – EXC3
 TŘÍDA PŘEVODNÍ OSTATNÍCH KONSTRUKCÍ – EXC2

Zpracoval: Bc. Michal Peukert	Vedoucí práce: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: 134DPM - Diplomová práce	Katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí	Datum: 12/2023
Projekt: Šestilodní skladovací hala s mostovými jeřáby	Měřítko: 1:10	Číslo výkresu: 6
Název výkresu: Detaily D9 a D10 - Kotvení základových patek krajních sloupů		