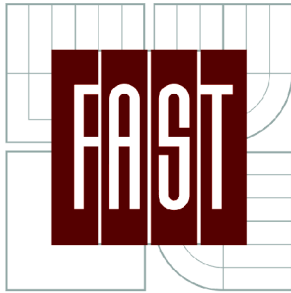


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH
KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

PŘÍHRADOVÉ PORTÁLY PRO DOPRAVNÍ ZNAČENÍ

TRUSSES FOR TRAFFIC SIGNES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADEK VESELÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Radek Veselý


Název Příhradové portály pro dopravní značení

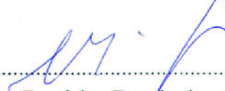
Vedoucí bakalářské práce Ing. Stanislav Buchta

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2013

Datum odevzdání bakalářské práce 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


.....
doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu


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



Podklady a literatura

ČSN EN 1991 Zatižení staveb

ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí

Ocelové konstrukce pozemních staveb, Faltus

Kovové konstrukce - Konstrukce průmyslových budov, Melcher, Straka

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Navrhněte a posuďte ocelový příhradový portál nad dvoupruhovým (var A) a třípruhovým (var B) jízdním pásem dálnice, nosný prvek portálu bude navržen jako příhradová prostorové konstrukce v příčném řezu tvaru obdélníka, resp. rovnostranného trojúhelníka.

Vypracujte:

Technickou zprávu.

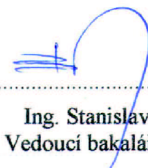
Statický výpočet základních nosných prvků.

Výkresovou dokumentaci v rozsahu dispozičních výkresů včetně výpisu materiálu.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozdělte podle dále uvedené struktury:

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



Ing. Stanislav Buchta
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením nosné konstrukce příhradových portálů pro svislé velkoplošné dopravní značení nad dvoupruhovým a třípruhovým jízdním pásem dálnice. Nosný systém je tvořen vodorovnou prostorovou příhradovou konstrukcí a sloupy z ocelových trubek. Výpočet byl proveden ručně s použitím programu Scia Engineer 2013. Zatížení se skládá z vlastní tíhy konstrukce a zatížení větrem.

Klíčová slova

Příhradový portál
Dopravní značení
Šroubový spoj
Svarový spoj

Abstrakt

The bachelor's thesis deals with design of the construction of trusses structures for vertical large format traffic signs over two-lane and three lane road lane highway. Constructoin is made up of horizontal space truss construction and column of steel tubes. The calculatin was performed manually using Scia Engineer 2013. Loading consists of self-weight and wind load.

Keywords

Truss structure
Traffic signs
Bolted connection
Welded connection

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2014

.....

podpis autora
Radek Veselý

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

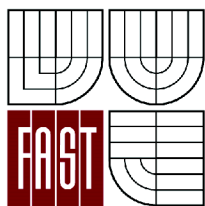
Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24.5.2014

.....

podpis autora
Radek Veselý



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.
Autor práce	Radek Veselý
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Název práce	Příhradové portály pro dopravní značení
Název práce v anglickém jazyce	Trusses for Traffic Signs
Typ práce	Bakalářská práce
Přidělovaný titul	Bc.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	
Anotace práce	Bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením nosné konstrukce příhradových portálů pro svislé velkoplošné dopravní značení nad dvoupruhovým a třípruhovým jízdním pásem dálnice. Nosný systém je tvořen vodorovnou prostorovou příhradovou konstrukcí a sloupy z ocelových trubek. Výpočet byl proveden ručně s použitím programu Scia Engineer 2013. Zatížení se skládá z vlastní tíhy konstrukce a zatížení větrem.
Anotace práce v anglickém jazyce	The bachelor's thesis deals with design of the construction of trusses structures for vertical large format traffic signs over two-lane and three lane road lane highway. Constructoin is made up of horizontal space truss construction and column of steel tubes. The calculatin was performed manually using Scia Engineer 2013. Loading consists of self-weight and wind load

Klíčová slova

Příhradový portál, dopravní značení,
šroubový spoj, svarový spoj.

Klíčová slova v anglickém jazyce

Truss structure, traffic signs, bolted
connectin, welded conection

Bibliografická citace VŠKP

Radek Veselý *Příhradové portály pro dopravní značení*. Brno, 2014. 124 s., 10 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Stanislavu Buchtovi Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, připomínky a cenné rady.

Také bych rád poděkoval panu Ing. Ivo Liškutínovi za cenné rady a připomínky k bakalářské práci.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Obecná zatížení
- [2] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí větrem
- [4] ČSN EN 1991-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – navrhování styčníků
- [5] ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic
- [6] ČSN EN 12899-1 Stálé svislé dopravní značení
- [7] Studnička J., Macháček J.: Ocelové konstrukce 20. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002.
- [8] Vraný, T.: Ocelové konstrukce 20. Projekt, haly, ČVUT Praha, 2003.
- [9] Macháček J., Sokol Z., Vraný T., Wald F.: NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ PŘÍRUČKA K ČSN 1993-1-1 A ČSN EN 1993-1-8. Vydavatelství: Informační centrum ČKAIT Praha 2009.

Internetové zdroje

- [10] ET product, s.r.o. Třmeny [online]. 2014. [cit. 2014-05-20], dostupné z: <http://www.etprodukt.cz/>
- [11] Wiskonsin department of transportation- English sign bridges 2006. [cit. 2014-05-20], [online]. dostupné z: http://on.dot.wi.gov/dtid_bos/extranet/structures/english-bridges.htm
- [12] Federal highway administration, Bridges and Structures 2013. [cit. 2014-05-20], dostupné z: <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/sign20.cfm>

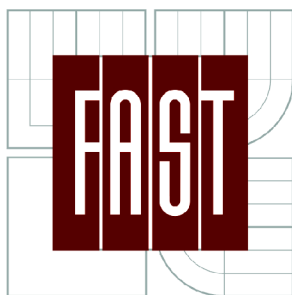
Seznam příloh

Textová část

1. Zadání
2. Průvodní zpráva
3. Technická zpráva
4. Statický výpočet

Výkresová část

1. Výkres dispozice portálů 1:50
2. Výkres detailů 1:5
3. Výpis materiálů



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADEK VESELÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 201

1. OBECNÉ ÚDAJE

Náplní bakalářské práce je návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce příhradových portálů pro svislé dopravní značení. Návrh a posouzení je vypracováno ve dvou variantách. Varianta A je nad dvoupruhovým jízdním pásem pozemní komunikace. Varianta B je nad třípruhovým jízdním pásem. Každá varianta je provedena ve dvou geometricky odlišných uspořádáních.

2. POPIS KONSTRUKCE

Konstrukce je tvořena prostorovým příhradovým trámem, který je osazen na příhradové sloupy. Na příhradový trám je připevněn štít značky.

Příhradový trám je tvořen z ocelových trubek, v příčném řezu je tvaru obdélníka o rozměrech 1,5 x 1m, respektive rovnostranného trojúhelníka o straně 1,25m. Trám je tvořen čtveřicí podélných ocelových trubek, které jsou vzájemně spojeny diagonálami tvořenými ohýbanou trubkou tvaru vlnovce. Požaduje se, aby vnější průměry trubek byly průměru 60 mm, případně 70 mm, a to z důvodu použití běžných upevňovacích objímek používaných pro dopravní značení.

Štít dopravní značky je složen z lamel. Jednotlivé lamely jsou vzájemně spojeny lamelovými zámky a připevněny na roznášecí I profily, které jsou k trámu příhradové konstrukce připevněny speciálními svorkami.

Rozměry štítu dopravní pro variantu A jsou $8 \times 5 = 40 \text{m}^2$, rozměry pro variantu B jsou $8 \times 12 = 96 \text{m}^2$ Rozměry štítu značky vycházejí z maximálních možných rozměrů dopravní značky používané v ČR. Štít dopravní značky bude na příhradový trám osazen symetricky.

Příhradový sloup je tvořen dvojitou trubou vzájemně spojených výplňovými pruty. Trám je uložen na vodorovný H profil, který je součástí sloupu. Sloupy jsou přikotveny kotevními šrouby k betonovým patkám.

3. GEOMETRIE

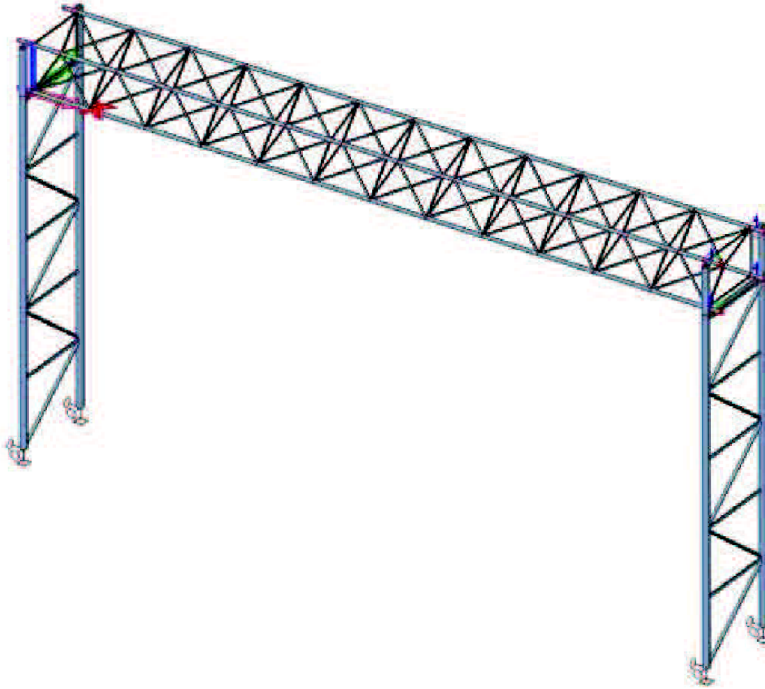
Rozměry konstrukce vycházejí z prostorového uspořádání dálnic v ČR dle normy ČSN EN 73-6101 Projektování silnic a dálnic, uspořádání pro dvoupruhový pás odpovídá dálnici D27,5 a uspořádání portálu nad třípruhovým jízdním pásem odpovídá dálnici D33,5.

4. UVAŽOVANÉ VARIANTY

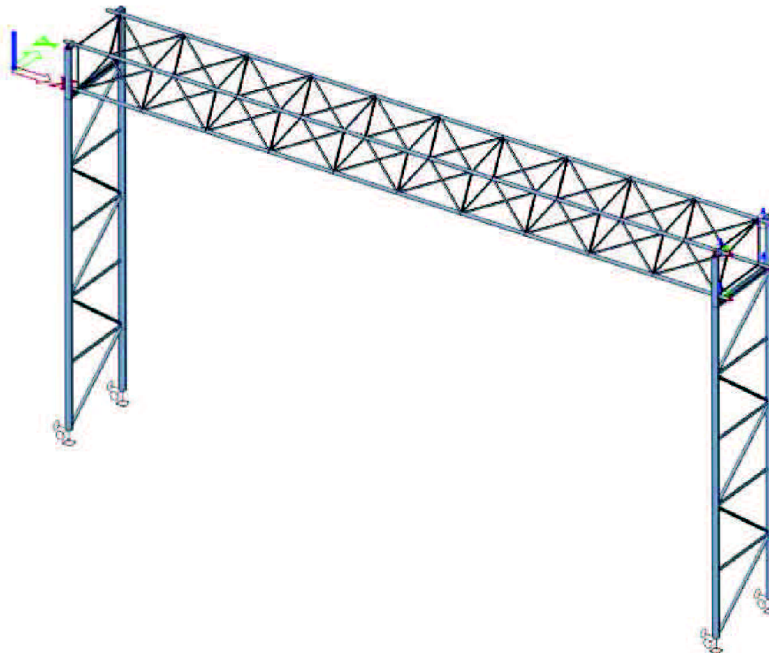
Varianta A

Jde o příhradový portál nad dvoupruhovým jízdním pásem dálnice.
Je proveden ve dvou geometricky odlišných variantách vodorovného příhradového trámu:

Model č. 1- rozpětí trámu $L = 1,25 \times 12 + 2 \times 0,15 = 15,30 \text{ m}$



Model č. 2- rozpětí trámu $L = 1,50 \times 10 + 2 \times 0,15 = 15,30 \text{ m}$

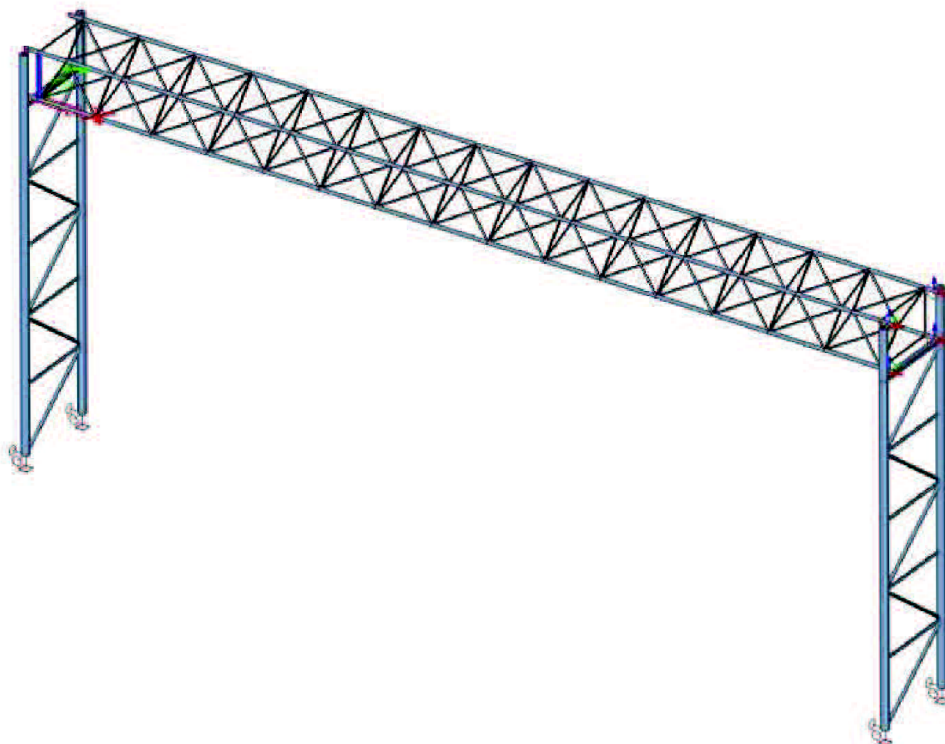


Varianta B

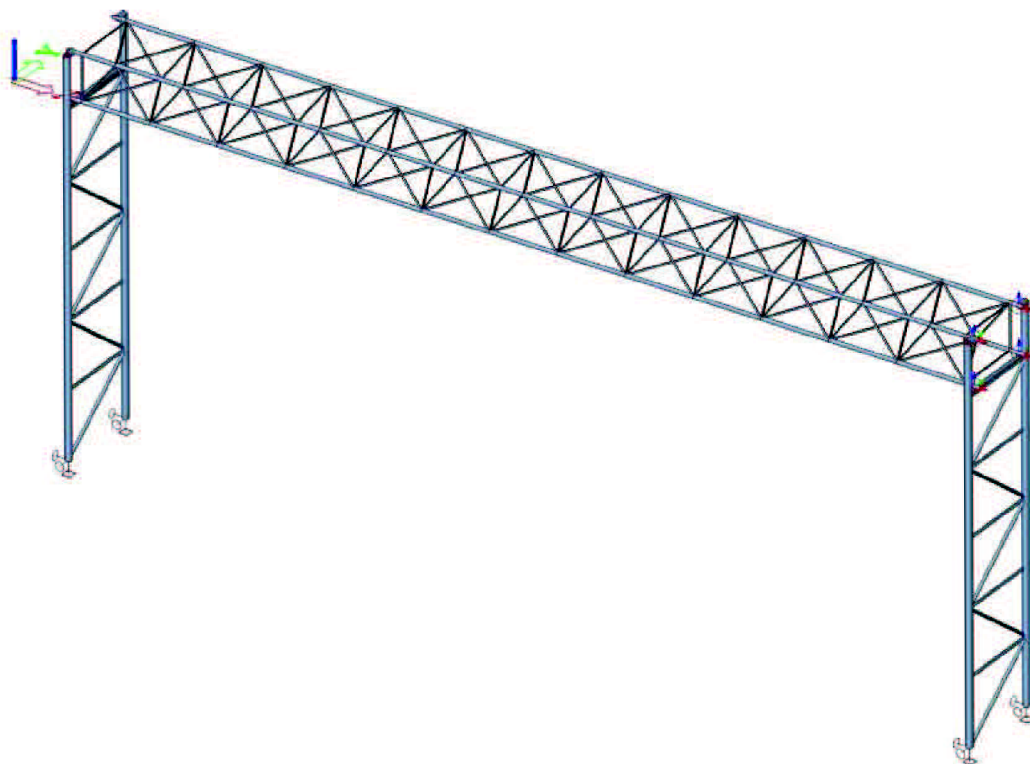
Jde o příhradový portál nad třípruhovým jízdním pásem dálnice.

Je proveden ve dvou geometricky odlišných variantách vodorovného příhradového trámu:

Model č. 1- rozpětí trámu $L = 1,25 \times 15 + 2 \times 0,15 = 19,05 \text{ m}$



Model č. 2- rozpětí trámu $L = 1,5 \times 13 + 2 \times 0,15 = 19,80 \text{ m}$



5. ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS1- Stálé zatížení

Je dáno vlastní tíhou konstrukce příhradového portálu.

ZS2- Ostatní stálé

Je dáno vlastní tíhou štítu dopravní značky.

ZS3 - Zatížení větrem

Zatížení modelu konstrukce větrem je rozhodující zatížení. Je uvažováno pouze od štítu dopravní značky. Zatížení se přenáší přes I profily do vodorovné příhradoviny. Osová vzdálenost I profilů je $a=1,25\text{m}$ nebo $a=1,5\text{m}$, dle geometrie příhradoviny. Roznášecí I profily štítu dopravní značky jsou umístěny blízkosti horních styčníků příhradového trámu.

Zatížení větrem je modelováno jako osamělé síly působící v horní části příhradového trámu jako bodové síly ve styčnicích. Ve spodní části příhradového trámu jako bodové síly působící uprostřed rozpětí styčníků.

Boční zatížení větrem příhradového portálu je modelováno jako zatížení příhradoviny

Pro každý model je stanoveno zatížení větrem dle norem:

1. ČSN EN 12899-1 Stálé svislé dopravní značení.

Tlak větru podle tabulky 8 této normy $W_{L3} = 0,8 \text{ kN/m}^2$

Součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_m = 1,05$

Součinitel tvaru $c = 1,2$

2. ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí větrem

Uvažuje se III větrná oblast – rychlost větru $v_{bo} = 27,5 \text{ m/s}$

Ve statickém výpočtu se uvažuje s následujícími součiniteli zatížení:

Dle normy ČSN EN 12899-1: $\gamma_f = 1,2$ pro stálé zatížení
 $\gamma_f = 1,35$ pro proměnné zatížení

Dle normy ČSN EN 1991-1-4: $\gamma_f = 1,35$ pro stálé zatížení
 $\gamma_f = 1,80$ pro zatížení větrem-součinitel síly pro informační tabule

6. VÝPOČTOVÝ MODEL

Konstrukce je vmodelována a posouzena jako prostorová konstrukce v programu Scia Engineer 2013. Uložení vodorovného trámu na příhradový sloup je uvažováno jako kloubové. Uložení sloupu na betonovou patku je kloubové.

7. SROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH VARINAT

Dimenze trubkových profilů- varianta A

VARIANTA A- MODEL Č. 1	
zatížení dle normy ČSN EN 12899-1	
hlavní nosné prvky	navržený průřez
vodorovné pásy	60,3x4
diagonály	33,7x4
sloup	139,7x5
diagonála sloupu	48,3x4
hmotnost konstrukce / kg	1483,4

Dimenze trubkových profilů- varianta B

VARIANTA B- MODEL Č. 3	
zatížení dle normy ČSN EN 12899-1	
hlavní nosné prvky	navržený průřez
vodorovné pásy	70x5
diagonály	33,7x5
sloup	139,7x6,3
diagonála sloupu	60,3x4
hmotnost konstrukce / kg	2236

VARIANTA A- MODEL Č. 1	
zatížení dle normy ČSN EN 1991-1-4	
hlavní nosné prvky	navržený průřez
vodorovné pásy	70x4
diagonály	33,7x4
sloup	139,7x6,3
diagonála sloupu	60,3x4
hmotnost konstrukce / kg	1713,2

VARIANTA B- MODEL Č. 3	
zatížení dle normy ČSN EN 1991-1-4	
hlavní nosné prvky	navržený průřez
vodorovné pásy	70x6,3
diagonály	38x5
sloup	168,3x5
diagonála sloupu	60,3x4
hmotnost konstrukce / kg	2456,9

VARIANTA A- MODEL Č. 2	
zatížení dle normy ČSN EN 12899-1	
hlavní nosné prvky	navržený průřez
vodorovné pásy	60,3x4
diagonály	33,7x4
sloup	139,7x5
diagonála sloupu	48,3x4
hmotnost konstrukce / kg	1518,7

VARIANTA B- MODEL Č. 4	
zatížení dle normy ČSN EN 12899-1	
hlavní nosné prvky	navržený průřez
vodorovné pásy	70x5
diagonály	33,7x5
sloup	139,7x6,3
diagonála sloupu	60,3x4
hmotnost konstrukce / kg	2203,8

VARIANTA A- MODEL Č. 3	
zatížení dle normy ČSN EN 1991-1-4	
hlavní nosné prvky	navržený průřez
vodorovné pásy	70x4
diagonály	33,7x4
sloup	139,7x6,3
diagonála sloupu	60,3x4
hmotnost konstrukce / kg	1763,4

VARIANTA B- MODEL Č. 4	
zatížení dle normy ČSN EN 1991-1-4	
hlavní nosné prvky	navržený průřez
vodorovné pásy	70x6,3
diagonály	38x5
sloup	168,3x5
diagonála sloupu	60,3x4
hmotnost konstrukce / kg	2422,1

Pozn.: Hmotnost konstrukce je bez vlastní tíhy štítu dopravní značky.

Zhodnocení variant

Konstrukce byla posouzena celkem ve 4 modelech, z toho každý model byl posouzen na zatížení podle normy ČSN EN 12899-1 a ČSN EN 1991-1-4.

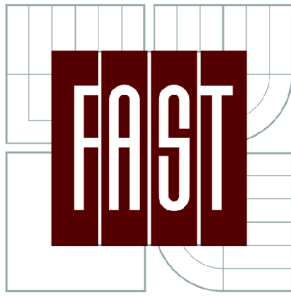
Zatížení větrem na konstrukci podle normy ČSN EN 1991-1-4 je přibližně o 38 % větší než zatížení větrem podle ČSN EN 12899-1, což je způsobeno odlišnými součiniteli zatížení danými jednotlivými normami.

Posouzení konstrukce podle normy ČSN EN 1991-1-4 tedy vede na požití větších dimenzí jednotlivých prvků.

Provedení příhradových portálů je tedy možné s použitím trubek o průměru 60 a 70 mm běžně používaných pro silniční značení.

V Brně dne 26. 5. 2014

.....
 podpis autora
 Radek Veselý



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH
KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADEK VESELÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2014

1. OBECNÉ

Náplní bakalářské práce je návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce příhradových portálů pro svislé dopravní značení. Návrh a posouzení je vypracováno ve dvou variantách. Varianta A je nad dvoupruhovým jízdním pásem pozemní komunikace. Varianta B je nad třípruhovým jízdním pásem dálnice. Každá varianta je provedena ve dvou geometricky odlišných uspořádáních. Celkem je konstrukce řešena ve 4 modelech.

2. POUŽITÉ NORMY A ZDROJŮ

Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Obecná zatížení
- [2] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí větrem
- [4] ČSN EN 1991-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – navrhování styčníků
- [5] ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic
- [6] ČSN EN 12899-1 Stálé svislé dopravní značení
- [7] Studnička J., Macháček J.: Ocelové konstrukce 20. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002.
- [8] Vraný, T.: Ocelové konstrukce 20. Projekt, haly, ČVUT Praha, 2003.
- [9] Macháček J., Sokol Z., Vraný T., Wald F.: NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ PŘÍRUČKA K ČSN 1993-1-1 A ČSN EN 1993-1-8. Vydavatelství: Informační centrum ČKAIT Praha 2009.

Internetové zdroje

- [10] ET product, s.r.o. Třmeny [online]. 2014. [cit. 2014-05-20], dostupné z: <http://www.etprodukt.cz/>
- [11] Wiskonsin department of transportation- English sign bridges 2006. [cit. 2014-05-20], [online]. dostupné z: http://on.dot.wi.gov/dtid_bos/extranet/structures/english-bridges.htm
- [12] Federal highway administration, Bridges and Structures 2013. [cit. 2014-05-20], dostupné z: <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/sign20.cfm>

3. POPIS KONSTRUKCE

Konstrukce je tvořena prostorovým příhradovým trámem, který je osazen na příhradové sloupy. Na příhradový trám je připevněn štít značky.

Příhradový trám

Je tvořen z ocelových trubek, v příčném řezu je tvaru obdélníka o rozměrech 1,5 x 1m, respektive rovnostranného trojúhelníka o straně 1,25m. Trám je tvořen čtveřicí podélných ocelových trubek, které jsou vzájemně spojeny diagonálami tvořenými ohýbanou trubkou tvaru vlnovce. Příhradový trám je rozdělen na 3 celky, které jsou vzájemně spojeny šroubovými spoji. Rozpětí vodorovného příhradového trámu je dáno požadovanou délkou dle počtů pruhů pozemní komunikace a geometrii trámu a dále nutným přesahem 0,15 m kvůli možnému upevnění příhradového trámu pomocí třmenu k H profilu sloupu.

Štít dopravní značky

Je složen z vodorovných lamel 250x25. Jednotlivé lamely jsou vzájemně spojeny lamelovými zámky a připevněny na roznášecí I profily, které jsou k trámu příhradové konstrukce připevněny speciálními svorkami.

Rozměry štítu dopravní pro variantu A jsou $8 \times 5 = 40m^2$, rozměry pro variantu B jsou $8 \times 12 = 96m^2$. Rozměry štítu značky vycházejí z maximálních možných rozměrů dopravní značky používané v ČR. Štít dopravní značky bude na příhradový trám osazen symetricky. Osová vzdálenost I profilů je $a=1,25m$ nebo $a=1,5m$, dle geometrie příhradoviny. Roznášecí I profily štítu dopravní značky jsou umístěny blízkosti horních styčnicků příhradového trámu.

Příhradový sloup

Je tvořen dvojicí trubek vzájemně spojených výplňovými trubkovými pruty přivařenými na styčnickový plech. Trám je uložen na vodorovný H profil, který je součástí sloupu. Ke sloupům je ve spodní části přivařen patní plech a s výztuhami.

Spodní stavba

Příhradový portál je ukotven kotevními šrouby přes patní plech do betonových patek půdorysných rozměrů rozměru 500x500.

Umístění portálu

Portál musí být umístěn za deformační zónou svodidel pozemní komunikace.

4. MATERIÁL

Celá konstrukce je provedena z trubkových profilů z oceli S235. Šrouby a třmeny jsou jakosti 5.6. Kotevní ocelové šrouby jsou předem zabetonované s hákem a budou osazeny dle technologických předpisů výrobce.

5. STATICKÁ ANALÝZA

Konstrukce je vymodelována jako prostorová konstrukce v programu Scia Engineer 2013. Byla posouzena na účinky zatížení dle normy ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí větrem a normy ČSN EN 12899-1 Stálé svislé dopravní značení. Návrh a posouzení vybraných nejvíce namáhaných prvků bylo provedeno ručně dle ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí a ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí- navrhování styčníků.

6. MATERIÁL

Materiál konstrukce je ocel S235. Šroubové spoje příhradového trámu jsou navrženy jako 6 x M16 jakosti oceli 5.6. Třmeny uchycující příhradovou konstrukci ke sloupu jsou navrženy jako M 12 jakosti oceli 5.6. Na kotvení sloupů jsou použity kotevní šrouby M30 předem zabetonované s hákem.

7. OCHRANA KONSTRUKCE

Všechny části konstrukce příhradového portálu budou žárově pozinkovány 300 g/m² . Koncové části trubek budou uzavřeny tak, aby do nich nepronikala voda.

8. VÝROBA A MONTÁŽ KONSTRUKCE

Všechny dílenské spoje jsou svařované a budou provedeny ve výrobním závodě. Na místě bude konstrukce sestavena z jednotlivých dílů a navzájem spojena šroubovými spoji.

V první fázi výstavby budou vybetonovány patky, do kterých se zabetonují kotevní šrouby. Na tyto patky se osadí příhradové sloupy.

V druhé fázi výstavby bude na místě smontován příhradový trám, který bude následně jeřábem nasazen na sloupy. Poté bude příhradový trám přikotven třmeny k H profilu sloupu.

V třetí fázi výstavby bude pomocí jeřábu vyzvednut štít značky a osazen na vodorovný příhradový trám.

V Brně 26. 5. 2014

.....

Radek Veselý



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

PŘÍHRADOVÉ PORTÁLY PRO DOPRAVNÍ ZNAČENÍ

TRUSSES FOR TRAFFIC SIGNES

STATICKÝ VÝPOČET

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

RADEK VESELÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO, 2014

Obsah

Vlastní tíha štítu dopravní značky.....	4
Zatížení větrem na štít dopravní značky.....	6
Výpočet dle ČSN EN 1991-1-4:	6
Výpočet dle normy ČSN EN 12 899-1	7
Kombinace zatížení:	13
Varianta A.....	14
1.1 MSÚ -Mezní stav únosnosti - model č. 1.....	14
Únosnost tlačného pásu:.....	14
Únosnost vodorovných diagonál.....	17
Únosnost svislých diagonál	18
Posouzení sloupu	19
Spoje	22
Posouzení přípoje na sloup	25
1.2 MSÚ -Mezní stav únosnosti - model č. 1.....	27
Únosnost tlačného pásu.....	27
Únosnost vodorovných diagonál.....	30
Únosnost svislých diagonál	31
Posouzení sloupu	32
Spoje	35
Posouzení svarového spoje sloupu	37
Posouzení přípoje na sloup	38
1.3 MSÚ-Mezní stav únosnosti - model č. 2.....	40
Únosnost tlačného pásu:.....	40
Posouzení tlačného pásu na ohyb:.....	41
Vzpěrná únosnost vodorovných diagonál:.....	43
Vzpěrná únosnost svislých diagonál:.....	44
Posouzení sloupu:	45
Posouzení diagonály příhradového sloupu	47
Svarový spoj diagonály s vodorovným pásem:	48
Posouzení šroubového spoje:.....	49
Posouzení přípoje na sloup	51
1.4 MSÚ -Mezní stav únosnosti - model č. 2.....	53
Únosnost nejvíce tlačného pásu:.....	53

Vzpěrný tlak	53
Posouzení tlačného pásu na ohyb:	54
Posouzení tlačného pásu na vzpěrný tlak s ohybem:	54
Vzpěrná únosnost vodorovných diagonál:	56
Vzpěrná únosnost svislých diagonál:	57
Posouzení sloupu:	58
Svarový spoj diagonály s vodorovným pásem:	61
Posouzení svarového spoje sloupu	63
Výpočet kotvení sloupu varianty A.....	66
VARIANTA B	69
2.1 MSÚ -Mezní stav únosnosti - model č. 3	69
Únosnost tlačného pásu	69
Únosnost vodorovných diagonál	72
Posouzení svislých diagonál	73
Posouzení sloupu	74
Spoje	77
Posouzení přípoje na sloup	80
2.2 MSÚ – Mezní stav únosnosti- model č. 3	82
Únosnost tlačného pásu	82
Posouzení tlačného pásu na ohyb pod I profilem	83
Únosnost vodorovných diagonál	85
Posouzení svislých diagonál	86
Posouzení sloupu	87
Spoje	90
Posouzení přípoje na sloup	93
2.3 MSÚ – mezní stav únosnosti- model 4	95
Únosnost tlačného pásu	95
Únosnost vodorovných diagonál	98
Únosnost sloupu	100
Spoje	103
Posouzení přípoje na sloup	106
2.4 MSÚ – Mezní stav únosnosti- model č. 4	108
Únosnost tlačného pásu	108
Posouzení tlačného pásu na ohyb pod I profilem	109

Únosnost vodorovných diagonál	111
Posouzení svislých diagonál	112
Posouzení sloupu	113
Spoje	116
Posouzení přípoje na sloup	119
Výpočet kotvení sloupu varianty B	121

Rozměry dopravní
značky:

Varianta A

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

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

Varianta B

$$b = 12 \text{ m}$$

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

Vlastní tíha štítu dopravní značky

$$\text{Referenční plocha } A_{ref} = b \times h = 40 \text{ m}^2$$

Stálé zatížení- štít dopravní značky:

Lamela- ocelový plech $t = 1 \text{ mm}$:

$$m_{k,l} = (220 + 2 \times 30) \times 1 \times 7850 = 2,355 \text{ kg/m}$$

$$g_{k,l} = m_{k,l} \times b \times n = 2,355 \times 8,0 \times 22 = 414,48 \text{ N}$$

C profil- ocelový plech $t = 2 \text{ mm}$:

$$m_{k,c} = 25 \times 4 \times 2 \times 7850 = 1,57 \text{ kg/m}$$

$$g_{k,c} = m_{k,c} \times b \times n = 1,57 \times 8,0 \times 22 = 276,32 \text{ N}$$

IPE 100: $m_{IP} = 8,1 \text{ kg/m}$

$$g_{k,IP} = m_{k,IP} \times h \times n_l = 8,1 \times 5 \times 6 = 243 \text{ N}$$

Celkem:

$$g_k = \frac{1}{A_{ref}} \times (g_{k,l} + g_{k,c} + g_{k,IP}) = \frac{1}{40} \times$$

$$(414,48 + 276,32 + 243) = 0,234 \text{ kN/m}^2$$

Síla od stálého zatížení štítu dopravní značky působící
do styčnicku:

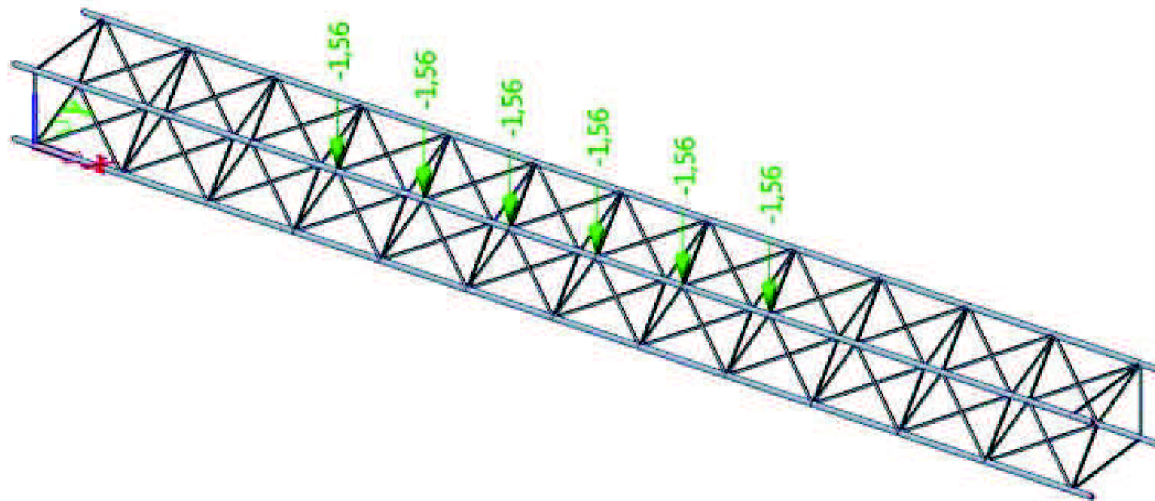
Varianta A:

$$G_{k,\check{s}} = g_k \times A_{ref} \times \frac{1}{6} = 0,234 \times 40 \times \frac{1}{6} = 1,56 \text{ kN}$$

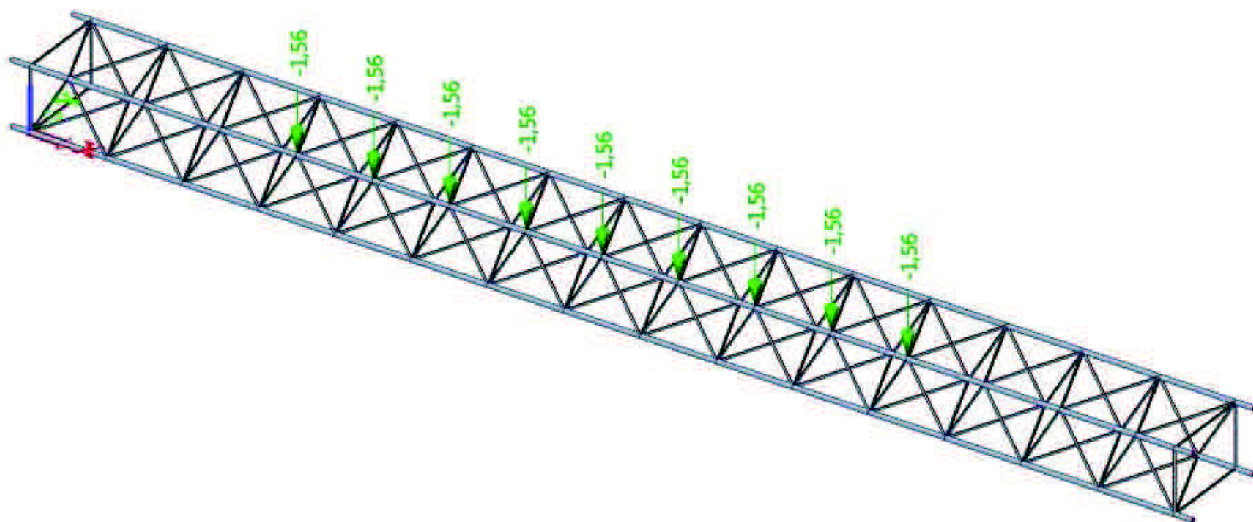
Varianta B:

$$G_{k,\check{s}} = g_k \times A_{ref} \times \frac{1}{9} = 0,234 \times 60 \times \frac{1}{9} = 1,56 \text{ kN}$$

Zatížení štítem dopravní
značky- Varianta A



Zatížení štítem dopravní
značky- Varianta B



Varianta A:

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

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

$$z_g = 8 \text{ m}$$

Varianta B

$$b = 12 \text{ m}$$

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

$$z_g = 8 \text{ m}$$

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

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

Zatížení větrem na štít dopravní značky:

Výpočet dle ČSN EN 1991-1-4:

$$\text{Referenční výška: } z_g = z_{g+} + \frac{h}{2} = 5,5 + \frac{5}{2} = 8 \text{ m}$$

$$\text{Referenční plocha } A_{ref} = b \times h = 40 \text{ m}^2$$

$$\text{Doporučená hodnota } e = \pm 0,25 \times b = 0,25 \times 8 = 2 \text{ m}$$

Rychlost větru-předpoklad $v_{bo} = 27,5 \text{ m/s}$ oblast III

$$\text{Základní rychlost větru } v_{bo} = C_{dir} \times C_{season} \times v_{bo} = 27,5 \text{ m/s}$$

$$\text{Součinitel orografie: } C_{o(z)} = 1,0$$

Kategorie II: $z_{min} = 5,0 \text{ m}$

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

$$z_e = 8,0 \text{ m}$$

$$z_{min} = 5,0 \text{ m} \leq z_e = 8,0 \text{ m} \leq z_{max} = 200 \text{ m}$$

$$\text{Součinitel terénu } k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{oII}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

$$\text{Součinitel drsnosti terénu } C_{r(z)} = k_r \times \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left(\frac{8,0}{0,05} \right) = 0,964$$

$$\text{Střední rychlost větru } v_{m(z)} = C_{r(z)} \times C_{o(z)} \times v_{bo} = 0,9643 \times 1,0 \times 27,5 = 26,52 \text{ m/s}$$

Turbulence větru:

$$I_{v(z)} = \frac{k_t}{C_{o(z)} \times \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1,0}{1,0 \times \ln \left(\frac{8,0}{0,05} \right)} = 0,19704$$

Maximální dynamický tlak

$$\rho_{vzduch} = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_{p(z)} = \left(1 + 7 \times I_{v(z)} \right) \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_{m(z)}^2 =$$

$$= \left(1 + 7 \times 0,19704 \right) \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 26,52^2 = 1,046 \text{ kN/m}^2$$

Bakalářská práce Ústav kovových dřevěných konstrukcí

Dle normy ČSN EN 1991- 1- 4 je součinitel síly od větru pro $z_g > \frac{h}{2} \rightarrow c_f = 1,80$

Výpočtový tlak větru $w_{Ed} = c_s \times c_d \times c_f \times q_{p(z)} = 1,0 \times 1,8 \times 1,046 = 1,883 \text{ kN/m}^2$

Charakteristická síla od větru působící do jednoho styčnicku:

$$W_{Ek,1} = \frac{1}{2} \times w_{Ek} \times a_1 \times h = \frac{1}{2} \times 1,046 \times 1,25 \times 5 = 3,27 \text{ kN}$$

$$W_{Ek,1} = \frac{1}{2} \times w_{Ek} \times a_1 \times h = \frac{1}{2} \times 1,046 \times 1,25 \times 4 = 2,62 \text{ kN}$$

$$W_{Ek,1} = \frac{1}{2} \times w_{Ek} \times a_1 \times h = \frac{1}{2} \times 1,046 \times 1,625 \times 4 = 3,40 \text{ kN}$$

$$W_{Ek,2} = \frac{1}{2} \times w_{Ek} \times a_2 \times h = \frac{1}{2} \times 1,046 \times 1,50 \times 5 = 3,92 \text{ kN}$$

$$W_{Ek,3} = \frac{1}{2} \times w_{Ek} \times a_2 \times h = \frac{1}{2} \times 1,046 \times 1,50 \times 4 = 3,14 \text{ kN}$$

Návrhová síla od větru působící do jednoho styčnicku:

$$W_{Ed,1} = \frac{1}{2} \times w_{Ed} \times a_1 \times h = \frac{1}{2} \times 1,883 \times 1,25 \times 5 = 5,89 \text{ kN}$$

$$W_{Ed,2} = \frac{1}{2} \times w_{Ed} \times a_2 \times h = \frac{1}{2} \times 1,883 \times 1,5 \times 5 = 7,06 \text{ kN}$$

Výpočet dle normy ČSN EN 12 899-1

Pro ČR se uvažuje minimálně třída zatížení $WL2 = 0,6 \text{ kN/m}^2$

Návrh: $WL3 = 0,8 \text{ kN/m}^2$

Součinitel spolehlivosti $\gamma_f = 1,35$

Součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_m = 1,05$

Součinitel tvaru $c = 1,2$

$$w_{Ek} = \gamma_m \times c \times q_p = 1,05 \times 1,2 \times 0,8 = 1,008 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{Ed} = \gamma_f \times w_{Ek} = 1,35 \times 1,008 = 1,3608 \text{ kN/m}^2$$

Charakteristická síla od větru působící do jednoho styčnicku:

$$W_{Ek,1} = \frac{1}{2} \times w_{Ek} \times a_1 \times 5 = \frac{1}{2} \times 1,008 \times 1,25 \times 5 \\ = 3,15 \text{ kN}$$

$$W_{Ek,2} = \frac{1}{2} \times w_{Ek} \times a_1 \times 4 = \frac{1}{2} \times 1,008 \times 1,25 \times 4 \\ = 2,52 \text{ kN}$$

$$W_{Ek,2} = \frac{1}{2} \times w_{Ek} \times a_1 \times 4 = \frac{1}{2} \times 1,008 \times 1,625 \times 4 \\ = 3,28 \text{ kN}$$

$$W_{Ek,2} = \frac{1}{2} \times w_{Ek} \times 1,5 \times 5 = \frac{1}{2} \times 1,008 \times 1,5 \times 5 \\ = 3,78 \text{ kN}$$

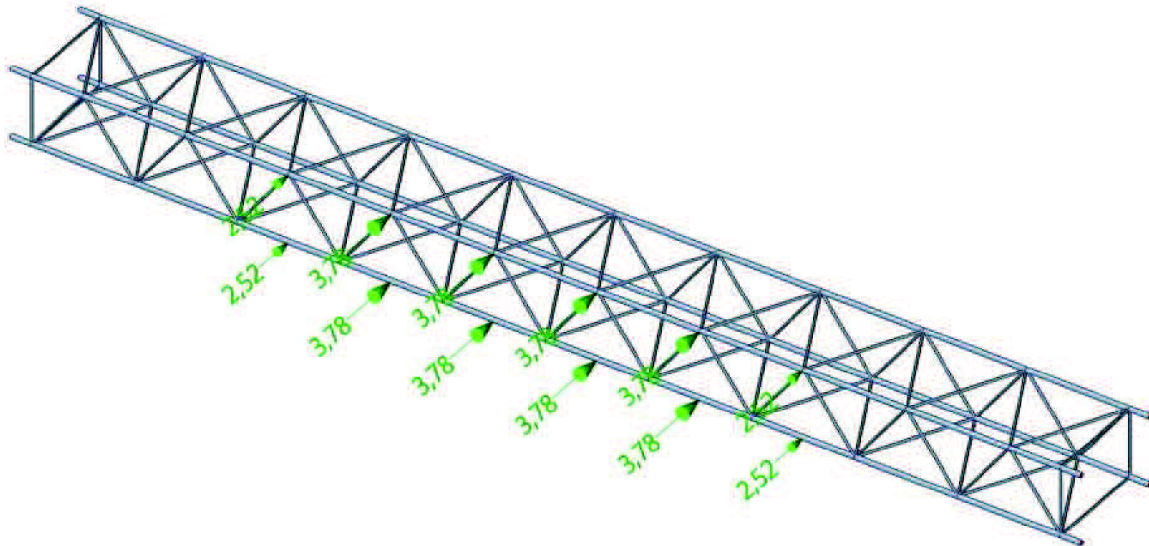
Návrhová síla od větru působící do jednoho styčnicku:

$$W_{Ed,1} = \frac{1}{2} \times w_{Ed} \times a_1 \times h = \frac{1}{2} \times 1,3608 \times 1,25 \times 5 \\ = 4,25 \text{ kN}$$

$$W_{Ed,1} = \frac{1}{2} \times w_{Ed} \times a_2 \times h = \frac{1}{2} \times 1,3608 \times 1,50 \times 5 \\ = 5,10 \text{ kN}$$

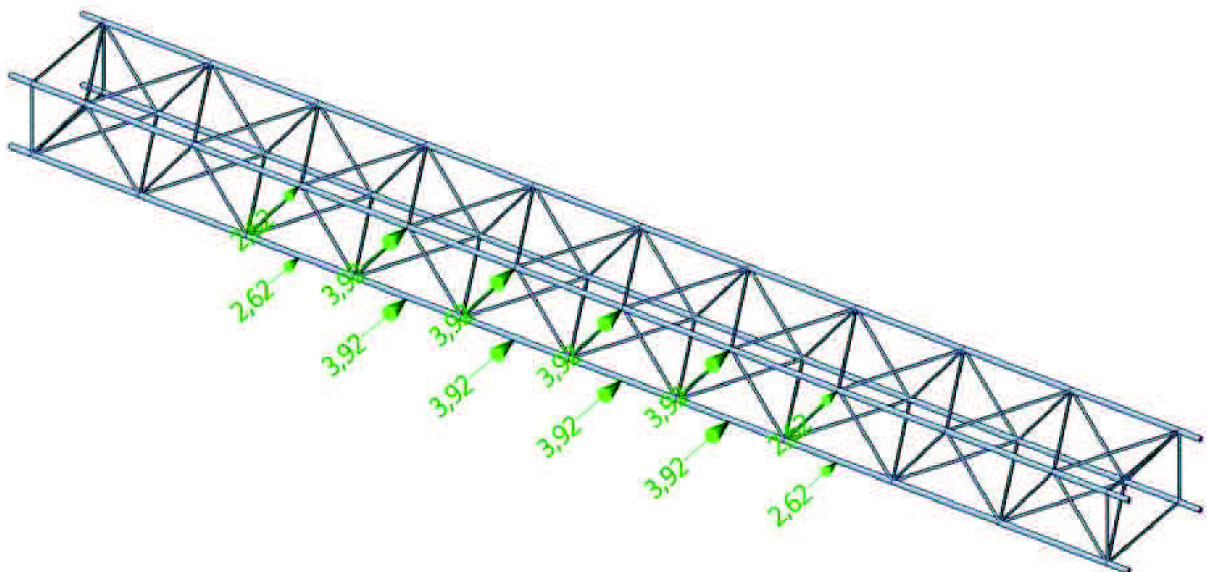
Zatížení větrem- dle ČSN EN
12899-1

Varianta A- model č. 2



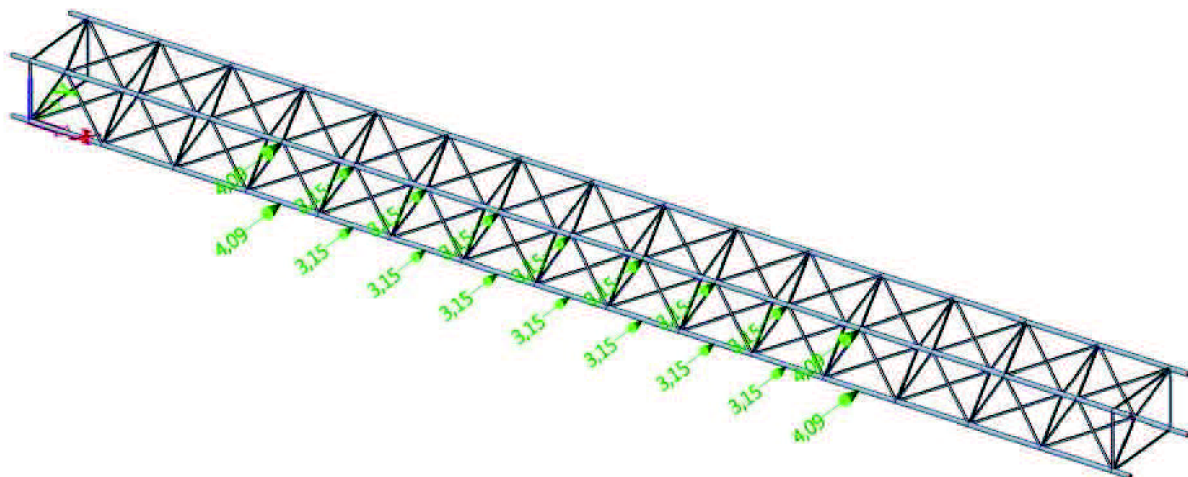
Zatížení větrem- dle ČSN EN
1991-1-4

Varianta A-model č. 1



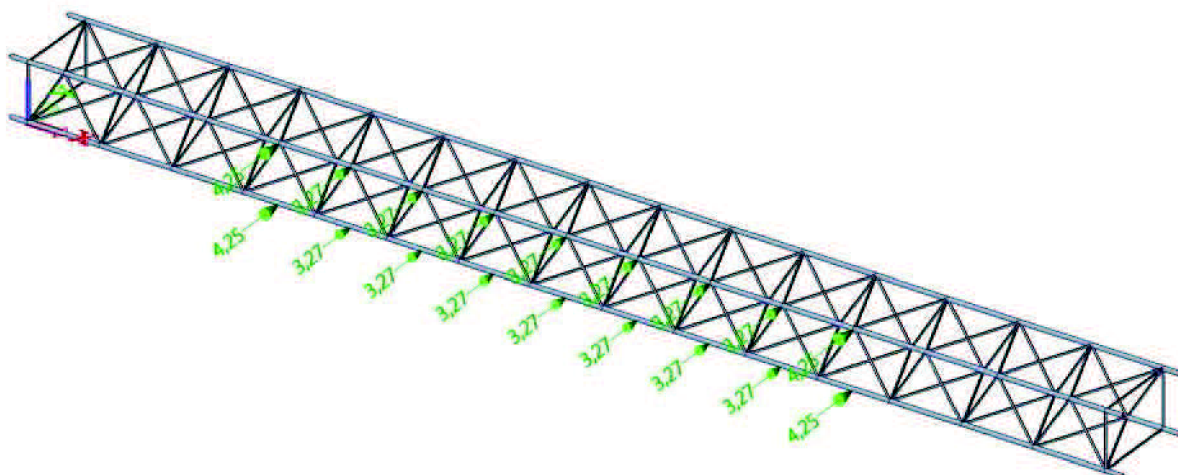
Zatížení větrem- dle ČSN EN
12899-1

Varianta B- model č. 3



Zatížení větrem- dle ČSN EN
1991-1-4

Varianta B- model č. 3



Zatěžovací stavy

ZS1 – vlastní tíha příhradové konstrukce

ZS2- vlastní tíha štítu příhradové značky

ZS3- zatížení větrem na přední stranu štítu

ZS4- zatížení větrem na zadní stranu štítu

Kombinace zatížení:

kombinace na mezní stav únosnosti MSÚ :

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

Dílčí součinitele spolehlivosti:

Při kombinaci dle normy ČSN EN 12899-1 Stálé svislé dopravní značení:

Je uvažován součinitel $\gamma_F = 1,35$ pro vítr a $\gamma_F = 1,2$ pro stálé zatížení.

Při kombinaci dle normy ČSN EN 1991-1-4 Zatížení větrem:

Je uvažován součinitel $\gamma_F = 1,35$ pro stálé zatížení.

Součinitel síly od větru $c_f = 1,80$ pro informační tabule.

Výpis kombinací pro každý model:

$$C01 : ZS1 \times 1,20 + ZS2 \times 1,20 + ZS3 \times 1,35$$

$$C02: ZS1 \times 1,35 + ZS2 \times 1,35 + ZS3 \times 1,80$$

$$C03: ZS1 \times 1,20 + ZS2 \times 1,20 + ZS4 \times 1,35$$

$$C04: ZS1 \times 1,35 + ZS2 \times 1,35 + ZS4 \times 1,80$$

Varianta A

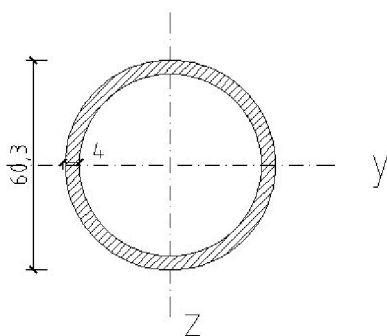
1.1 MSÚ - Mezní stav únosnosti - model č. 1

Posouzení modelu č. 1 pro zatížení - ČSN EN 12 899-1:

Únosnost tlačného pásu:

Prvek	Stav	cbc [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B11	CO1/1	0,000	-91,29	0,00	0,05	0,00	0,04	-0,06
B11	CO1/1	0,625	-91,29	0,00	0,00	0,00	0,05	-0,06
B11	CO1/1	1,250	-91,29	0,00	-0,05	0,00	0,04	-0,06

Třída průřezu:



Trubka 60,3x4 mm

$$I_y = I_z = 2,82 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 707 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,27 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Ocel S235

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

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{4} = 15 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \text{ třída I}$$

Vzpěrný tlak:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,25 \text{ m} \quad N_{Ed} = -92,20 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 2,82 \times 10^{-7}}{1,25^2} = 374,06 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000707 \times 235 \times 10^6}{374,06 \times 10^3}} = 0,666$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,666 - 0,2) + 0,666^2] \\ &= 0,771 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,771 + \sqrt{0,771^2 - 0,666^2}} = 0,863$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,863 \times 0,000707 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 143,37 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{91,29}{143,37} = 0,64 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

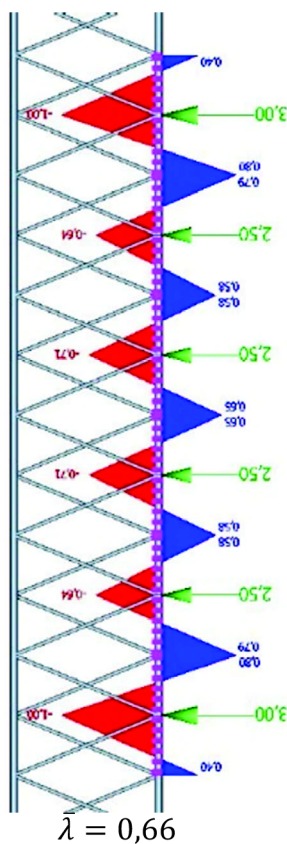
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{707 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 166,15 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{92,2}{166,15} = 0,473 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na ohyb:

Prvek	Stav	dx (m)	N (kN)	V _y (kN)	V _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
B285	CO12	0,000	-8,33	-2,23	0,07	0,00	0,01	0,40
B285	CO12	0,625	-8,33	-2,23	0,03	0,00	0,04	-1,00
B285	CO12	0,625	-8,33	2,87	0,03	0,00	0,04	-1,00
B285	CO12	1,250	-8,33	2,87	-0,02	0,00	0,04	0,80

$$N_{Ed} = 8,33 \text{ kN}$$



$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,27 \times 10^{-5} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 2,984 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rdz}} = \frac{1,00}{2,984} = 0,34 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rdy}} = \frac{0,04}{2,984} = 0,01 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na vzpěrný tlak s ohybem:

$$\psi_z = \frac{0,4}{0,8} = 0,50 \quad 0 \leq \psi_z \leq 1$$

$$\alpha_s = \frac{0,80}{-1,0} = -0,80 \quad -1 \leq \alpha_s \leq 0$$

$$C_{m,z} = -0,8 \times \alpha_s = 0,8 \times \alpha_s = -0,8 \times -0,8 = 0,64$$

Interakční součinitelé dle přílohy B

$$k_{z,z} = C_{m,z} \times \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,64 \times \left(1 + (0,666 - 0,2) \times \frac{8,33}{0,863 \times \frac{166,15}{1,0}} \right) = 0,657$$

$$k_{z,z} \leq C_{m,z} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} \leq 0,657 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{8,33}{0,863 \times \frac{166,15}{1,0}} \right) = 0,688$$

$$k_{z,z} = 0,657 \leq 0,688$$

$$k_{y,z} = 0,6 \times k_{z,z} = 0,6 \times 0,657 = 0,394$$

Posouzení kolmo k z :

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{z,z} \times \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{8,33}{0,863 \times \frac{166,15}{1,0}} + 0,657 \times \frac{1,00}{\frac{2,98}{1,0}} \leq 1$$

$$0,28 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kolmo k y

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

$$\frac{8,33}{0,863 \times \frac{166,15}{1,0}} + 0,394 \times \frac{1,0}{\frac{1 \times 2,98}{1,0}} \leq 1$$

$$0,19 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost vodorovných diagonál

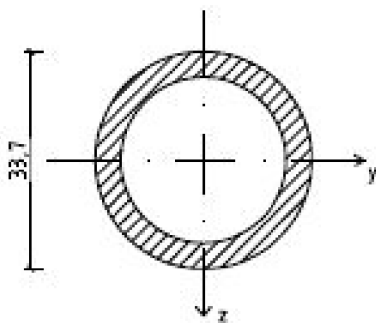
Posouzení na vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B159	C012	0,000	-16,44	0,00	0,03	-0,01	0,00	0,00
B159	C012	0,812	-16,44	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,00
B159	C012	1,625	-16,44	0,00	0,00	-0,03	-0,01	0,00

Trubka CHS 33,7x4mm

$$I_y = I_z = 4,19 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 373 \text{ mm}^2$$



$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 3,55 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 16,44 \text{ kN}$$

S235

$$\alpha = 0,21$$

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,625 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,19 \times 10^{-8}}{1,625^2} = 32,89 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000373 \times 235 \times 10^6}{32,89 \times 10^3}} = 1,633$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,633 - 0,2) + 1,633^2] = 1,984$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,984 + \sqrt{1,984^2 - 1,633^2}} = 0,321$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,321 \times 0,000373 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 28,137 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{16,44}{28,137} = 0,58 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na prostý tah:

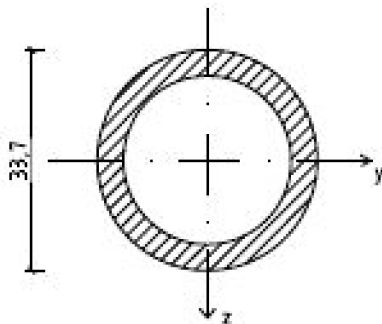
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{373 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 87,655 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{16,77}{87,655} = 0,19 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost svislých diagonál

Posouzení na vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B56	CO12	0,000	-9,81	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
B56	CO12	0,590	-9,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B56	CO12	1,179	-9,77	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00



Trubka CHS 33,7x4mm

$$I_y = I_z = 4,19 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 373 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 3,55 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 16,11 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,179 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{cr,z} = N_{cr,y} &= \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,19 \times 10^{-8}}{1,179^2} \\ &= 62,474 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000373 \times 235 \times 10^6}{32,89 \times 10^3}} = 1,185$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,185 - 0,2) + 1,185^2] \\ &= 1,306 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,306 + \sqrt{1,306^2 - 1,185^2}} \\ &= 0,539 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{br,d} &= \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,539 \times 0,000373 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ &= 47,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{9,81}{47,25} = 0,20 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na prostý tah:

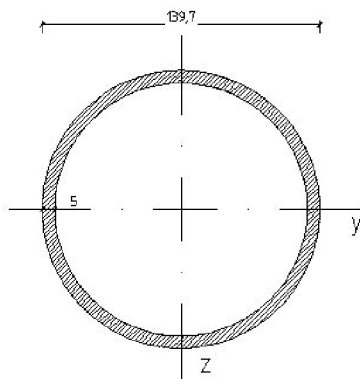
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{373 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 87,655 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{9,76}{87,655} = 0,11 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení sloupu

Posouzení na vybočení kolmo z roviny příhradového sloupu:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B249	CO13	7,400	-120,55	-0,17	0,05	0,04	0,00	0,00
B249	CO32	5,940	108,99	0,22	-0,01	-0,02	0,02	-0,32
B249	CO32	0,000	-2,46	-33,15	-0,01	-0,01	0,03	-6,32
B249	CO13	0,000	-4,60	33,11	0,05	0,06	-0,30	6,27
B249	CO32	3,020	68,06	0,25	-0,01	-0,03	0,00	-0,44
B249	CO32	0,100	28,90	7,80	-0,01	-0,01	0,03	-9,63
B249	CO32	0,100	-2,49	-33,15	-0,01	-0,01	0,03	-9,63
B249	CO13	0,100	-4,63	33,11	0,05	0,06	-0,29	9,58



Trubka CHS 139,7 X 5 mm

$$I_y = I_z = 4,81 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$A = 2120 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 9,08 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 120,55 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{139,7}{5} = 28 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 7,4 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,81 \times 10^{-6}}{7,4^2} = 182,05 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,002120 \times 235 \times 10^6}{182,05 \times 10^3}} = 1,654$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,654 - 0,2) + 1,654^2] \\ &= 2,02 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,02 + \sqrt{2,02^2 - 1,654^2}} = 0,314$$

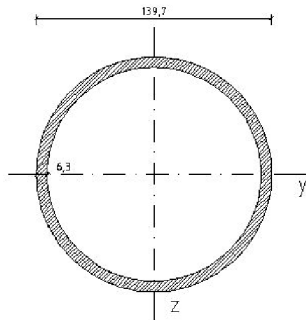
$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,314 \times 0,00212 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 156,58 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{120,55}{156,58} = 0,77 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{2120 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 498 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{108,63}{498} = 0,22 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$



Trubka CHS 139,7 x 6,3 mm

$$I_y = I_z = 5,89 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$A = 2640 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 120,55 \text{ kN}$$

S 235

Posouzení na vybočení v rovině příhradového sloupu:

$$L_{cr,z} = 1,46 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,81 \times 10^{-6}}{1,46^2} = 4676,9 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,00212 \times 235 \times 10^6}{4676,9 \times 10^3}} = 0,326$$

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,326 - 0,2) + 0,326^2] \\ &= 0,566 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,566 + \sqrt{0,566^2 - 0,326^2}} = 0,971$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,971 \times 0,00212 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 483,87 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{120,55}{483,87} = 0,25 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení konce sloupu na ohyb:

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9,08 \times 10^{-5} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 21,27 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rdz}} = \frac{9,63}{21,27} = 0,43 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

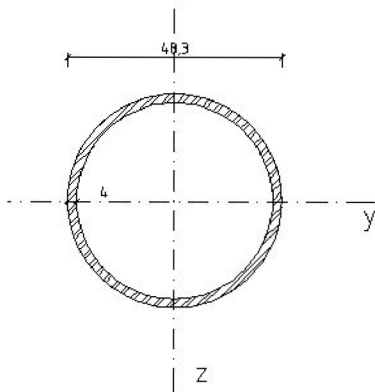
Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rdy}} = \frac{0,29}{21,27} = 0,01 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení diagonály příhradového sloupu:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B265	CO3/2	0,000	-34,91	0,00	0,06	0,00	0,00
B265	CO1/3	2,396	34,79	0,00	-0,06	0,00	0,00
B265	CO1/3	0,000	34,69	0,00	0,06	0,00	0,00
B265	CO1/3	1,198	34,74	0,00	0,00	0,00	0,04

Vzpěrný tlak:



$$\frac{d}{t} = \frac{48,3}{4} = 12 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 2,396 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 1,38 \times 10^{-7}}{2,396^2} = 49,82 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000557 \times 235 \times 10^6}{49,82 \times 10^3}} = 1,62$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,62 - 0,2) + 1,62^2] \\ &= 1,96 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,96 + \sqrt{1,96^2 - 1,62^2}} = 0,326$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,326 \times 0,000557 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 42,64 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{34,91}{42,64} = 0,80 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{557 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 130,89 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{34,79}{130,89} = 0,26 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Trubka CHS 48,3X4 mm

$$I_y = I_z = 1,38 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 557 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 7,87 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 34,91 \text{ kN}$$

S 235

Spoje

Svarový spoj diagonály s vodorovným pásem:

Prvek	Stav	x [m]	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
E305	CO1H	0,000	-62,42	-0,03	0,07	0,00	0,01	-0,02
E305	CO1H	0,625	-62,42	-0,03	0,02	0,00	0,04	-0,04
E305	CO1H	0,625	-62,42	-0,03	0,02	0,00	0,04	-0,04
E305	CO1H	1,250	-62,42	-0,03	-0,03	0,00	0,04	-0,06
E305	CO1H	0,000	-78,60	0,00	0,05	0,00	0,03	-0,06
E305	CO1H	0,625	-78,60	0,00	0,01	0,00	0,05	-0,06
E305	CO1H	0,625	-78,60	0,00	0,01	0,00	0,05	-0,05
E305	CO1H	1,250	-78,60	0,00	-0,04	0,00	0,04	-0,06

Nejvíce namáhaný svar:

$$N_{H2} = -78,60 \text{ kN}$$

$$N_{H1} = -62,41 \text{ kN}$$

$$\Delta H = |-78,60 - (-62,41)| \\ = 16,19 \text{ kN}$$

$$M = \Delta H \times e = 16,19 \times 0,03015 = 0,488 \text{ kNm}$$

$$W_{svar} = 2 \times \frac{1}{6} \times a \times L^2 = 2 \times \frac{1}{6} \times 0,005 \times 0,05^2 \\ = 4,167 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\tau_{xH} = \tau_{\parallel} = \frac{\Delta H}{2 \times a \times L} = \frac{16,41 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,05} = 32,82 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xQ} = \frac{Qa}{2 \times a \times L} = \frac{5,1 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,05} = 10,2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zM} = \frac{M}{W} = \frac{0,488 \times 10^3}{4,167 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 117,11 \text{ MPa}$$

$$\tau_z = \tau_{z,Q} + \tau_{z,M} = 10,2 + 117,11 = 119,4 \text{ MPa}$$

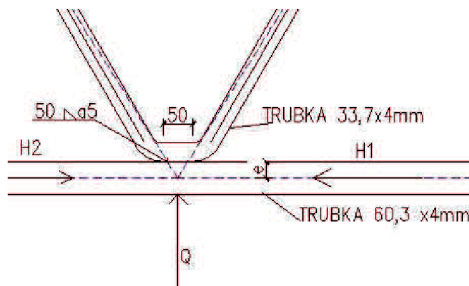
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\tau_z}{\sqrt{2}} = \frac{119,4}{\sqrt{2}} = 100,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa} \leq \tau_{\perp}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

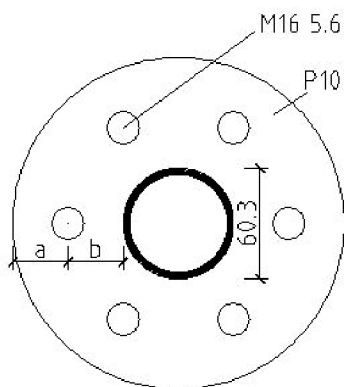
$$\sqrt{100,8^2 + 3 \times (100,8^2 + 32,82^2)} = 209 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$



$$e=30,15 \text{ mm}$$

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



Šrouby M16 5.6

$$f_{y,b} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,b} = 1,25$$

$$d_o = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$d_m = 25,85 \text{ mm}$$

Posouzení šroubového spoje:

Maximální tahová síla: $N_{E,d} = 61,31 \text{ kN}$

$$M_{Ed} = 1,0 \times 10^3 \text{ kNm}$$

NÁVRH 4 ŠROUBY M 16 5.6, P10

$$e_1 = 1,2 \times d_o = 1,2 \times 18 = 19,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 2,0 \times d_o = 2,0 \times 18 = 36 \text{ mm}$$

$$a = b = 36 \text{ mm}$$

Přídavná síla od momentu:

$$F_1 = \frac{M_{Ed}}{b} = \frac{1,0 \times 10^3}{0,142} = 7,04 \text{ kN}$$

$$N_{E,d} = 61,31 + 7,04 = 68,35 \text{ kN}$$

Tah:

$$\begin{aligned} F_{b,Rd} &= \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}} \\ &= \frac{6 \times 0,9 \times 500 \times 10^6 \times 157 \times 10^{-6}}{1,25} \\ &= 452,16 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$F_{t,Rd} = 339,1 \text{ kN} \geq F_{E,d} = 68,35 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Protlačení:

$$\begin{aligned} B_{P,Rd} &= \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M,2}} \\ &= \frac{0,6 \times \pi \times 25,85 \times 10 \times 500}{1,25} = 194,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$8 \times B_{P,Rd} \geq F_{E,d}$$

$$1560 \text{ kN} \geq 68,35 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Bakalářská práce Ústav kovových dřevěných konstrukcí

Posouzení náhradního T profilu:

Porušení desky:

$$m = 36 - 0,8 \times a \times \sqrt{2} = 36 - 0,8 \times 4 \times \sqrt{2} = 31,5 \text{ mm}$$

$$L_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 31,5 = 197,9 \text{ mm}$$

$$L_{eff,op} = 2 \times m + 1,25 \times e = 2 \times 31,5 + 1,25 \times 36 = 108 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = \min\{L_{eff,cp}, L_{eff,op}\} = \min\{197,9; 108\} = 108 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,01^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 0,63 \text{ kN}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 0,63 \times 10^3}{0,0315} = 80,0 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 80,0 = 240 \text{ kN} \geq F_{T,Ed} = 68,35 \text{ kN}$$

Porušení desky a šroubů- páčení:

$$n = \min\{e; 1,25 \times m\} = \min\{36; 1,25 \times 39,4\} = 36 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,01^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 0,63 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \frac{2 \times M_{pl,1,Rd} + n \times F_{t,1,Rd}}{m + n} = \frac{2 \times 0,63 \times 10^3 + 0,036 \times 56,52 \times 10^3}{0,0394 + 0,036} = 43,7 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 43,7 \times 3 = 131,1 \text{ kN} \geq N_{E,d} = 68,35 \text{ kN}$$

Vyhovuje

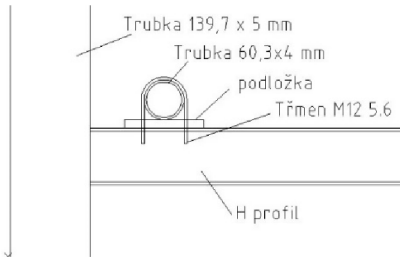
Posouzení svarového spoje sloupu:

$$L = \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} = \frac{34,91 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{4 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} = 10,5 \text{ mm} \quad \text{návrh } L = 40 \text{ mm}$$

Přípoj spodní

Stav	Přípoj	Uzel	Nosníky	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
CO3/3	FC3	N125	B208	-0,03	5,74	-0,01	0,00	0,00	0,00
CO1/2	FC3	N125	B208	0,30	-5,70	-0,01	0,00	0,00	0,00

Střih:



Třmen M12 5.6

$$R_e = f_y = 275 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430 \text{ MPa}$$

$$A_s = 113,09 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{4 \times 0,6 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,6 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 94,04 \text{ kN}$$

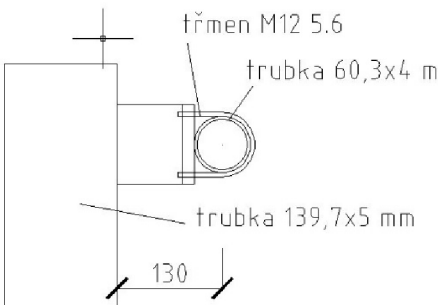
$$F_{v,Rd} = 94,04 \text{ kN} > N_{E,d,max} = 5,74 \text{ kN}$$

Přípoj horní:

Stav	Přípoj	Uzel	Nosníky	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
CO3/3	FC3	N125	B208	-0,03	5,74	-0,01	0,00	0,00	0,00
CO1/2	FC3	N125	B208	0,30	-5,70	-0,01	0,00	0,00	0,00
CO1/2	FC4	N125	B202	0,54	-7,26	-0,01	0,00	0,00	0,00
CO3/3	FC4	N125	B202	0,88	7,29	-0,01	0,00	0,00	0,00

$$N_{E,d,v} = 7,26 \text{ kN}$$

Tah:



$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,9 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 140,05 \text{ kN}$$

$$N_{E,d,v} = 7,26 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 140,05 \text{ kN}$$

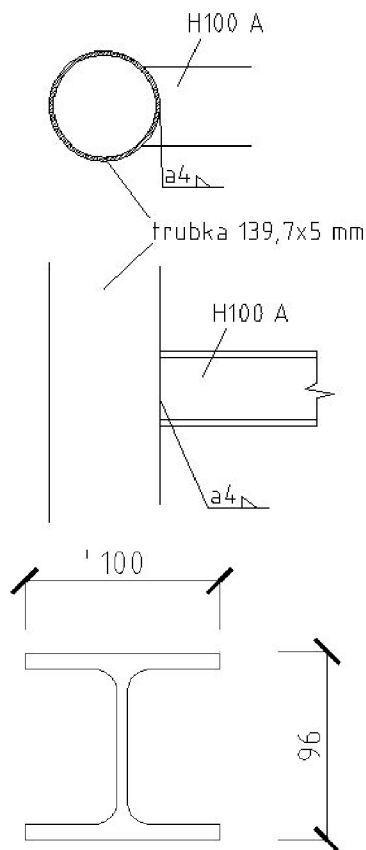
$$A = 2124 \text{ mm}^2$$

Posouzení svaru HE 100 A profilu k trubce sloupu:

Prvek	Svar	dx (m)	N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
B212	C010	1,700	-27,41	-0,35	-4,29	0,03	0,06	0,07
B212	C030	1,700	27,41	0,06	-2,15	-0,01	0,43	-0,01
B212	C032	0,000	13,22	1,01	8,72	-0,10	0,00	0,00
B212	C010	1,900	-27,41	-0,35	-4,33	0,03	0,00	0,00
B212	C010	0,200	-18,80	-0,09	-1,10	0,00	1,88	0,12
B212	C030	1,700	22,01	-0,14	0,07	0,01	0,97	-0,01
B212	C032	0,200	13,22	1,01	8,68	-0,10	1,74	0,26

Posouzení svaru HE 100 A k
trubce sloupu

$$V_{E,d} = 4,29 \text{ kN}$$



$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{E,d}}{a \times 2 \times L} = \frac{4,29 \times 10^3}{0,004 \times 2 \times 0,056} = 9,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{E,d}}{A_1} = \frac{27,41 \times 10^3}{2048 \times 10^{-6}} = 13,33 \text{ MPa}$$

$$A_1 = 4 \times 2 \times 56 + 4 \times 4 \times 100 = 2048 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 13,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 34,58 \text{ MPa} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

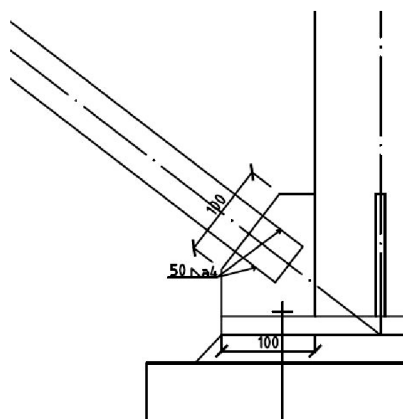
$$\sqrt{13,33^2 + 3 \times (13,33^2 + 9,5^2)} = 31,3 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru diagonály na styčnickový plech:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

$$L = \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} = \frac{34,91 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{4 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} = 10,5 \text{ mm}$$

Návrh L=40 mm



1.2 MSÚ - Mezní stav únosnosti - model č. 1

Posouzení modelu č. 1 pro zatížení – ČSN EN 1991-1-4:

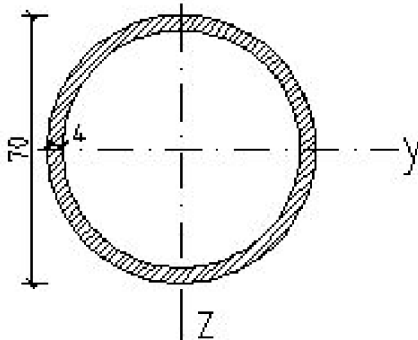
Únosnost tlačného pásu

Posouzení na vzpěrný tlak:

Třída průřezu:

$$\frac{d}{t} = \frac{76,1}{4} = 19,03 <$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B11	CO2/3	0,000	-115,97	0,00	0,05	0,00	0,04	-0,08
B11	CO4/4	0,000	25,89	0,00	0,05	0,00	0,04	0,06
B11	CO4/4	0,625	25,89	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06
B11	CO2/3	1,250	-115,97	0,00	-0,05	0,00	0,04	-0,08
B11	CO4/4	1,250	25,89	0,00	-0,05	0,00	0,04	0,06



Trubka 70 × 4 mm

$$I_y = I_z = 4,53 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 829 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,74 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Ocel S235

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

$$50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \text{ třída I}$$

Vzpěrný tlak:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,25 \text{ m} \quad N_{Ed} = -92,20 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,53 \times 10^{-7}}{1,25^2} = 600,89 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000829 \times 235 \times 10^6}{600,89 \times 10^3}} = 0,569$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,569 - 0,2) + 0,569^2] = 0,701$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,701 + \sqrt{0,701^2 - 0,569^2}} = 0,901$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,901 \times 0,000829 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 175,53 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{115,97}{175,53} = 0,66 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B288	CO2/1	0,000	-25,15	-3,01	0,05	0,00	0,05	0,88
B288	CO4/4	0,000	114,68	3,01	0,05	0,00	0,05	-0,87
B288	CO2/1	1,250	-25,15	2,87	-0,06	0,00	0,04	0,80
B288	CO4/4	1,250	114,68	-2,88	-0,06	0,00	0,04	-0,78
B288	CO2/1	0,625	-25,15	-3,01	0,00	0,00	0,06	-0,99
B288	CO4/4	0,625	114,68	3,01	0,00	0,00	0,06	1,02

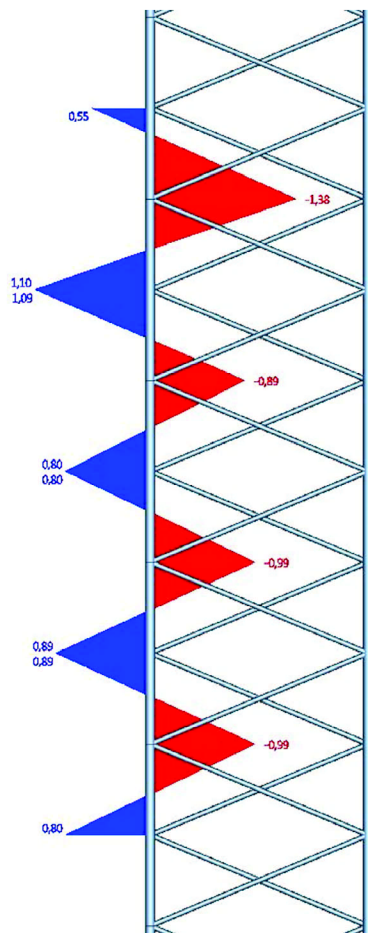
Posouzení na prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{829 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 194,82 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{114,68}{194,82} = 0,60 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na ohyb:

Prvek	Stav	dx (m)	N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
B285	CO2/3	0,000	-19,64	-3,09	0,08	0,00	0,01	0,55
B285	CO4/4	0,000	90,26	3,11	0,08	0,00	0,01	-0,55
B285	CO2/3	0,625	-19,64	-3,09	0,03	0,00	0,05	-1,38
B285	CO4/4	0,625	90,26	3,11	0,03	0,00	0,04	1,40
B285	CO4/4	0,625	90,26	-3,95	0,03	0,00	0,04	1,40
B285	CO2/3	0,625	-19,64	3,97	0,03	0,00	0,05	-1,38
B285	CO2/3	1,250	-19,64	3,97	-0,02	0,00	0,05	1,10
B285	CO4/4	1,250	90,26	-3,95	-0,02	0,00	0,05	-1,07



$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,47 \times 10^{-5} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 3,454 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rdz}} = \frac{1,38}{3,454} = 0,40 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rdy}} = \frac{0,05}{3,454} = 0,01 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na vzpěrný tlak s ohybem:

$$\psi_z = \frac{0,55}{1,38} = 0,398 \quad -1 \leq \psi_z \leq 1$$

$$\alpha_s = \frac{1,10}{-1,38} = -0,80 \quad -1 \leq \alpha_s \leq 0$$

$$C_{m,z} = -0,8 \times \alpha_s = 0,8 \times \alpha_s = -0,8 \times -0,8 = 0,64$$

Interakční součinitelé dle přílohy B

$$k_{z,z} = C_{m,z} \times \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,64 \times \left(1 + (0,569 - 0,2) \times \frac{19,64}{0,901 \times \frac{194,82}{1,0}} \right) = 0,666$$

$$k_{z,z} \leq C_{m,z} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} \leq 0,666 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{19,64}{0,901 \times \frac{194,82}{1,0}} \right) = 0,726$$

$$k_{z,z} = 0,666 \leq 0,726$$

$$k_{z,z} = 0,666 \leq 0,726$$

$$k_{y,z} = 0,6 \times k_{z,z} = 0,6 \times 0,666 = 0,40$$

Posouzení kolmo k z :

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{z,z} \times \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{19,64}{0,901 \times \frac{194,82}{1,0}} + 0,666 \times \frac{1,38}{\frac{3,454}{1,0}} \leq 1$$

$$0,38 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kolmo k y

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

$$\frac{19,64}{0,901 \times \frac{194,82}{1,0}} + 0,4 \times \frac{1,38}{\frac{1 \times 3,454}{1,0}} \leq 1$$

$$0,27 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

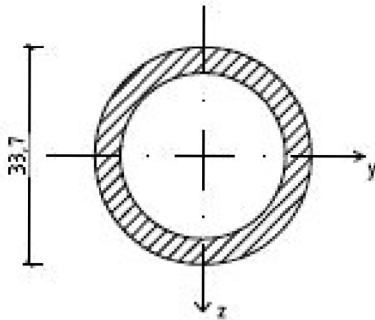
Únosnost vodorovných diagonál

Posouzení na vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [mm]	N [kN]	My [kNm]	Vz [kN]	Mz [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
E159	CO23	0,000	22,76	0,00	0,03	-0,01	0,00	0,00
E159	CO44	0,000	22,87	0,00	0,03	-0,01	0,00	0,00
E159	CO23	0,812	-22,76	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,00
E159	CO23	1,625	22,76	0,00	-0,03	-0,01	0,00	0,00

Trubka CHS 33,7x4mm

$$I_y = I_z = 4,19 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$



$$A = 373 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 3,55 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 16,44 \text{ kN}$$

S235

$$\alpha = 0,21$$

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,625 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,19 \times 10^{-8}}{1,625^2} = 32,89 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000373 \times 235 \times 10^6}{32,89 \times 10^3}} = 1,633$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,633 - 0,2) + 1,633^2] \\ &= 1,984 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,984 + \sqrt{1,984^2 - 1,633^2}} = 0,321$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,321 \times 0,000373 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 28,137 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{22,76}{28,137} = 0,81 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

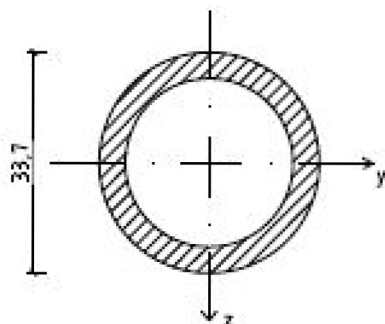
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{373 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 87,655 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{16,77}{87,655} = 0,19 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost svislých diagonál

Posouzení na vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B56	CO4/4	0,000	-11,14	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
B56	CO2/3	0,000	-11,02	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,00
B56	CO2/3	0,590	-11,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
B56	CO2/3	1,179	-10,99	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00



Trubka CHS 33,7x4mm

$$I_y = I_z = 4,19 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 373 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 3,55 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 11,14 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,179 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,19 \times 10^{-8}}{1,179^2} = 62,474 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000373 \times 235 \times 10^6}{32,89 \times 10^3}} = 1,185$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,185 - 0,2) + 1,185^2] = 1,306$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,306 + \sqrt{1,306^2 - 1,185^2}} = 0,539$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,539 \times 0,000373 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 47,25 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{11,14}{47,25} = 0,24 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B51	CO2/3	0,000	10,93	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
B51	CO2/3	0,590	10,95	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
B51	CO4/4	1,179	11,09	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00

Posouzení na prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{373 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 87,655 \text{ kN}$$

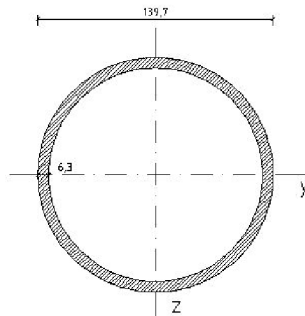
$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{11,09}{87,655} = 0,13 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení sloupu

Posouzení na vybočení kolmo z roviny příhradového sloupu:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B249	CO21	7,400	-165,25	-0,24	0,06	0,05	0,00	0,00
B249	CO44	5,940	152,25	0,30	-0,02	-0,04	0,04	-0,43
B249	CO44	0,000	-2,49	-45,86	-0,02	-0,02	0,08	-8,73
B249	CO21	0,000	-5,46	45,82	0,06	0,08	-0,38	8,88
B249	CO44	3,020	95,35	0,33	-0,02	-0,04	0,03	-0,60
B249	CO44	0,100	40,92	10,79	-0,02	-0,02	0,08	-13,32
B249	CO44	0,100	-2,52	-45,86	-0,02	-0,02	0,07	-13,32
B249	CO21	0,100	-5,48	45,82	0,06	0,08	-0,37	13,26

Trubka CHS 139,7 X 6,3 mm



$$I_y = I_z = 5,89 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$A = 2640 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 120,55 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{139,7}{6,3} = 22,17 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 7,4 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 5,89 \times 10^{-6}}{7,4^2} = 222,93 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00264 \times 235 \times 10^6}{222,93 \times 10^3}} = 1,668$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,668 - 0,2) + 1,668^2] \\ &= 2,046 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,046 + \sqrt{2,046^2 - 1,668^2}} = 0,309$$

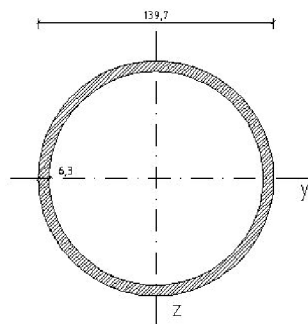
$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,309 \times 0,00264 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 192,10 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{165,25}{192,10} = 0,86 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2640 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 620,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{152,25}{620,4} = 0,25 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$



Trubka CHS 139,7 x 6,3 mm

$$I_y = I_z = 5,89 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$A = 2640 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 120,55 \text{ kN}$$

S 235

Posouzení na vybočení v rovině příhradového sloupu:

$$L_{cr,z} = 1,46 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 5,89 \times 10^{-6}}{1,46^2} = 6812,84 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,00331 \times 235 \times 10^6}{6812,84 \times 10^3}} = 0,334$$

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,334 - 0,2) + 0,334^2] \\ &= 0,572 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,572 + \sqrt{0,572^2 - 0,334^2}} = 0,969$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,969 \times 0,00331 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 753,32 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{165,25}{753,32} = 0,22 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení konce sloupu na ohyb:

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,12 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 26,32 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rdz}} = \frac{13,32}{26,32} = 0,51 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

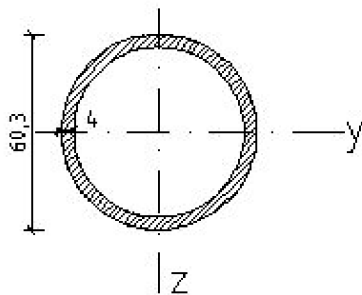
Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rdy}} = \frac{0,37}{26,32} = 0,01 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení diagonály příhradového sloupu:

Vzpěrný tlak:

Prvek	Slav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
E265	CO44	0,000	48,28	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
E265	CO23	0,000	48,03	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
E265	CO23	1,198	48,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
E265	CO23	2,396	48,14	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00



Trubka CHS 60,3X4 mm

$$I_y = I_z = 2,82 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 707 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 34,27 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{4} = 15,09 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 2,396 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 2,82 \times 10^{-7}}{2,396^2} = 101,81 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000707 \times 235 \times 10^6}{101,81 \times 10^3}} = 1,278$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,278 - 0,2) + 1,278^2] = 1,43$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,278^2}} = 0,483$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,483 \times 0,000707 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 80,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{48,28}{80,30} = 0,60 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{707 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 166,15 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{48,03}{166,15} = 0,29 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Spoje

Svarový spoj diagonály s vodorovným pásem:

Nejvíce namáhaný svar:

Prvek	Slav	dx [m]	H [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
E005	CO2/1	0,000	-79,27	-0,05	0,08	-0,01	0,01	-0,02
E006	CO2/1	0,625	-79,27	-0,05	0,02	-0,01	0,04	-0,05
E005	CO2/1	0,625	-79,27	-0,05	0,02	-0,01	0,04	-0,05
E006	CO2/1	1,250	-79,27	-0,05	-0,03	-0,01	0,04	-0,08
E005	CO2/1	0,000	-99,85	0,00	0,05	0,00	0,03	-0,08
E005	CO2/1	0,625	-99,85	0,00	0,01	0,00	0,05	-0,08
E005	CO2/1	0,625	-99,85	0,00	0,01	0,00	0,05	-0,08
E005	CO2/1	1,250	-99,85	0,00	-0,04	0,00	0,04	-0,08

$$N_{H2} = -99,85 \text{ kN}$$

$$N_{H1} = -79,27 \text{ kN}$$

$$\Delta H = |-99,85 - (-79,27)| = 20,58 \text{ kN}$$

$$M = \Delta H \times e = 20,58 \times 0,035 = 0,7203 \text{ kNm}$$

$$W_{svar} = 2 \times \frac{1}{6} \times a \times L^2 = 2 \times \frac{1}{6} \times 0,005 \times 0,05^2 = 4,167 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\tau_{xH} = \tau_{\parallel} = \frac{\Delta H}{2 \times a \times L} = \frac{20,58 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,05} = 41,16 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xQ} = \frac{Q}{2 \times a \times L} = \frac{7,06 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,05} = 14,12 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zM} = \frac{M}{W} = \frac{0,72 \times 10^3}{4,167 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 172,78 \text{ MPa}$$

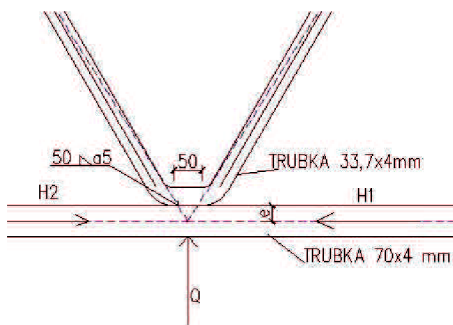
$$\tau_z = \tau_{z,Q} + \tau_{z,M} = 14,12 + 172,78 = 186,9 \text{ MPa}$$

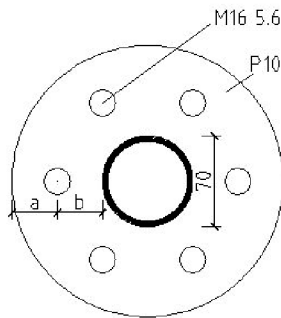
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\tau_z}{\sqrt{2}} = \frac{186,9}{\sqrt{2}} = 132,16 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{132,16^2 + 3 \times (132,16^2 + 41,16^2)} = 273,77 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$





Šrouby M16 5.6

$$f_{y,b} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,b} = 1,25$$

$$d_o = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$d_m = 25,85 \text{ mm}$$

Posouzení šroubového spoje:

Maximální tahová síla: $N_{E,d} = 114,68 \text{ kN}$

$$M_{Ed} = 1,38 \times 10^3 \text{ kNm}$$

NÁVRH 4 ŠROUBY M 16 5.6, P10

$$e_1 = 1,2 \times d_o = 1,2 \times 18 = 19,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 2,0 \times d_o = 2,0 \times 18 = 36 \text{ mm}$$

$$a = b = 36 \text{ mm}$$

Přídavná síla od momentu:

$$F_1 = \frac{M_{Ed}}{b} = \frac{1,38 \times 10^3}{0,142} = 9,72 \text{ kN}$$

$$N_{E,d} = 114,68 + 9,72 = 124,4 \text{ kN}$$

Tah:

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}} = \frac{6 \times 0,9 \times 500 \times 10^6 \times 157 \times 10^{-6}}{1,25} = 339,1 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 339,1 \text{ kN} \geq F_{E,d} = 124,4 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Protlačení:

$$B_{P,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 25,85 \times 10 \times 500}{1,25} = 194,9 \text{ kN}$$

$$4 \times B_{P,Rd} \geq F_{E,d}$$

$$779,6 \text{ kN} \geq 124,4 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení náhradního T profilu:

Porušení desky:

$$m = 36 - 0,8 \times a \times \sqrt{2} = 36 - 0,8 \times 4 \times \sqrt{2} = 31,5 \text{ mm}$$

$$L_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 31,5 = 197,9 \text{ mm}$$

$$L_{eff,op} = 2 \times m + 1,25 \times e = 2 \times 31,5 + 1,25 \times 36 = 108 \text{ mm}$$

Bakalářská práce
Ústav kovových dřevěných konstrukcí

$$L_{eff} = \min\{L_{eff,cp}, L_{eff,op}\} = \min\{197,9; 108\} \\ = 108 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 0,63 \times 10^3}{0,0315} = 80 \text{ kN}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,01^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 0,63 \text{ kN}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 0,63 \times 10^3}{0,0315} = 80 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 80,0 = 240 \text{ kN} \geq F_{T,Ed} = 124,4 \text{ kN}$$

Porušení desky a šroubů- páčení:

$$n = \min\{e; 1,25 \times m\} = \min\{36; 1,25 \times 39,4\} = 36 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,015^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 1,43 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \frac{2 \times M_{pl,1,Rd} + n \times M_{pl,2,Rd}}{m + n} \\ = \frac{2 \times 1,43 \times 10^3 + 0,036 \times 56,5 \times 10^3}{0,0394 + 0,036} \\ = 64,9 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 4 \times 64,9 = 259,6 \text{ kN} \geq N_{E,d} = 124,4 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení svarového spoje sloupu

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

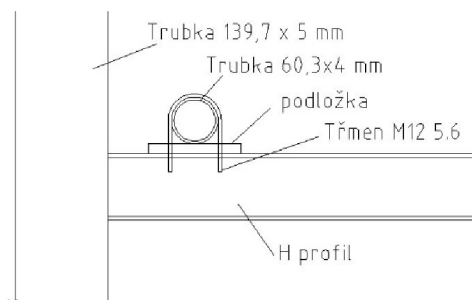
$$L = \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} \\ = \frac{34,91 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{4 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} \\ = 10,5 \text{ mm}$$

Návrh L=40 mm

Posouzení přípoje na sloup

Přípoj spodní:

Stav	Přípoj	Uzel	Nosníky	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
CO2/1	FC2	N124	B228	-0,42	-11,50	3,35	0,00	0,00	0,00
CO4/4	FC2	N124	B228	0,28	7,88	2,22	0,00	0,00	0,00
CO4/4	FC1	N127	B227	-1,36	11,75	9,61	0,00	0,00	0,00
CO2/1	FC1	N127	B227	-0,65	-8,21	8,48	0,00	0,00	0,00



Třmen M12 5.6

$$R_e = f_y = 275 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430 \text{ MPa}$$

$$A_s = 113,09 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{4 \times 0,6 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,6 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 94,04 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 94,04 \text{ kN} > N_{E,d,max} = 11,75 \text{ kN}$$

Přípoj horní:

Tah:

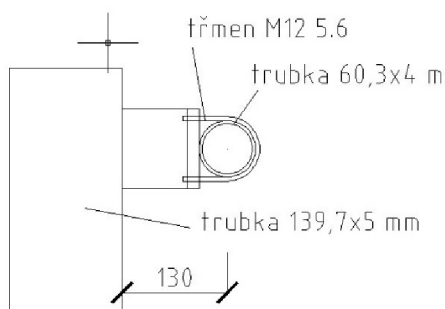
$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,9 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 140,05 \text{ kN}$$

Stav	Přípoj	Uzel	Nosníky	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
CO2/1	FC4	N126	B202	0,56	-10,05	-0,01	0,00	0,00	0,00
CO4/4	FC4	N126	B202	1,04	10,08	-0,01	0,00	0,00	0,00
CO4/4	FC3	N125	B208	-0,08	7,94	-0,01	0,00	0,00	0,00
CO2/1	FC3	N125	B208	0,38	-7,89	-0,01	0,00	0,00	0,00

$$N_{E,d,v} = 25,15 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 10,05 \text{ kN}$$

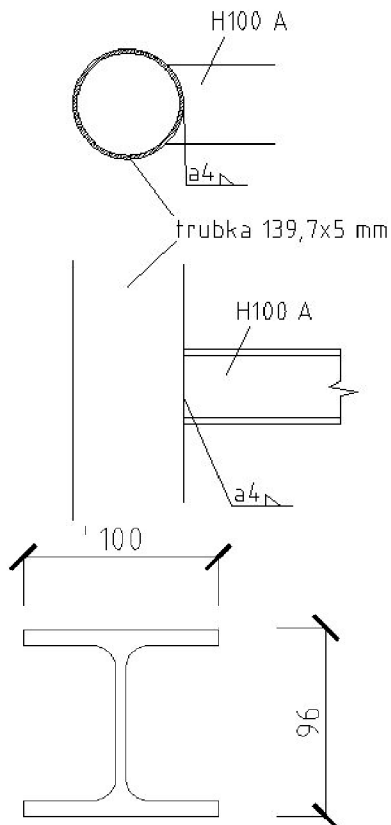


Posouzení svaru HE 100 A profilu k trubce sloupu:

Prvek	Slav	dx (m)	N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
B212	C013	1,700	-27,41	-0,35	-4,29	0,03	0,86	0,07
B212	C032	1,700	27,41	0,35	-2,15	-0,01	0,43	-0,01
B212	C032	0,000	13,22	1,01	8,72	-0,10	0,00	0,00
B212	C013	1,900	-27,41	-0,35	-4,33	0,03	0,00	0,00
B212	C013	0,200	-18,80	-0,03	-1,10	0,00	1,68	0,12
B212	C032	1,700	22,01	-0,14	-0,07	0,01	0,97	-0,01
B212	C032	0,200	13,22	1,01	8,68	-0,10	1,74	0,26

Posouzení svaru HE 100 A k
trubce sloupu

$$V_{E,d} = 4,29 \text{ kN}$$



$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{E,d}}{a \times 2 \times L} = \frac{4,29 \times 10^3}{0,004 \times 2 \times 0,056} = 9,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{E,d}}{A_1} = \frac{27,41 \times 10^3}{2048 \times 10^{-6}} = 13,33 \text{ MPa}$$

$$A_1 = 4 \times 2 \times 56 + 4 \times 4 \times 100 = 2048 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 13,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 34,58 \text{ MPa} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

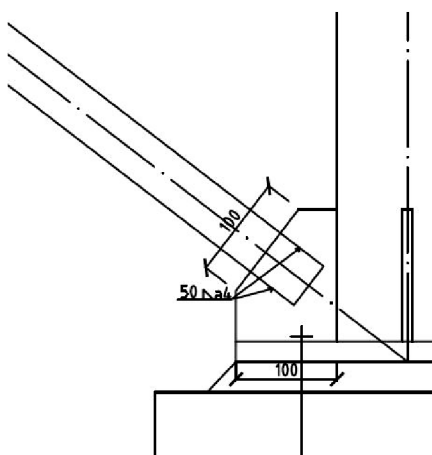
$$\sqrt{13,33^2 + 3 \times (13,33^2 + 9,5^2)} = 31,3 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru diagonály na styčnickový plech:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

$$L = \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} = \frac{48,28 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{4 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} = 14,5 \text{ mm}$$

Návrh L=40 mm



1.3 MSÚ-Mezní stav únosnosti - model č. 2

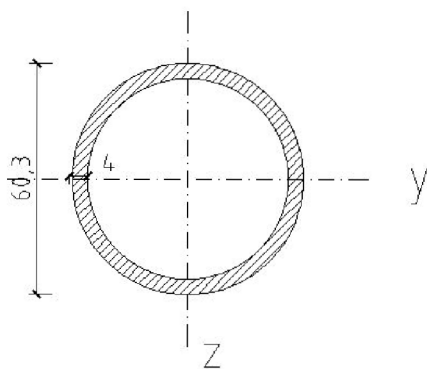
Posouzení modelu č. 2 pro zatížení - ČSN EN 12 899-1:

Únosnost tlačného pásu:

Přvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B459	CO1/1	0,000	-87,96	0,00	0,06	0,00	0,03	0,06
B459	CO3/3	0,000	12,40	0,00	0,06	0,00	0,03	-0,04
B459	CO1/1	1,500	-87,96	0,00	-0,06	0,00	0,03	0,06
B459	CO3/3	1,500	12,40	0,00	-0,06	0,00	0,03	-0,04
B459	CO1/1	0,600	-87,96	0,00	0,01	0,00	0,06	0,06

Třída průřezu:

$$\frac{d}{t} = \frac{60}{4} = 15,0 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \text{ třída I}$$



Trubka 60,3x4 mm

$$I_y = I_z = 2,82 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 707 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,27 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Ocel S235

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

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,50 \text{ m} \quad N_{Ed} = -87,96 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 2,82 \times 10^{-7}}{1,50^2} = 221,34 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000707 \times 235 \times 10^6}{221,34 \times 10^3}} = 0,866$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,866 - 0,2) + 0,866^2] = 0,945$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,945 + \sqrt{0,945^2 - 0,866^2}} = 0,756$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,756 \times 0,000707 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 125,55 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{87,96}{125,55} = 0,70 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Přvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B453	CO1/1	0,000	-11,88	-2,53	0,00	0,00	0,03	0,91
B453	CO3/3	0,000	85,32	-2,51	0,06	0,00	0,03	-0,88
B453	CO3/3	0,750	85,32	-2,59	0,00	0,03	0,06	1,00
B453	CO1/1	0,750	-11,88	-2,57	0,00	0,00	0,06	-0,99
B453	CO1/1	1,500	-11,88	-2,57	-0,06	0,00	0,03	0,94
B453	CO1/1	0,750	-11,88	-2,53	0,00	0,03	0,06	-0,99
B453	CO3/3	0,750	85,32	-2,51	0,00	0,00	0,06	1,00

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{707 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 166,15 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{85,32}{166,15} = 0,51 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na ohyb:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B453	CO1/1	0,000	-11,88	-2,53	0,06	0,00	0,03	0,91
B453	CO3/3	0,000	85,32	2,51	0,06	0,00	0,03	-0,88
B453	CO3/3	0,750	85,32	-2,59	0,00	0,00	0,05	1,00
B453	CO1/1	0,750	-11,88	2,57	0,00	0,00	0,05	-0,99
B453	CO1/1	1,500	-11,88	2,57	-0,06	0,00	0,03	0,94
B453	CO1/1	0,750	-11,88	-2,53	0,00	0,00	0,05	-0,99
B453	CO3/3	0,750	85,32	2,51	0,00	0,00	0,05	1,00

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,27 \times 10^{-5} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 2,98 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} = \frac{1,0}{2,98} = 0,33 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{0,05}{2,98} = 0,02 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na vzpěrný tlak s ohybem:

$$\psi_z = \frac{0,91}{0,94} = 0,957 \quad 0 \leq \psi_z \leq 1$$

$$\alpha_s = \frac{0,94}{-0,99} = -0,95 \quad -1 \leq \alpha_s \leq 0$$

$$C_{m,z} = -0,8 \times \alpha_s = 0,8 \times \alpha_s = -0,8 \times -0,95 = 0,76$$

Interakční součinitelé dle přílohy B

$$k_{z,z} = C_{m,z} \times \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,76 \times \left(1 + (0,866 - 0,2) \times \frac{11,88}{0,756 \times \frac{166,15}{1,0}} \right) = 0,807$$

$$k_{z,z} \leq C_{m,z} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} \leq 0,76 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{11,88}{0,756 \times \frac{166,15}{1,0}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,807 \leq 0,817$$

$$k_{y,z} = 0,6 \times k_{z,z} = 0,6 \times 0,807 = 0,484$$

Posouzení kolmo k z :

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{z,z} \times \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{11,88}{0,756 \times \frac{166,15}{1,0}} + 0,807 \times \frac{0,99}{\frac{2,98}{1,0}} \leq 1$$

$$0,36 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kolmo k y

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

$$\frac{11,88}{0,756 \times \frac{166,15}{1,0}} + 0,484 \times \frac{0,99}{\frac{1 \times 2,98}{1,0}} \leq 1$$

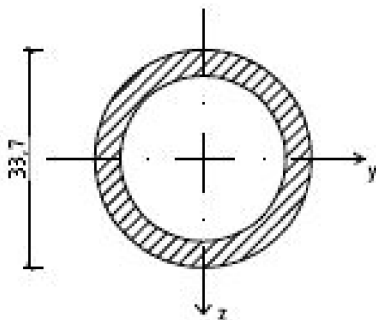
$$0,26 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vzpěrná únosnost vodorovných diagonál:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B167	CO11	0,000	-16,98	0,00	0,03	-0,01	0,00	0,00
B167	CO33	0,000	17,10	0,00	0,03	-0,01	0,00	0,00
B167	CO33	0,335	17,10	0,00	0,02	-0,01	0,01	0,00
B167	CO11	1,677	-16,98	0,00	-0,03	-0,01	0,00	0,00
B167	CO11	0,671	-16,98	0,00	0,01	-0,01	0,01	0,00
B167	CO33	0,671	17,10	0,00	0,01	-0,01	0,01	0,00

Trubka CHS 33,7x4mm

$$I_y = I_z = 4,19 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$



$$A = 373 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 3,55 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 16,98 \text{ kN}$$

S235

$$\alpha = 0,21$$

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,677 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,19 \times 10^{-8}}{1,677^2} = 30,89 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000373 \times 235 \times 10^6}{30,89 \times 10^3}} = 1,685$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,685 - 0,2) + 1,685^2] = 2,075$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,075 + \sqrt{2,075^2 - 1,685^2}} = 0,304$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,304 \times 0,000373 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 26,67 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{16,98}{26,67} = 0,63 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

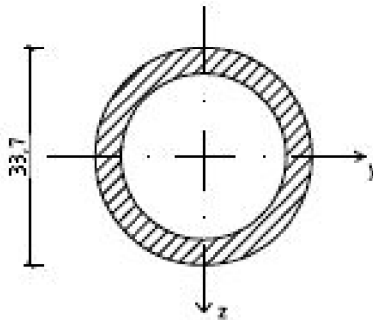
Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{373 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 87,655 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{17,10}{87,655} = 0,20 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vzpěrná únosnost svislých diagonál:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B148	CO3/3	1,250	-10,11	0,00	-0,01	0,02	0,00	0,00
B148	CO1/1	0,000	-10,07	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
B148	CO3/3	0,000	-10,07	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
B148	CO1/1	1,250	-10,10	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
B148	CO1/1	0,500	-10,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,250m$$

$$\begin{aligned} N_{cr,z} = N_{cr,y} &= \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,19 \times 10^{-8}}{1,25^2} \\ &= 55,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000373 \times 235 \times 10^6}{55,58 \times 10^3}} = 1,256$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,256 - 0,2) + 1,256^2] \\ &= 1,40 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,40 + \sqrt{1,40^2 - 1,256^2}} = 0,496$$

$$\begin{aligned} N_{br,d} &= \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,496 \times 0,000373 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ &= 43,46 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{10,11}{43,46} = 0,23 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B149	CO1/1	0,000	9,98	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
B149	CO3/3	1,250	10,02	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
B149	CO3/3	0,000	9,98	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
B149	CO1/1	1,250	10,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
B149	CO1/1	0,500	9,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

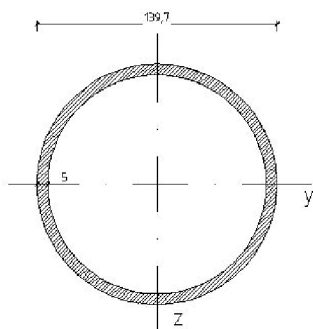
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{373 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 87,655 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{10,02}{87,655} = 0,11 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení sloupu:

Posouzení na vybočení kolmo z roviny příhradového sloupu:

Přvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B551	CO1/1	7,400	-120,35	-0,17	0,04	0,03	0,00	0,00
B551	CO3/2	5,940	106,42	0,21	-0,01	-0,02	0,02	-0,31
B551	CO3/2	0,000	-2,64	-32,67	-0,01	0,00	0,00	-6,66
B551	CO1/1	0,000	-4,04	33,37	0,04	0,05	-0,23	6,61
B551	CO3/2	0,100	-2,67	-32,67	-0,01	0,00	0,00	-9,92
B551	CO1/1	0,100	-4,06	33,37	0,04	0,05	-0,23	9,94



Trubka CHS 139,7 X 5 mm

$$I_y = I_z = 4,81 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$A = 2120 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 9,08 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 120,35 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{139,7}{5} = 27,94 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \text{ Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 7,4 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,81 \times 10^{-6}}{7,4^2} = 182,05 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00212 \times 235 \times 10^6}{182,05 \times 10^3}} = 1,654$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,654 - 0,2) + 1,654^2] \\ &= 2,02 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,02 + \sqrt{2,02^2 - 1,654^2}} = 0,314$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,314 \times 0,00212 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 156,57 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{120,35}{156,57} = 0,77 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{2120 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 498,2 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{106,42}{498,2} = 0,21 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení na vybočení v rovině příhradového sloupu:

$$L_{cr,z} = 1,46 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,81 \times 10^{-6}}{1,46^2} \\ = 4676,9 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,00212 \times 235 \times 10^6}{4676,9 \times 10^3}} = 0,326$$

$$\phi_z = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,326 - 0,2) + 0,326^2] \\ = 0,567$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,567 + \sqrt{0,567^2 - 0,326^2}} \\ = 0,971$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,971 \times 0,00212 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 483,87 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{120,35}{483,87} = 0,25 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení konce sloupu na ohyb:

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9,08 \times 10^{-5} \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 21,34 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rdz}} = \frac{9,94}{21,34} = 0,47 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

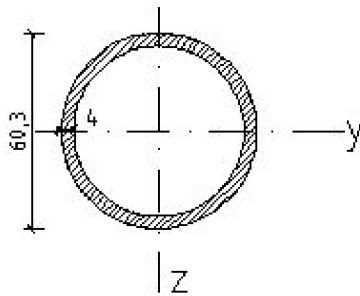
Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rdy}} = \frac{0,23}{21,34} = 0,01 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení diagonály příhradového sloupu:

Vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B496	CO3/2	0,000	-34,02	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00
B496	CO1/1	2,396	34,79	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
B496	CO1/1	0,000	34,69	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
B496	CO1/1	0,958	34,73	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00



Trubka CHS 48,3X4 mm

$$I_y = I_z = 1,38 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 557 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 7,87 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = -34,02 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{4} = 15,09 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 2,396 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 1,38 \times 10^{-7}}{2,396^2} = 49,822 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000557 \times 235 \times 10^6}{49,822 \times 10^3}} = 1,62$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,62 - 0,2) + 1,62^2] \\ &= 1,963 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,963 + \sqrt{1,963^2 - 1,62^2}} = 0,326$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,326 \times 0,000557 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 42,64 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{34,02}{42,62} = 0,80 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{557 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 130,89 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{37,79}{130,89} = 0,29 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

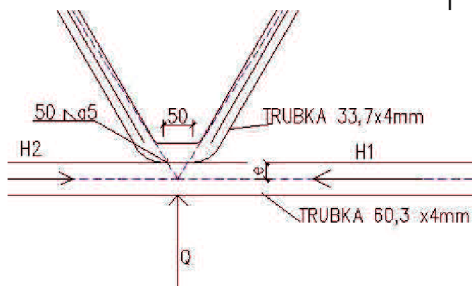
Svarový spoj diagonály s vodorovným pásem:

Nejvíce namáhaný
svar:

Prvek	Slav.	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B457	CO111	0,000	-70,82	-0,01	0,05	0,00	0,03	0,00
B457	CO302	0,000	9,40	0,01	0,05	0,00	0,03	-0,03
B457	CO111	0,500	-70,82	-0,01	0,00	0,00	0,05	0,05
B457	CO111	1,500	70,82	-0,01	-0,07	0,00	0,02	0,04
B358	CO111	0,000	-50,24	0,00	0,04	0,00	0,03	0,04
B358	CO302	0,000	6,13	-0,01	0,04	0,00	0,02	-0,02
B358	CO111	0,500	-50,24	0,00	-0,01	0,00	0,04	0,04
B358	CO111	1,500	50,24	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,04
B358	CO302	1,500	6,13	-0,01	-0,00	0,00	0,00	-0,04

$$N_{H2} = -70,82 \text{ kN}$$

$$N_{H1} = -50,24 \text{ kN}$$



$$e = 30,15 \text{ mm}$$

$$Q = 5,1 \text{ kN}$$

$$\Delta H = |-70,82 - (-50,24)| = 20,58 \text{ kN}$$

$$M = \Delta H \times e = 20,58 \times 0,03015 = 0,62 \text{ kNm}$$

$$W_{svar} = 2 \times \frac{1}{6} \times a \times L^2 = 2 \times \frac{1}{6} \times 0,005 \times 0,05^2 = 4,167 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\tau_{xH} = \tau_{\parallel} = \frac{\Delta H}{2 \times a \times L} = \frac{20,58 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,05} = 41,16 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xQ} = \frac{Q_d}{2 \times a \times L} = \frac{5,1 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,05} = 10,2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zM} = \frac{M}{W} = \frac{0,62 \times 10^3}{4,167 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 148,79 \text{ MPa}$$

$$\tau_z = \tau_{z,Q} + \tau_{z,M} = 10,2 + 148,79 = 159 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\tau_z}{\sqrt{2}} = \frac{159}{\sqrt{2}} = 112,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa} \leq \tau_{\perp}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{112,4^2 + 3 \times (112,4^2 + 41,16^2)} = 250,3 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení šroubového spoje:

Maximální tahová síla: $N_{E,d} = 84,9 \text{ kN}$

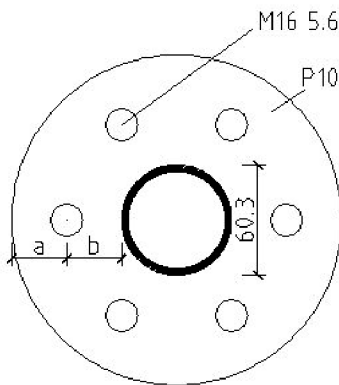
$$M_{Ed} = 1,0 \times 10^3 \text{ kNm}$$

NÁVRH 4 ŠROUBY M 16 5.6, P10

$$e_1 = 1,2 \times d_o = 1,2 \times 18 = 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 2,0 \times d_o = 2,0 \times 18 = 36 \text{ mm}$$

$$a = b = 36 \text{ mm}$$



Šrouby M16 5.6

$$f_{y,b} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,b} = 1,25$$

$$d_o = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$d_m = 25,85 \text{ mm}$$

Přídavná síla od momentu:

$$F_1 = \frac{M_{Ed}}{b} = \frac{1,0 \times 10^3}{0,142} = 7,04 \text{ kN}$$

$$N_{E,d} = 84,9 + 7,04 = 91,94 \text{ kN}$$

Tah:

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}} = \frac{6 \times 0,9 \times 500 \times 10^6 \times 157 \times 10^{-6}}{1,25} = 339,1 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 339,1 \text{ kN} \geq F_{E,d} = 91,94 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Protlačení:

$$B_{P,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 25,85 \times 10 \times 500}{1,25} = 194,9 \text{ kN}$$

$$4 \times B_{P,Rd} \geq F_{E,d}$$

$$779,6 \text{ kN} \geq 91,94 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení náhradního T profilu:

Porušení desky:

$$m = 36 - 0,8 \times a \times \sqrt{2} = 36 - 0,8 \times 4 \times \sqrt{2} = 31,5 \text{ mm}$$

$$L_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 31,5 = 197,9 \text{ mm}$$

$$L_{eff,op} = 2 \times m + 1,25 \times e = 2 \times 31,5 + 1,25 \times 36 = 108 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = \min\{L_{eff,cp}, L_{eff,op}\} = \min\{197,9; 108\} = 108 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,01^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 0,63 \text{ kN}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 0,63 \times 10^3}{0,0315} = 80,0 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 80 = 240 \text{ kN} \geq F_{T,Ed} = 91,94 \text{ kN}$$

Porušení desky a šroubů- páčení:

$$n = \min\{e; 1,25 \times m\} = \min\{36; 1,25 \times 39,4\} = 36 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,01^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 0,63 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \frac{2 \times M_{pl,1,Rd} + n \times F_{t,1,Rd}}{m + n} = \frac{2 \times 0,63 \times 10^3 + 0,036 \times 56,5 \times 10^3}{0,0394 + 0,036} = 43,7 \text{ kN}$$

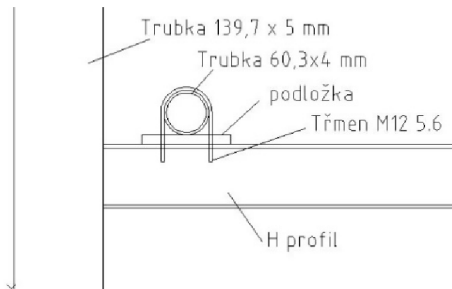
$$F_{T,Rd} = 3 \times 43,7 = 131,1 \text{ kN} \geq N_{E,d} = 91,94 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení přípoje na sloup

Přípoj spodní:

Stav	Přípoj	Uzel	Nosníky	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
*Studentká verze	*Studentká verze	*Studentká verze	*Studentká verze	*Studentká verze	*Studentká verze	*Studentká verze	*Studentká verze	*Studentká verze	*Studentká verze
CO3/2	FC1	N212	B367	-0,88	7,98	7,93	0,00	0,00	0,00
CO3/2	FC3	N211	B360	0,68	7,57	-0,02	0,00	0,00	0,00
CO1/1	FC2	N209	B365	-0,25	-9,18	2,30	0,00	0,00	0,00
CO1/1	FC3	N211	B360	0,42	-7,59	-0,02	0,00	0,00	0,00
CO1/1	FC1	N212	B367	-0,50	-4,44	7,93	0,00	0,00	0,00

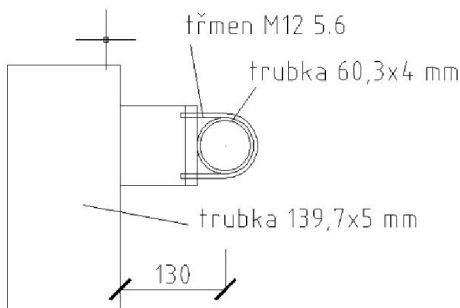


Třmen M12 5.6

$$R_e = f_y = 275 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430 \text{ MPa}$$

$$A_s = 113,09 \text{ mm}^2$$



$$F_{v,Rd} = \frac{4 \times 0,6 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,6 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 94,04 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 94,04 \text{ kN} > N_{E,d,max} = 9,18 \text{ kN}$$

Přípoj horní:

Tah:

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,9 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 140,05 \text{ kN}$$

$$N_{E,d,v} = 25,15 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 9,18 \text{ kN}$$

Posouzení svaru HE 100 A profilu k trubce sloupu:

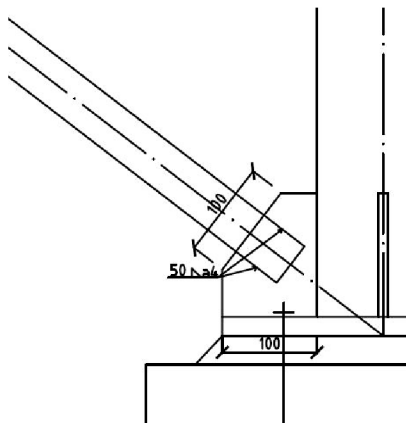
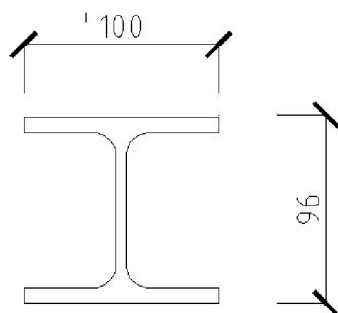
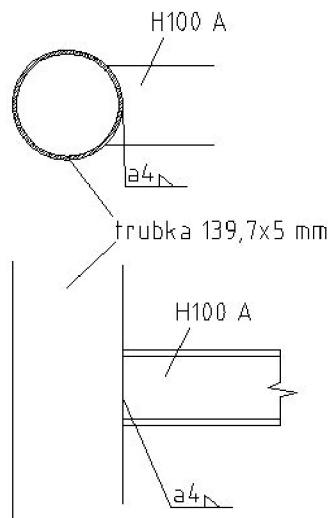
Prvek	Stav	dic [mm]	H [mm]	V _x [kN]	V _y [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B366	CO1/1	0,000	27,36	0,27	3,75	0,03	0,00	0,00
B366	CO3/2	0,000	26,62	0,01	2,36	0,00	0,00	0,00
B366	CO3/2	1,700	13,72	0,78	-8,13	-0,08	1,63	-0,16
B366	CO3/2	1,900	13,72	0,78	-8,16	-0,08	0,00	0,00
B366	CO1/1	0,200	-18,13	-0,03	1,42	0,00	-0,17	-0,05
B366	CO1/1	1,700	-18,16	-0,03	1,20	0,00	1,79	-0,09
B366	CO3/2	1,700	21,70	-0,11	-0,19	0,01	0,83	-0,16
B366	CO3/2	0,200	21,70	-0,11	0,02	0,01	0,96	0,00

$$V_{E,d} = 3,75 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{E,d}}{a \times 2 \times L} = \frac{3,75 \times 10^3}{0,004 \times 2 \times 0,056} = 8,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{E,d}}{A_1} = \frac{27,36 \times 10^3}{2048 \times 10^{-6}} = 13,35 \text{ MPa}$$

$$A_1 = 4 \times 2 \times 56 + 4 \times 4 \times 100 = 2048 \text{ mm}^2$$



$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 13,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{13,35^2 + 3 \times (13,35^2 + 8,4^2)} = 31 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru diagonály na styčnickový plech:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

$$L = \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} = \frac{34,02 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{4 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} = 10,2 \text{ mm}$$

Návrh L=40 mm

1.4 MSÚ - Mezní stav únosnosti - model
č. 2

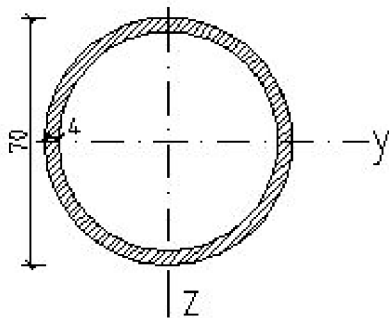
Únosnost nejvíce tlačeneho pásu:

Třída průřezu:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B459	CO2B	0,000	-111,85	0,00	0,06	0,00	0,04	0,08
B459	CO4A	0,000	27,35	0,00	0,06	0,00	0,04	-0,05
B459	CO2B	1,500	-111,85	0,00	-0,06	0,00	0,03	0,08
B459	CO4A	0,600	27,35	0,00	0,01	0,00	0,06	-0,05
B459	CO4A	1,500	27,35	0,00	-0,06	0,00	0,04	-0,05

$$\frac{d}{t} = \frac{70}{4} = 17,5 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \text{ třída I}$$

Vzpěrný tlak:



Trubka 70 × 4 mm

$$I_y = I_z = 4,53 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 829 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,74 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Ocel S235

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

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,50 \text{ m} \quad N_{Ed} = -111,85 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,53 \times 10^{-7}}{1,5^2} = 417,29 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000829 \times 235 \times 10^6}{417,29 \times 10^3}} = 0,683$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,683 - 0,2) + 0,683^2] = 0,784$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,784 + \sqrt{0,784^2 - 0,683^2}} = 0,856$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,856 \times 0,000829 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 166,66 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{111,85}{166,66} = 0,67 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B453	CO2B	0,000	-26,24	-3,50	0,07	0,00	0,04	1,26
B453	CO4A	0,000	110,23	3,50	0,07	0,00	0,03	-1,23
B453	CO4A	0,750	110,23	-3,55	0,00	0,00	0,06	1,39
B453	CO2B	0,750	-26,24	3,55	0,00	0,00	0,06	-1,37
B453	CO2B	1,500	-26,24	3,55	-0,06	0,00	0,04	1,29
B453	CO2B	0,750	-26,24	-3,50	0,00	0,00	0,06	-1,37
B453	CO4A	0,750	110,23	3,50	0,00	0,00	0,06	1,39

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{829 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 194,82 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{110,23}{194,82} = 0,57 < 1 \text{ VYHOVUJ}$$

Posouzení tlačného pásu na ohyb:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B453	C023	0,000	-26,24	-3,50	0,07	0,00	0,04	1,26
B453	C044	0,000	110,23	3,50	0,07	0,00	0,03	-1,23
B453	C044	0,750	110,23	-3,55	0,00	0,00	0,06	1,39
B453	C023	0,750	-26,24	3,55	0,00	0,00	0,06	-1,37
B453	C023	1,500	-26,24	3,55	-0,06	0,00	0,04	1,29
B453	C023	0,750	-26,24	-3,50	0,00	0,00	0,06	-1,37
B453	C044	0,750	110,23	3,50	0,00	0,00	0,06	1,39

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,47 \times 10^{-5} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 3,454 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rdz}} = \frac{1,39}{3,454} = 0,402 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rdy}} = \frac{0,06}{3,454} = 0,02 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na vzpěrný tlak s ohybem:

$$\psi_z = \frac{1,26}{1,29} = 0,97 \quad 0 \leq \psi_z \leq 1$$

$$\alpha_s = \frac{1,29}{-1,37} = -0,942 \quad -1 \leq \alpha_s \leq 0$$

$$C_{m,z} = -0,8 \times \alpha_s = 0,8 \times \alpha_s = -0,8 \times -0,942 = 0,753$$

Interakční součinitelé dle přílohy B

$$k_{z,z} = C_{m,z} \times \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,753 \times \left(1 + (0,683 - 0,2) \times \frac{26,24}{0,856 \times \frac{194,82}{1,0}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,810$$

$$k_{z,z} \leq C_{m,z} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

Bakalářská práce
Ústav kovových dřevěných konstrukcí

$$k_{z,z} \leq 0,753 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{26,24}{0,856 \times \frac{194,82}{1,0}} \right) = 0,848$$

$$k_{z,z} = 0,810 \leq 0,848$$

$$k_{y,z} = 0,6 \times k_{z,z} = 0,6 \times 0,810 = 0,486$$

Posouzení kolmo k z :

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{z,z} \times \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{26,24}{0,856 \times \frac{194,82}{1,0}} + 0,810 \times \frac{1,37}{\frac{3,454}{1,0}} \leq 1$$

$$0,479 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kolmo k y

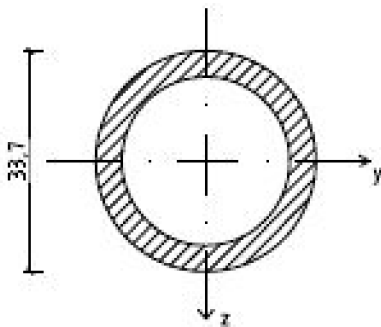
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{y,z} \times \frac{M_{z,Ed}}{\frac{\chi_{LT} \times M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{26,24}{0,856 \times \frac{194,82}{1,0}} + 0,486 \times \frac{1,37}{\frac{1 \times 3,454}{1,0}} \leq 1$$

$$0,35 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vzpěrná únosnost vodorovných diagonál:

Prvek	Stav	dx (m)	N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
B167	C023	0,000	-23,52	0,00	0,03	-0,01	0,00	0,00
B167	C023	0,671	-23,52	0,00	0,01	-0,01	0,01	0,00
B167	C023	1,677	-23,52	0,00	-0,03	-0,01	0,00	0,00



Trubka CHS 33,7x4mm

$$I_y = I_z = 4,19 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 373 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 3,55 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 16,11 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,677 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,19 \times 10^{-8}}{1,677^2} = 30,89 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000373 \times 235 \times 10^6}{30,89 \times 10^3}} = 1,685$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,685 - 0,2) + 1,685^2] \\ &= 2,075 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,075 + \sqrt{2,075^2 - 1,685^2}} = 0,304$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,304 \times 0,000373 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 26,67 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{23,52}{26,67} = 0,88 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

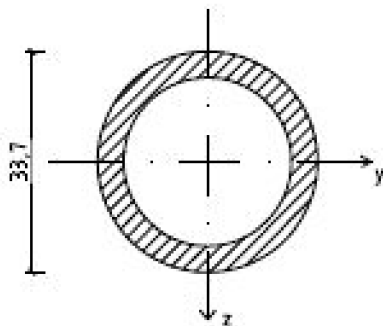
Prvek	Stav	dx (m)	N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
B151	C023	0,000	23,70	0,00	0,03	-0,02	0,00	0,00
B151	C023	0,671	23,70	0,00	0,01	-0,02	0,01	0,00
B151	C023	1,677	23,70	0,00	-0,03	-0,02	0,00	0,00

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{373 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 87,655 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{23,70}{87,655} = 0,27 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vzpěrná únosnost svislých diagonál:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B148	CO2/3	0,000	-11,32	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,00
B148	CO2/3	0,500	-11,34	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
B148	CO4/4	1,250	-11,37	0,00	-0,01	0,03	0,00	0,00
B148	CO2/3	1,250	-11,36	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00



Trubka CHS 33,7x4mm

$$I_y = I_z = 4,19 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 373 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 3,55 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 16,11 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,250 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,19 \times 10^{-8}}{1,25^2} = 55,58 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000373 \times 235 \times 10^6}{55,58 \times 10^3}} = 1,256$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,256 - 0,2) + 1,256^2] = 1,40$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,40 + \sqrt{1,40^2 - 1,256^2}} = 0,496$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,496 \times 0,000373 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 43,46 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{11,37}{43,46} = 0,26 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B149	CO2/3	0,000	11,23	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
B149	CO2/3	0,500	11,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B149	CO4/4	1,250	11,27	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{373 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 87,655 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{11,27}{87,655} = 0,13 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

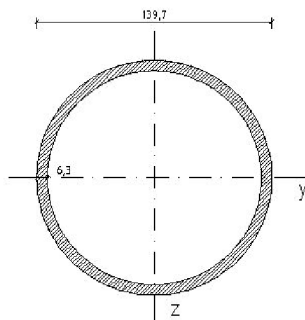
Posouzení sloupu:

Posouzení na vybočení kolmo z roviny příhradového sloupu:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B551	CO23	7,400	-165,03	-0,24	0,05	0,04	0,00	0,00
B551	CO44	5,940	152,47	0,30	-0,02	-0,04	0,03	-0,43
B551	CO44	0,000	-2,75	-46,18	-0,02	-0,01	0,05	-9,18
B551	CO23	0,000	-4,73	46,17	0,05	0,06	-0,29	9,14
B551	CO44	0,100	41,22	11,18	-0,02	-0,02	0,06	-13,80
B551	CO44	0,100	-2,77	-46,18	-0,02	-0,01	0,05	-13,80
B551	CO23	0,100	-4,76	46,17	0,05	0,06	-0,29	13,76

Trubka CHS 139,7 X 6,3 mm

$$I_y = I_z = 5,89 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$



$$A = 2640 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 120,55 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{139,7}{5} = 27,94 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 7,4 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 5,89 \times 10^{-6}}{7,4^2} = 222,93 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00264 \times 235 \times 10^6}{222,93 \times 10^3}} = 1,668$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,668 - 0,2) + 1,668^2] \\ &= 2,046 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,046 + \sqrt{2,046^2 - 1,668^2}} = 0,309$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,309 \times 0,00264 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 192,10 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{165,03}{192,10} = 0,86 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2640 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 620,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{152,47}{620,4} = 0,25 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na vybočení v rovině příhradového sloupu:

$$L_{cr,z} = 1,46 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 5,89 \times 10^{-6}}{1,46^2} \\ = 6812,84 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,00331 \times 235 \times 10^6}{6812,84 \times 10^3}} = 0,334$$

$$\phi_z = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,334 - 0,2) + 0,334^2] \\ = 0,572$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,572 + \sqrt{0,572^2 - 0,334^2}} \\ = 0,969$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,969 \times 0,00331 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 753,32 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{165,03}{753,32} = 0,22 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení konce sloupu na ohyb:

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,12 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 26,32 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rdz}} = \frac{13,80}{26,32} = 0,52 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rdy}} = \frac{0,29}{26,32} = 0,01 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení diagonály příhradového sloupu:

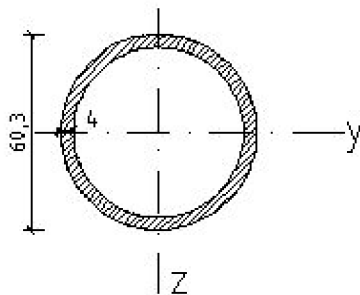
Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B496	CO44	0,000	48,28	0,00	0,07	0,02	0,00	0,00
B496	CO23	2,396	48,14	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00
B496	CO23	0,000	48,03	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
B496	CO23	0,958	48,07	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00

Vzpěrný tlak:

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{4} = 15,09 < 50 \times \varepsilon$$

$$= 50 \times 1$$

$$= 50 \text{ Třída I}$$



Trubka CHS 60,3X4 mm

$$I_y = I_z = 2,82 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 707 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 34,27 \text{ kN}$$

S 235

$$L_{cr,y} = 2,396 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 2,82 \times 10^{-7}}{2,396^2}$$

$$= 101,81 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000707 \times 235 \times 10^6}{101,81 \times 10^3}} = 1,278$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,278 - 0,2) + 1,278^2]$$

$$= 1,43$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,278^2}} = 0,483$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,483 \times 0,000707 \times 235 \times 10^6}{1,0}$$

$$= 80,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{48,28}{80,30} = 0,60 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{707 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 166,15 \text{ kN}$$

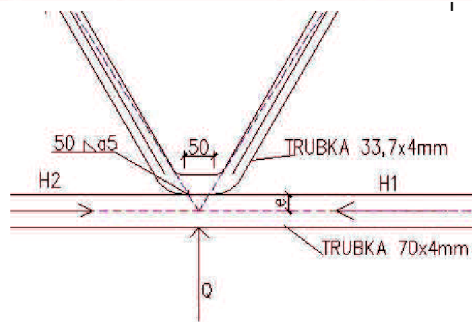
$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{48,14}{166,15} = 0,29 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Svarový spoj diagonály s vodorovným pásem:
Nejvíce namáhaný svar:

$$N_{H2} = -90,04 \text{ kN}$$

$$N_{H1} = -63,81 \text{ kN}$$

Prvek	Stav	dx (m)	N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
B457	CO2/3	0,000	-90,04	-0,02	0,06	0,00	0,03	0,08
B457	CO4/4	0,000	20,98	0,01	0,05	0,00	0,03	-0,05
B358	CO4/4	0,000	14,22	-0,02	0,04	0,00	0,03	-0,02
B358	CO4/4	1,500	14,22	-0,02	-0,09	0,00	0,00	-0,05
B358	CO2/3	0,000	-63,81	0,01	0,04	0,00	0,03	0,05
B457	CO4/4	0,600	20,98	0,01	0,00	0,00	0,05	-0,05



$$e = 35 \text{ mm}$$

$$Q_d = 70,6 \text{ kN}$$

$$\Delta H = |-90,04 - (-63,81)| = 26,23 \text{ kN}$$

$$M = \Delta H \times e = 26,23 \times 0,035 = 0,918 \text{ kNm}$$

$$W_{svar} = 2 \times \frac{1}{6} \times a \times L^2 = 2 \times \frac{1}{6} \times 0,005 \times 0,05^2 = 4,167 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\tau_{xH} = \tau_{\parallel} = \frac{\Delta H}{2 \times a \times L} = \frac{26,23 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,05} = 52,46 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xQ} = \frac{Q_d}{2 \times a \times L} = \frac{7,06 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,05} = 14,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zM} = \frac{M}{W} = \frac{0,918 \times 10^3}{4,167 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 220,3 \text{ MPa}$$

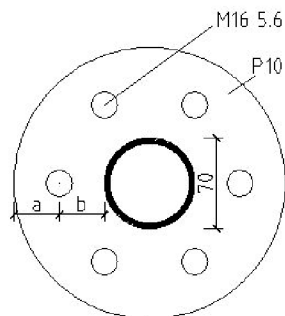
$$\tau_z = \tau_{z,Q} + \tau_{z,M} = 14,1 + 220,3 = 234,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\tau_z}{\sqrt{2}} = \frac{234,4}{\sqrt{2}} = 165,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa} \leq \tau_{\perp}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{165,7^2 + 3 \times (165,7^2 + 52,46^2)} = 343,6 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$



Šrouby M16 5.6

$$f_{y,b} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,b} = 1,25$$

$$d_o = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$d_m = 25,85 \text{ mm}$$

Posouzení šroubového spoje:

Maximální tahová síla: $N_{E,d} = 111,85 \text{ kN}$

$$M_{Ed} = 1,37 \times 10^3 \text{ kNm}$$

NÁVRH 4 ŠROUBY M 16 5.6, P10

$$e_1 = 1,2 \times d_o = 1,2 \times 18 = 19,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 2,0 \times d_o = 2,0 \times 18 = 36 \text{ mm}$$

$$a = b = 36 \text{ mm}$$

Přídavná síla od momentu:

$$F_1 = \frac{M_{Ed}}{b} = \frac{1,37 \times 10^3}{0,142} = 9,65 \text{ kN}$$

$$N_{E,d} = 111,85 + 9,65 = 121,5 \text{ kN}$$

Tah:

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}} = \frac{6 \times 0,9 \times 500 \times 10^6 \times 157 \times 10^{-6}}{1,25} = 718,2 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 339,1 \text{ kN} \geq F_{E,d} = 121,5 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Protlačení:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 25,85 \times 10 \times 500}{1,25} = 779,6 \text{ kN}$$

$$4 \times B_{p,Rd} \geq F_{E,d}$$

$$779,6 \text{ kN} \geq 121,5 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení náhradního T profilu:

Porušení desky:

$$m = 36 - 0,8 \times a \times \sqrt{2} = 36 - 0,8 \times 4 \times \sqrt{2} = 31,5 \text{ mm}$$

$$L_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 31,5 = 197,9 \text{ mm}$$

$$L_{eff,op} = 2 \times m + 1,25 \times e = 2 \times 31,5 + 1,25 \times 36 = 108 \text{ mm}$$

Bakalářská práce
Ústav kovových dřevěných konstrukcí

$$L_{eff} = \min\{L_{eff,cp}, L_{eff,op}\} = \min\{197,9; 108\} \\ = 108 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 0,63 \times 10^3}{0,0315} = 80,0 \text{ kN}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,01^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 0,63 \text{ kN}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 0,63 \times 10^3}{0,0315} = 80,0 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 80 = 240 \text{ kN} \geq F_{T,Ed} = 121,5 \text{ kN}$$

Porušení desky a šroubů- páčení:

$$n = \min\{e; 1,25 \times m\} = \min\{36; 1,25 \times 39,4\} = 36 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,01^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 0,63 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \frac{2 \times M_{pl,1,Rd} + n \times M_{pl,2,Rd}}{m + n} \\ = \frac{2 \times 0,63 \times 10^3 + 0,036 \times 56,5 \times 10^3}{0,0394 + 0,036} \\ = 43,7 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 43,7 = 131,1 \text{ kN} \geq N_{E,d} = 121,5 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení svarového spoje sloupu

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

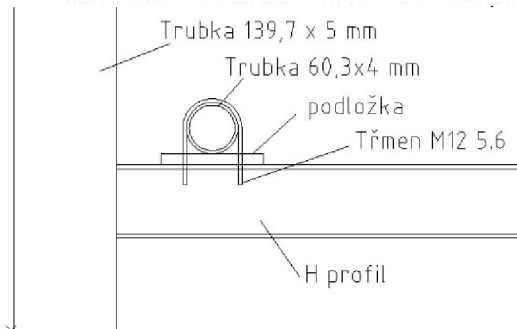
$$L = \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} \\ = \frac{34,91 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{4 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} \\ = 10,5 \text{ mm}$$

Návrh L=40 mm

Posouzení přípoje na sloup

Přípoj spodní:

Stav	Přípoj	Uzel	Nosníky	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
CO4/4	FC1	N212	B367	-1,08	10,99	8,92	0,00	0,00	0,00
CO4/4	FC3	N211	B360	0,82	10,49	-0,02	0,00	0,00	0,00
CO2/3	FC2	N209	B365	-0,33	12,20	2,58	0,00	0,00	0,00
CO2/3	FC3	N211	B360	0,44	-10,50	-0,02	0,00	0,00	0,00
CO2/3	FC1	N212	B367	-0,51	-6,64	8,92	0,00	0,00	0,00



$$F_{v,Rd} = \frac{4 \times 0,6 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,6 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 94,04 \text{ kN}$$

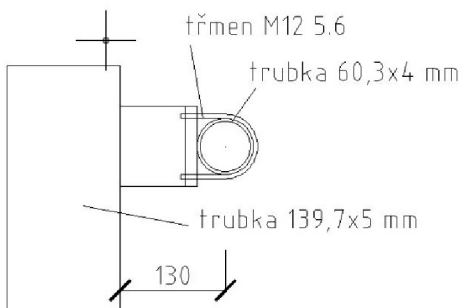
$$F_{v,Rd} = 94,04 \text{ kN} > N_{E,d,max} = 12,20 \text{ kN}$$

Třmen M12 5.6

$$R_e = f_y = 275 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430 \text{ MPa}$$

$$A_s = 113,09 \text{ mm}^2$$



Přípoj horní:

Tah:

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,9 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 140,05 \text{ kN}$$

$$N_{E,d,v} = 25,15 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 140,05 \text{ kN}$$

Posouzení svaru HE 100 A profilu k trubce sloupu:

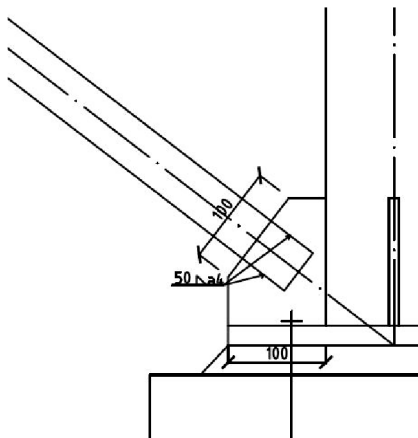
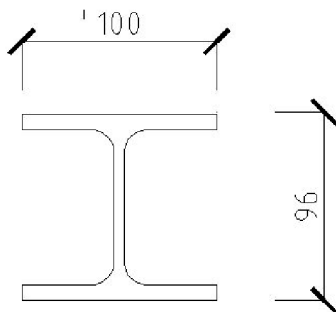
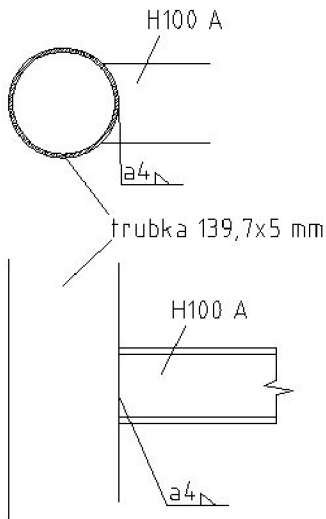
Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B366	CO2/3	0,000	-37,86	-0,35	4,41	0,03	0,00	0,00
B366	CO4/4	0,000	37,83	0,08	2,43	-0,01	0,00	0,00
B366	CO4/4	1,700	13,02	0,94	-3,38	0,09	1,88	-2,19
B366	CO4/4	1,900	19,02	0,94	-9,41	-0,09	0,00	0,00
B366	CO2/3	0,200	-25,66	-0,02	1,78	0,00	-0,34	-0,07
B366	CO2/3	1,700	-25,66	-0,02	1,54	0,00	2,15	-0,10
B366	CO4/4	1,700	30,01	-0,14	-0,44	0,01	0,78	-0,19
B366	CO4/4	0,200	30,01	-0,14	-0,20	0,01	1,26	0,02

$$V_{E,d} = 4,41 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{E,d}}{a \times 2 \times L} = \frac{4,41 \times 10^3}{0,004 \times 2 \times 0,056} = 9,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{E,d}}{A_1} = \frac{37,86 \times 10^3}{2048 \times 10^{-6}} = 18,5 \text{ MPa}$$

$$A_1 = 4 \times 2 \times 56 + 4 \times 4 \times 100 = 2048 \text{ mm}^2$$



Sem zadejte rovnici.

Sem zadejte rovnici.

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 18,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{18,5^2 + 3 \times (18,5^2 + 9,8^2)} = 40,7 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru diagonály na styčnickový plech:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

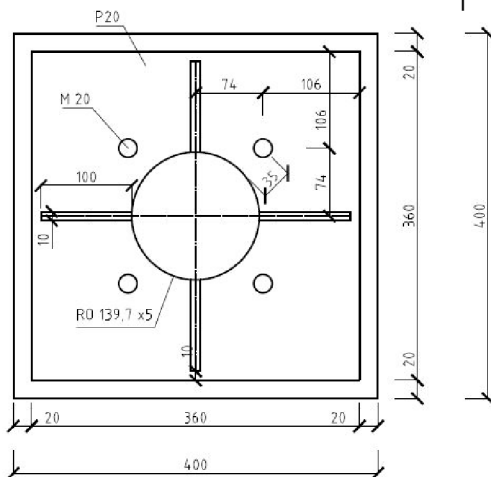
$$L = \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} = \frac{48,28 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{4 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} = 14,5 \text{ mm}$$

Návrh L=40 mm

Beton C16/20

$$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{16}{1,5} = 10,67 \text{ MPa}$$



Výpočet kotvení sloupu varianty A

Posouzení na tlak:

$$a_1 = \min(A_p; 5a; a + h; 5b) = \min(0,4; 1,4; 1,1; 1,4) = 0,4 \text{ m}$$

$$b_1 = \min(B_p; 5b; b + h; 5a) = \min(0,4; 1,4; 1,1; 1,4) = 0,4 \text{ m}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \times b_1}{a \times b}} = \sqrt{\frac{0,4 \times 0,4}{0,36 \times 0,36}} = 1,11$$

$$f_{i,d} = \beta_j \times k_j \times f_{c,d} = \frac{2}{3} \times 1,11 \times 10,67 = 7,90 \text{ MPa}$$

$$c = t_p \times \sqrt{\frac{f_y}{3 \times f_{i,d} \times \gamma_{M,o}}} = 20 \times \sqrt{\frac{235}{3 \times 7,90 \times 1,0}} = 62,98 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = \pi \times (r_1^2 - r_2^2) = \pi \times (132,74^2 - 6,96^2) = 55202 \text{ mm}^2$$

$$N_{R,d} = A_{eff} \times f_{i,d} = 0,055202 \times 7,90 \times 10^6 = 436,1 \text{ kN}$$

$$N_{E,d} = 120,55 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{E,d}}{N_{R,d}} = \frac{120,55}{436,1} \leq 0,28 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení svaru sloupu a kotvení desky:

$$A_1 = \pi d a = \pi \times 139,7 \times 4 = 1755,5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{E,d}}{A_1} = \frac{120,55 \times 10^3}{1,755 \times 10^{-3}} = 68,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{E,d}}{A_2} = \frac{0,17 \times 10^3}{8,775 \times 10^{-4}} = 0,2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\tau_{\parallel}}{\sqrt{2}} = \frac{0,2}{\sqrt{2}} = 0,14 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{68,7^2 + 3 \times (0,2^2 + 0,14^2)} = 68,7 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení sloupu na tah:

Únosnost šroubů na tah:

Návrh: 4 x zabetonovaný šroub s hákem M 30

$$N_{R,d,1} = 89,8 \text{ kN} \quad N_{R,d} = 4 \times 89,8 = 359,2 \text{ kN}$$

Minimální hloubka zabetonování $h_{min} = 760 \text{ mm}$

$$N_{R,d} = 359,2 \text{ kN} \geq N_{E,d} = 120,55 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Páčení kotevních šroubů

$$\begin{aligned} L_{eff,cp} &= \min(2\pi m; \pi m + 2e_t) \\ &= \min(2 \times \pi \times 74; \pi \times 74 + 2 \times 106) \\ &= 444 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{eff,op} &= 2 \times m + 1,25 \times e = 2 \times 74 + 1,25 \times 102 \\ &= 275,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{eff} &= \min\{L_{eff,cp}, L_{eff,op}\} = \min\{444; 275,5\} \\ &= 275,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Porušení desky:

$$\begin{aligned} M_{pl,1,Rd} &= \frac{t_p^2 \times f_{yd} \times L_{eff}}{4 \times \gamma_{M,o}} = \frac{0,02^2 \times 235 \times 10^6 \times 0,2755}{4 \times 1,25} \\ &= 6,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 6,5 \times 10^3}{0,074} = 351,4 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 2 \times 351,4 = 702,8 \text{ kN} \geq F_{T,Ed} = 120,55 \text{ kN}$$

Porušení desky a šroubů- páčení:

$$n = \min\{e; 1,25 \times m\} = \min\{74; 1,25 \times 102\} = 74 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pl,2,Rd} &= \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{M,o}} \\ &= \frac{0,25 \times 0,2755 \times 0,02^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ &= 6,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{T,Rd} &= \frac{2M_{pl,1,Rd} + n \times F_{t,1,Rd}}{m + n} \\ &= \frac{2 \times 6,5 \times 10^3 + 0,074 \times 89,8 \times 10^3}{0,074 + 0,074} \\ &= 132,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bakalářská práce Ústav kovových dřevěných konstrukcí

$$F_{T,Rd} = 2 \times 132,7 = 265,5 \text{ kN} \geq N_{E,d} = 120,55 \text{ kN}$$

Namáhání kotevních šroubů – vítr boční strana

Zatížení příhradoviny větrem:

Součinitel plnosti:

$$A = \sum b_i \times l + \sum A_k = 3,767 \text{ m}^2$$

$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{3,767}{17,748} = 0,212$$

$$R_e = \frac{bv(z_e)}{v} = \frac{0,1397 \times 26,52}{15 \times 10^{-6}} = 246990$$

$$R_e \rightarrow c_{f,0} = 1,1$$

$$\lambda = \min\left(\frac{2l}{b}; 70\right) = \min\left(\frac{2 \times 8,7}{2,04}; 70\right) = 8,53$$

$$\lambda \rightarrow \psi_\lambda = 0,95$$

Součinitel síly: $c_{f,0} \times \psi_\lambda = 1,1 \times 0,95 = 1,05$

$$q_{Ek} = 1,046 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{w,d} = q_{Ek} \times c_{f,0} \times \psi_\lambda \times A_{ref} = 1,046 \times 1,05 \times 3,767 = 4,1 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 4,1 \times 4,35 = 17,84 \text{ kNm}$$

Vzniklá tahová síla ve šroubech:

$$F_{t,d} = \frac{M_{Ed}}{d} = \frac{17,84 \times 10^3}{0,148} = 120,6 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,d} = \frac{120,6}{2} = 60,3 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 89,8 \text{ kN}$$

Posouzení svaru výztuhy patního plechu:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

$$L \geq \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} = \frac{\frac{1}{4} \times 108,63 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{2 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} = 16,3 \text{ mm} \quad \text{Návrh } L = 100 \text{ mm}$$

VARIANTA B

2.1 MSÚ -Mezní stav únosnosti - model č. 3

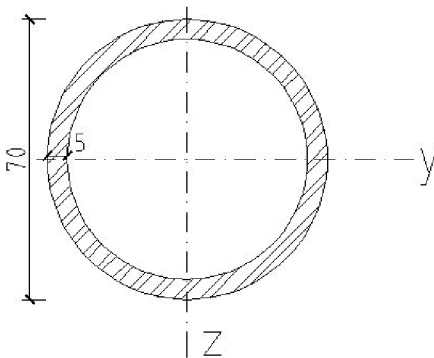
Posouzení modelu č. 1 pro zatížení - ČSN EN 12 899-1:

Únosnost tlačeneho pásu

Třída průřezu:

$$\frac{d}{t} = \frac{70}{5} = 14 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \text{ třída I}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B422	CO13	0,000	-161,30	0,00	0,06	0,01	0,07	-0,09
B422	CO74	0,000	18,81	0,00	0,06	-0,01	0,07	0,06
B422	CO13	1,250	-161,30	0,00	-0,06	0,01	-0,07	-0,10
B422	CO13	0,625	-161,30	0,00	0,00	0,01	0,09	-0,09



Trubka 70 × 5 mm

$$I_y = I_z = 5,42 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 1020 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 2,1125 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Ocel S235

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

Vzpěrný tlak:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,25 \text{ m} \quad N_{Ed} = -163,31 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 5,42 \times 10^{-7}}{1,25^2} = 718,95 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00102 \times 235 \times 10^6}{718,95 \times 10^3}} = 0,577$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,577 - 0,2) + 0,577^2] = 0,706$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,706 + \sqrt{0,706^2 - 0,577^2}} = 0,899$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,899 \times 0,00102 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 215,34 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{161,30}{215,34} = 0,76 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B412	CO13	0,000	-18,01	-2,13	0,06	0,00	0,07	0,61
B412	CO74	0,000	160,81	2,13	0,06	0,01	0,07	-0,57
B412	CO13	1,250	-18,01	2,13	-0,06	0,00	0,07	0,60
B412	CO13	0,625	-18,01	-2,13	0,00	0,00	0,09	-0,72
B412	CO74	0,625	160,81	2,13	0,00	0,01	0,09	0,76

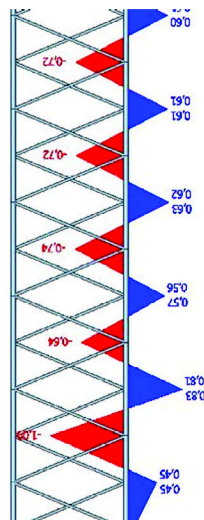
Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1020 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 239,7 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{160,81}{239,7} = 0,67 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na ohyb pod I profilem:

Prvek	Stav	ds (m)	N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
E408	CO1/1	0,000	-9,96	2,48	0,11	0,00	0,01	0,44
E408	CO72	0,000	107,36	2,48	0,10	-0,01	0,01	-0,43
E408	CO72	0,625	107,36	-3,05	0,04	-0,01	0,06	1,12
E408	CO1/1	0,625	-9,96	3,07	0,05	0,00	0,06	-1,09
E408	CO72	1,250	107,36	-3,05	-0,02	-0,01	0,06	-0,79
E408	CO1/1	1,250	-9,96	3,07	-0,01	0,00	0,07	0,83
E408	CO1/1	0,625	-9,96	-2,45	0,05	0,00	0,06	-1,09
E408	CO72	0,625	107,36	2,48	0,04	-0,01	0,06	1,12



$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$= \frac{2,1125 \times 10^{-5} \times 235 \times 10^6}{1,0}$$

$$= 4,964 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rdz}} = \frac{1,12}{4,964} = 0,22 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rdy}} = \frac{0,07}{4,964} = 0,01 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na vzpěrný tlak s ohybem:

$$\psi_z = \frac{0,45}{1,09} = 0,41 \quad -1 \leq \psi_z \leq 1$$

$$\alpha_s = \frac{0,83}{-1,09} = -0,761 \quad -1 \leq \alpha_s \leq 0$$

$$C_{m,z} = -0,8 \times \alpha_s = 0,8 \times \alpha_s = -0,8 \times -0,761 = 0,61$$

Interakční součinitelé dle přílohy B

$$k_{z,z} = C_{m,z} \times \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,61 \times \left(1 + (0,557 - 0,2) \times \frac{9,96}{0,899 \times \frac{239,7}{1,0}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,620$$

$$k_{z,z} \leq C_{m,z} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} \leq 0,620 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{9,96}{0,899 \times \frac{239,7}{1,0}} \right) = 0,643$$

$$k_{z,z} = 0,620 \leq 0,643$$

$$k_{y,z} = 0,6 \times k_{z,z} = 0,6 \times 0,620 = 0,386$$

Posouzení kolmo k z :

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{z,z} \times \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{9,96}{0,899 \times \frac{239,7}{1,0}} + 0,620 \times \frac{1,09}{\frac{4,964}{1,0}} \leq 1$$

$$0,18 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kolmo k y

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

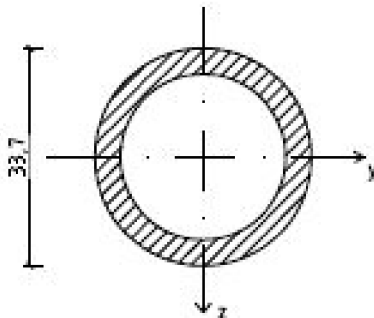
$$\frac{9,96}{0,899 \times \frac{239,7}{1,0}} + 0,386 \times \frac{1,09}{\frac{1 \times 4,964}{1,0}} \leq 1$$

$$0,13 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost vodorovných diagonál

Posouzení na vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B263	CO1/1	0,000	-29,68	0,00	0,03	-0,02	0,00	0,00
B410	CO1/1	0,000	-6,99	0,53	0,00	0,00	0,10	-0,22
B408	CO1/1	0,000	-9,96	-2,45	0,11	0,00	0,01	0,44
B408	CO1/1	0,625	-9,96	3,07	0,05	0,00	0,06	-1,09
B410	CO1/1	1,250	-6,99	0,53	-0,11	0,00	0,03	0,44
B281	CO1/1	0,000	-12,39	-2,32	0,07	0,00	0,05	0,81
B408	CO1/1	0,625	-9,96	-2,45	0,05	0,00	0,06	-1,09
B408	CO1/1	1,250	-9,96	3,07	-0,01	0,00	0,07	0,83



Trubka CHS 33,7x5mm

$$I_y = I_z = 4,78 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 451 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 4,119 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = -29,68 \text{ kN}$$

S235

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{5} = 6,74 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,625 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,78 \times 10^{-8}}{1,625^2} = 37,51 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000451 \times 235 \times 10^6}{37,51 \times 10^3}} = 1,681$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,681 - 0,2) + 1,681^2] \\ &= 2,07 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,07 + \sqrt{2,07^2 - 1,681^2}} = 0,306$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,306 \times 0,000451 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 32,38 \text{ kN}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
E264	CO7/2	0,000	23,80	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00
E264	CO1/1	0,000	23,46	0,00	0,03	-0,01	0,00	0,00
E264	CO1/1	1,525	23,46	0,00	-0,03	0,01	0,00	0,00
E264	CO1/1	0,812	23,46	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,00

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{29,68}{32,38} = 0,92 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na prostý tah:

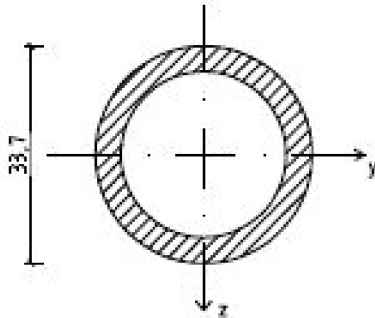
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{451 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 105,99 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{23,28}{105,99} = 0,22 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svislých diagonál

Posouzení na vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B254	CO11	0,000	-18,16	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,00
B254	CO11	1,179	-18,12	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00
B254	CO11	0,590	-18,14	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00



Trubka CHS 33,7x5mm

$$I_y = I_z = 4,78 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 451 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 4,119 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = -18,16 \text{ kN}$$

S235

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,179 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{cr,z} = N_{cr,y} &= \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,78 \times 10^{-8}}{1,179^2} \\ &= 71,27 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000451 \times 235 \times 10^6}{71,27 \times 10^3}} = 1,219$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,219 - 0,2) + 1,219^2] = 1,306$$

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,306 + \sqrt{1,306^2 - 1,185^2}} \\ &= 0,518 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{br,d} &= \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,518 \times 0,000451 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ &= 54,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{18,14}{54,88} = 0,33 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B252	CO11	0,000	14,87	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
B252	CO74	1,179	15,54	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00
B252	CO74	0,000	15,50	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
B252	CO11	1,179	14,92	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00
B252	CO11	0,590	14,90	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

Posouzení na prostý tah:

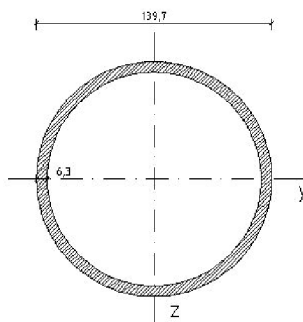
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{451 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 105,99 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{14,87}{105,99} = 0,14 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení sloupu

Posouzení sloupu na vybočení z roviny:

Prvek	Stav	chr [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B430	CO13	7,400	-179,63	-0,35	0,12	0,13	0,00	0,00
B430	CO74	5,940	163,65	0,45	-0,02	-0,05	0,03	-0,65
B430	CO74	0,000	-4,16	-49,30	-0,02	0,00	0,01	-9,38
B430	CO13	0,000	-6,25	49,51	0,12	0,17	-0,84	9,67
B430	CO74	0,100	-4,19	-49,30	-0,02	0,00	0,01	-14,31
B430	CO13	0,100	-6,28	49,51	0,12	0,17	-0,82	14,62



Trubka CHS 139,7 X 6,3 mm

$$I_y = I_z = 5,89 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$A = 2640 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 120,55 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{139,7}{6,3} = 22,17 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 7,4 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 5,89 \times 10^{-6}}{7,4^2} = 222,93 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00264 \times 235 \times 10^6}{222,93 \times 10^3}} = 1,668$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,668 - 0,2) + 1,668^2] \\ &= 2,046 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,046 + \sqrt{2,046^2 - 1,668^2}} = 0,309$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,309 \times 0,00264 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 192,10 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{179,63}{192,10} = 0,94 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{2640 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 620,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{163,65}{620,4} = 0,26 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Bakalářská práce Ústav kovových dřevěných konstrukcí

Posouzení na vybočení v rovině příhradového sloupu:

$$L_{cr,z} = 1,46 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 5,89 \times 10^{-6}}{1,46^2} \\ = 6812,84 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,00331 \times 235 \times 10^6}{6812,84 \times 10^3}} = 0,334$$

$$\phi_z = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,334 - 0,2) + 0,334^2] \\ = 0,572$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,572 + \sqrt{0,572^2 - 0,334^2}} \\ = 0,969$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,969 \times 0,00331 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 753,32 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{179,63}{753,32} = 0,24 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení konce sloupu na ohyb:

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,12 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 26,32 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rdz}} = \frac{14,62}{26,32} = 0,56 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

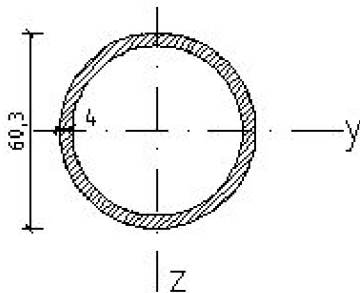
Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rdy}} = \frac{0,84}{26,32} = 0,02 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení diagonály příhradového sloupu:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B443	CO7/4	0,000	-52,89	0,00	0,12	0,00	-0,09	0,02
B443	CO1/1	2,396	52,59	0,00	-0,12	0,00	-0,10	-0,01
B443	CO1/1	0,000	52,50	0,00	0,00	0,00	0,04	-0,01
B443	CO7/4	2,396	-52,80	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01

Vzpěrný tlak:



Trubka CHS 60,3X4 mm

$$I_y = I_z = 2,82 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 707 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 34,27 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{4} = 15,09 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 2,396 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 2,82 \times 10^{-7}}{2,396^2} = 101,81 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000707 \times 235 \times 10^6}{101,81 \times 10^3}} = 1,278$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,278 - 0,2) + 1,278^2] \\ &= 1,43 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,278^2}} = 0,483$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,483 \times 0,000707 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 80,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{52,89}{80,30} = 0,66 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{707 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 166,15 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{52,59}{166,15} = 0,32 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Spoje

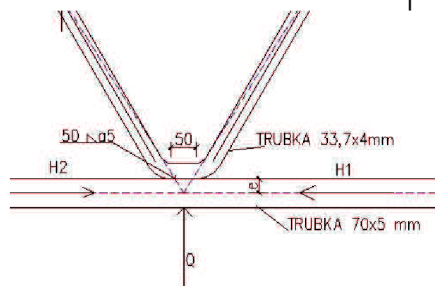
Svarový spoj diagonály s vodorovným pásem:

Nejvíce namáhaný svar:

$$N_{H2} = -124,16 \text{ kN}$$

$$N_{H1} = -97,83 \text{ kN}$$

Prvek	Slav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B426	CO1/1	0,000	-124,16	0,00	0,08	0,01	0,04	-0,08
B426	CO7/4	0,000	15,55	-0,02	0,08	-0,01	0,04	0,07
B428	CO1/1	0,000	-97,83	-0,07	0,11	0,00	0,00	-0,01
B428	CO7/4	0,000	12,65	0,04	0,10	0,00	0,01	0,00
B426	CO1/1	1,250	-124,16	0,00	-0,04	0,01	0,07	-0,08
B426	CO1/1	0,625	-124,16	0,00	0,02	0,01	0,07	-0,08
B428	CO1/1	1,250	-97,83	-0,07	-0,01	0,00	0,07	-0,09



$$\Delta H = |-124,16 - (-97,83)| = 26,23 \text{ kN}$$

$$M = \Delta H \times e = 26,33 \times 0,035 = 0,922 \text{ kNm}$$

$$W_{svar} = 2 \times \frac{1}{6} \times a \times L^2 = 2 \times \frac{1}{6} \times 0,005 \times 0,05^2 = 4,167 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\tau_{xH} = \tau_{\parallel} = \frac{\Delta H}{2 \times a \times L} = \frac{26,33 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,05} = 52,66 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xQ} = \frac{Q_d}{2 \times a \times L} = \frac{5,1 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,05} = 10,2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zM} = \frac{M}{W} = \frac{0,922 \times 10^3}{4,167 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 221,3 \text{ MPa}$$

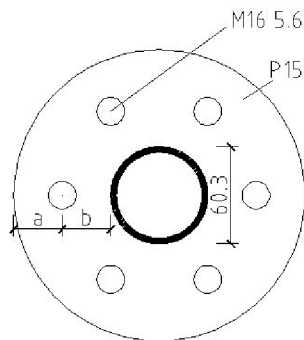
$$\tau_z = \tau_{z,Q} + \tau_{z,M} = 10,2 + 221,3 = 231,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\tau_z}{\sqrt{2}} = \frac{231,5}{\sqrt{2}} = 163,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa} \leq \tau_{\perp}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{163,7^2 + 3 \times (163,7^2 + 52,66^2)} = 339,9 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$



Šrouby M 16 5.6

$$f_{y,b} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,b} = 1,25$$

$$d_o = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$d_m = 25,85 \text{ mm}$$

Posouzení šroubového spoje:

Maximální tahová síla: $N_{E,d} = 160,81 \text{ kN}$

$$M_{Ed} = 1,09 \times 10^3 \text{ kNm}$$

NÁVRH 4 ŠROUBY M 18 5.6, P10

$$e_1 = 1,2 \times d_o = 1,2 \times 18 = 21, \text{ mm}$$

$$e_2 = 2,0 \times d_o = 2,0 \times 18 = 36 \text{ mm}$$

$$a = b = 40 \text{ mm}$$

Přídavná síla od momentu:

$$F_1 = \frac{M_{Ed}}{b} = \frac{1,09 \times 10^3}{0,142} = 7,68 \text{ kN}$$

$$N_{E,d} = 160,81 + 7,68 = 169,5 \text{ kN}$$

Tah:

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}} = \frac{6 \times 0,9 \times 500 \times 10^6 \times 157 \times 10^{-6}}{1,25} = 339,1 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 339,1 \text{ kN} \geq F_{E,d} = 169,5 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Protlačení:

$$B_{P,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 25,85 \times 15 \times 500}{1,25} = 292,3 \text{ kN}$$

$$6 \times B_{P,Rd} \geq F_{E,d}$$

$$1753,8 \text{ kN} \geq 169,5 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení náhradního T profilu:

Porušení desky:

$$m = 36 - 0,8 \times a \times \sqrt{2} = 36 - 0,8 \times 4 \times \sqrt{2} = 31,5 \text{ mm}$$

$$L_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 31,5 = 197,92 \text{ mm}$$

$$L_{eff,op} = 2 \times m + 1,25 \times e = 2 \times 31,5 + 1,25 \times 36 = 108 \text{ mm}$$

Bakalářská práce
Ústav kovových dřevěných konstrukcí

$$L_{eff} = \min\{L_{eff,cp}, L_{eff,op}\} = \min\{197,92; 108\} \\ = 108 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,015^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 1,43 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 1,43 \times 10^3}{0,0315} = 181,6 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 181,6 = 544,8 \text{ kN} \geq F_{T,Ed} = 169,5 \text{ kN}$$

Porušení desky a šroubů- páčení:

$$n = \min\{e; 1,25 \times m\} = \min\{36; 1,25 \times 35,1\} = 36 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,015^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 1,43 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \frac{2 \times M_{pl,1,Rd} + n \times F_{t,1,Rd}}{m + n} \\ = \frac{2 \times 1,43 \times 10^3 + 0,036 \times 56,5 \times 10^3}{0,0351 + 0,036} \\ = 72,5 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 72,5 = 217,5 \geq N_{E,d} = 160,81 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

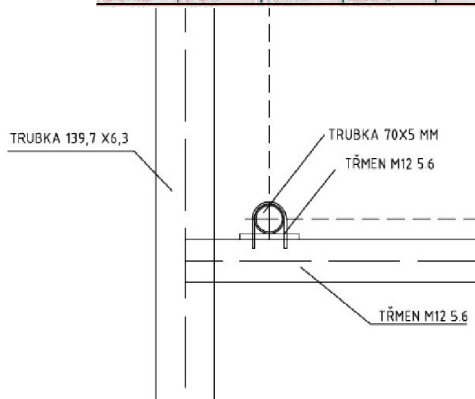
Posouzení svarového spoje sloupu:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

$$L = \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} \\ = \frac{34,91 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{4 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} \\ = 10,5 \text{ mm}$$

Návrh L=40 mm

Stav	Přípoj	Uzel	Nosníky	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
CO7/4	FC1	N144	B300	-3,11	10,58	11,65	-0,32	0,00	0,00
CO7/4	FC3	N142	B284	2,40	10,85	-0,01	0,00	0,00	0,00
CO1/3	FC2	N145	B301	-0,88	-12,80	3,56	0,05	0,00	0,00
CO7/4	FC2	N145	B301	0,41	10,87	4,15	-0,03	0,00	0,00
CO1/3	FC4	N143	B287	0,85	-8,79	-0,01	0,00	0,00	0,00
CO1/3	FC1	N144	B300	-1,79	-8,07	12,24	0,22	0,00	0,00

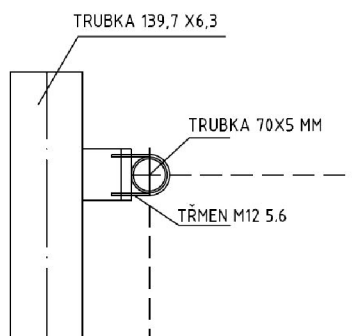


Trmen M12 5.6

$$R_e = f_y = 275 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430 \text{ MPa}$$

$$A_s = 113,09 \text{ mm}^2$$



$$F_{v,Rd} = \frac{4 \times 0,6 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}} = \frac{4 \times 0,6 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25} = 94,04 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 94,04 \text{ kN} > N_{E,d,max} = 12,80 \text{ kN}$$

Přípoj horní:

Tah:

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}} = \frac{4 \times 0,9 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25} = 140,05 \text{ kN}$$

$$N_{E,d,v} = 25,15 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 10,58 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Posouzení svaru HE 100 A profilu k trubce sloupu:

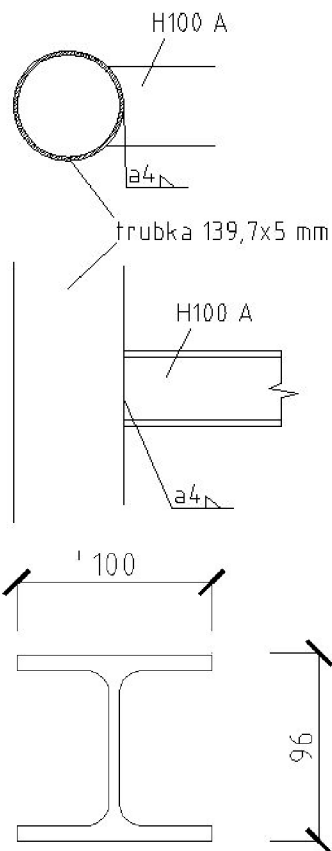
Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B396	CO13	0,000	-19,85	1,69	10,29	-0,17	0,00	0,00
B396	CO13	0,200	-19,85	1,69	10,25	-0,17	2,05	0,34
B396	CO13	0,200	-27,92	-0,10	-2,01	0,01	3,08	0,34
B396	CO13	1,700	-27,92	-0,10	-2,30	0,01	-0,15	0,19
B396	CO13	1,700	-40,72	-0,97	-5,87	0,09	1,18	0,19
B396	CO13	1,900	-40,72	-0,97	-5,91	0,09	0,00	0,00

$$V_{E,d} = 10,29 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{E,d}}{a \times 2 \times L} = \frac{10,29 \times 10^3}{0,004 \times 2 \times 0,056} = 23,6 \text{ MPa}$$

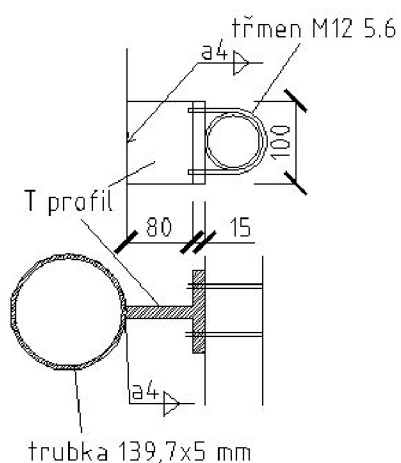
$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{E,d}}{A_1} = \frac{42,72 \times 10^3}{2048 \times 10^{-6}} = 20,9 \text{ MPa}$$

$$A_1 = 4 \times 2 \times 56 + 4 \times 4 \times 100 = 2048 \text{ mm}^2$$



profil: H100 A

$$A = 2124 \text{ mm}^2$$



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

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 20,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 2,05 \text{ MPa} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25}$$

$$= 230,4 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{20,9^2 + 3 \times (20,9^2 + 23,6^2)} = 58,46 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25}$$

$$= 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2.2 MSÚ – Mezní stav únosnosti- model č. 3

Posouzení modelu č. 1 pro zatížení - ČSN EN 12 899-1:

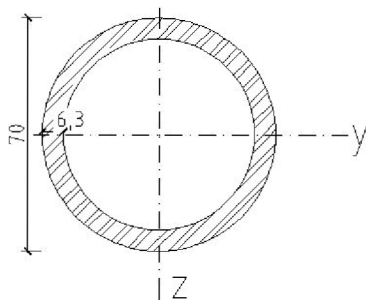
Únosnost tlačného pásu

Vzpěrný tlak:

Třída průřezu:

$$\frac{d}{t} = \frac{70}{6,3} = 11 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \text{ třída I}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B422	CO2/2	0,000	-204,79	0,00	0,07	0,01	0,08	-0,12
B422	CO8/1	0,000	44,49	0,00	0,07	-0,01	0,07	0,08
B422	CO2/2	1,250	-204,79	0,00	-0,06	0,01	0,08	-0,13
B422	CO2/2	0,625	-204,79	0,00	0,00	0,01	0,10	-0,13
B422	CO8/1	1,250	44,49	0,00	-0,06	-0,01	0,08	0,08



Trubka 70 × 6,3 mm

$$I_y = I_z = 6,46 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 1260 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 2,556 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Ocel S235

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,25 \text{ m} \quad N_{Ed} = -207,31 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 6,46 \times 10^{-7}}{1,25^2} = 856,90 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00126 \times 235 \times 10^6}{856,90 \times 10^3}} = 0,588$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,588 - 0,2) + 0,588^2] = 0,714$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,714 + \sqrt{0,714^2 - 0,588^2}} = 0,895$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,895 \times 0,00126 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 264,86 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{204,79}{264,86} = 0,78 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{1260 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 296,1 \text{ kN}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B411	CO2/2	0,000	-42,61	-2,96	0,07	0,00	0,07	0,85
B411	CO8/1	0,000	199,99	2,97	0,07	0,01	0,07	-0,82
B411	CO2/2	1,250	-42,61	2,93	-0,06	0,00	0,08	0,83
B411	CO2/2	0,625	-42,61	-2,96	0,01	0,00	0,10	-1,00
B411	CO8/1	0,625	199,99	2,97	0,01	0,01	0,10	1,04

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{199,99}{296,1} = 0,68 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B408	CO2/1	0,000	-26,40	-3,40	0,13	0,00	0,01	0,81
B408	CO8/2	0,000	135,97	-3,43	0,11	-0,01	0,01	-0,60
B408	CO8/2	0,625	135,97	-4,22	0,04	-0,01	0,06	1,54
B408	CO2/1	0,625	-26,40	4,25	0,06	0,00	0,06	-1,51
B408	CO8/2	1,250	135,97	-4,22	-0,02	-0,01	0,07	-1,10
B408	CO2/1	1,250	-26,40	4,25	-0,01	0,00	0,08	1,14
B408	CO2/1	0,625	-26,40	-3,40	0,06	0,00	0,06	-1,51
B408	CO8/2	0,625	135,97	3,43	0,04	-0,01	0,06	1,54

Posouzení tlačného pásu
na ohyb pod I profilem:

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,556 \times 10^{-5} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 6,0 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} = \frac{1,52}{6,0} = 0,25 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{0,08}{6,0} = 0,02 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na vzpěrný tlak s ohybem:

$$\psi_z = \frac{0,75}{0,93} = 0,81 \quad 0 \leq \psi_z \leq 1$$

$$\alpha_s = \frac{1,14}{-1,51} = -0,755 \quad -1 \leq \alpha_s \leq 0$$

$$C_{m,z} = -0,8 \times \alpha_s = 0,8 \times \alpha_s = -0,8 \times -0,755 = 0,604$$

Interakční součinitelé dle přílohy B

$$k_{z,z} = C_{m,z} \times \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,604 \times \left(1 + (0,588 - 0,2) \times \frac{26,40}{0,895 \times \frac{296,1}{1,0}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,627$$

$$k_{z,z} \leq C_{m,z} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} \leq 0,604 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{26,40}{0,895 \times \frac{296,1}{1,0}} \right) = 0,652$$

$$k_{z,z} = 0,627 \leq 0,652$$

$$k_{y,z} = 0,6 \times k_{z,z} = 0,6 \times 0,627 = 0,376$$

Posouzení kolmo k z :

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{z,z} \times \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{26,4}{0,895 \times \frac{296,1}{1,0}} + 0,627 \times \frac{1,51}{\frac{6,0}{1,0}} \leq 1$$

$$0,26 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kolmo k y

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

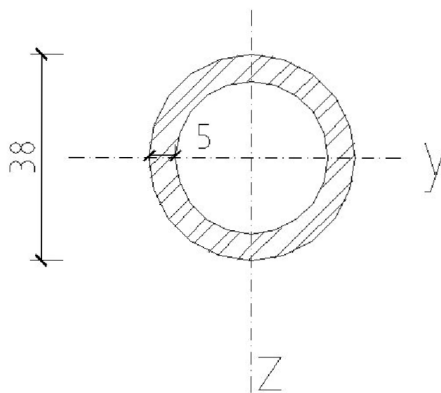
$$\frac{26,40}{0,895 \times \frac{296,1}{1,0}} + 0,376 \times \frac{1,51}{\frac{1 \times 6,0}{1,0}} \leq 1$$

$$0,19 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost vodorovných diagonál

Posouzení na
vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B263	C021	0,000	-40,97	0,00	0,04	-0,03	0,00	0,00
B263	C082	0,000	40,05	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00
B263	C021	0,812	-40,97	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,00
B263	C021	1,625	-40,97	0,00	-0,04	-0,03	0,00	0,00



Trubka CHS 38x5mm

$$I_y = I_z = 7,22 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 518 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 5,445 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = -39,25 \text{ kN}$$

S235

$$\frac{d}{t} = \frac{38}{5} = 7,6 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,625 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 7,22 \times 10^{-8}}{1,625^2} = 56,67 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000518 \times 235 \times 10^6}{56,67 \times 10^3}} = 1,466$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,466 - 0,2) + 1,466^2] \\ &= 1,707 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,707 + \sqrt{1,707^2 - 1,466^2}} = 0,387$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,387 \times 0,000518 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 47,15 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{40,97}{47,15} = 0,87 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na prostý tah:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B275	C082	0,000	-37,35	0,00	0,04	-0,04	0,00	0,00
B275	C021	0,000	37,13	0,00	0,04	-0,03	0,00	0,00
B275	C021	0,812	37,13	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,00
B275	C082	1,625	-37,35	0,00	-0,04	-0,04	0,00	0,00
B275	C021	1,625	37,13	0,00	-0,04	-0,03	0,00	0,00

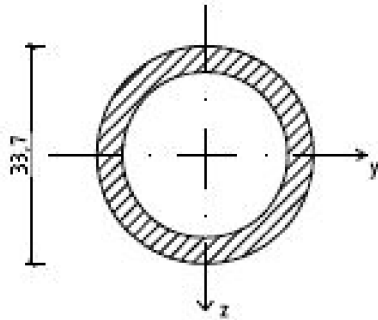
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{518 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 121,73 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{37,13}{121,73} = 0,31 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svislých diagonál

Posouzení na vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B254	CO2H	0,000	-20,98	0,00	0,01	-0,02	0,00	0,00
B254	CO2H	0,590	-20,96	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,00
B254	CO2H	1,179	-20,93	0,00	-0,01	-0,02	0,00	0,00



Trubka CHS 33,7x4 mm

$$I_y = I_z = 4,78 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 451 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 4,119 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = -20,98 \text{ kN}$$

S235

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,250 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{cr,z} = N_{cr,y} &= \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,78 \times 10^{-8}}{1,25^2} \\ &= 63,41 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000451 \times 235 \times 10^6}{63,41 \times 10^3}} = 1,293$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,293 - 0,2) + 1,293^2] \\ &= 1,451 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,451 + \sqrt{1,451^2 - 1,293^2}} \\ &= 0,474 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{br,d} &= \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,474 \times 0,000451 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ &= 50,27 \text{ kN} \end{aligned}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B252	CO2H	0,000	16,65	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
B252	CO82	0,000	17,51	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
B252	CO2H	0,590	16,68	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
B252	CO82	1,179	17,56	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{20,98}{50,27} = 0,42 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{451 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 105,99 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{17,56}{105,99} = 0,17 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení sloupu

Posouzení sloupu na vybočení z roviny:

$$\frac{d}{t} = \frac{168,3}{5} = 33,66 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 7,4 \text{ m}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B430	CO22	7,400	-246,49	-0,50	0,16	0,17	0,00
B430	CO8/1	6,940	228,51	0,60	-0,04	-0,08	0,07
B430	CO8/1	0,000	-4,41	-68,26	-0,04	-0,03	0,12
B430	CO22	0,000	-7,30	68,50	0,16	0,21	-1,05
B430	CO8/1	0,100	59,75	15,39	-0,04	-0,04	0,13
B430	CO8/1	0,100	-4,44	-68,26	-0,04	-0,03	0,12
B430	CO22	0,100	-7,33	68,50	0,16	0,21	-1,04

Trubka CHS 168.3x5mm

$$I_y = I_z = 8,56 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$A = 2570 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,3127 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = -246,49 \text{ kN}$$

S 235

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 8,56 \times 10^{-6}}{7,4^2} = 323,99 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00257 \times 235 \times 10^6}{323,99 \times 10^3}} = 1,365$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,365 - 0,2) + 1,365^2] \\ &= 1,554 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,554 + \sqrt{1,554^2 - 1,365^2}} = 0,435$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,435 \times 0,00257 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 262,88 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{246,49}{262,88} = 0,94 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{2570 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 603,95 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{228,51}{603,95} = 0,38 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na vybočení v rovině příhradového sloupu:

$$L_{cr,z} = 1,46 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 8,56 \times 10^{-6}}{1,46^2} \\ = 8323,1 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,00257 \times 235 \times 10^6}{8323,1 \times 10^3}} = 0,269$$

$$\phi_z = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,269 - 0,2) + 0,269^2] \\ = 0,544$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,544 + \sqrt{0,544^2 - 0,269^2}} \\ = 0,985$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,985 \times 0,00257 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 594,62 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{246,49}{594,62} = 0,41 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení špičky sloupu na ohyb:

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} \\ = \frac{1,313 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 30,86 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} = \frac{20,20}{30,86} = 0,67 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{1,05}{30,86} = 0,03 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení diagonály příhradového sloupu:

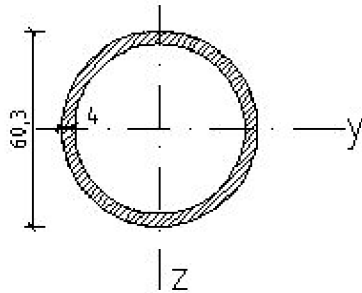
Vzpěrný tlak:

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{4} = 15,09 < 50 \times \varepsilon$$

$$= 50 \times 1$$

$$= 50 \text{ Třída I}$$

Prvek	Stav	dx (m)	N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mc (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
B443	CO81	0,000	-72,81	0,00	0,07	0,04	0,00	0,00
B443	CO22	2,396	72,54	0,00	-0,07	-0,01	0,00	0,00
B443	CO22	0,000	72,44	0,00	0,07	-0,01	0,00	0,00
B443	CO22	1,198	72,49	0,00	0,00	-0,01	0,04	0,00



Trubka CHS 60,3X4 mm

$$I_y = I_z = 2,82 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 707 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 34,27 \text{ kN}$$

S 235

$$L_{cr,y} = 2,396 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 2,82 \times 10^{-7}}{2,396^2}$$

$$= 101,81 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000707 \times 235 \times 10^6}{101,81 \times 10^3}} = 1,278$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,278 - 0,2) + 1,278^2]$$

$$= 1,43$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,278^2}} = 0,483$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,483 \times 0,000707 \times 235 \times 10^6}{1,0}$$

$$= 80,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{72,81}{80,30} = 0,91 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{707 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 166,15 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{72,54}{166,15} = 0,44 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Spoje

Svarový spoj diagonály s vodorovným pásem:

Nejvíce namáhaný svar:

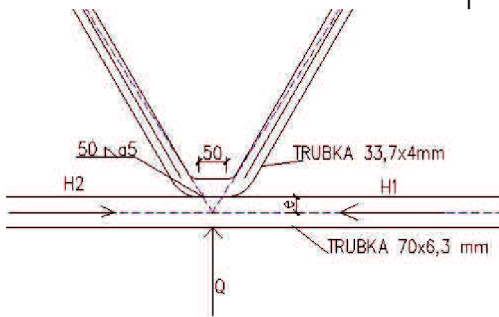
Prvek	Stav	dk [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mc [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B491	CO4/5	0,000	-76,92	0,10	0,02	0,01	0,08	-0,14
B491	CO6/6	0,000	9,57	-0,14	0,07	-0,01	0,02	0,15
B491	CO4/5	1,250	-76,92	0,10	-0,11	0,01	0,03	-0,02
B491	CO6/6	1,250	9,57	-0,14	-0,06	-0,01	0,03	-0,02
B428	CO4/5	0,000	-111,13	-0,08	0,13	0,00	0,00	0,00
B428	CO6/6	0,000	13,38	0,05	0,11	-0,01	0,01	0,00
B428	CO4/5	1,250	-111,13	-0,08	-0,01	0,00	0,08	-0,11
B428	CO6/6	1,250	13,38	0,05	-0,02	-0,01	0,06	0,06

$$N_{H2} = -111,13 \text{ kN}$$

$$N_{H1} = -76,92 \text{ kN}$$

$$\Delta H = |-111,13 - (-76,92)| = 34,21 \text{ kN}$$

$$M = \Delta H \times e = 34,21 \times 0,035 = 1,197 \text{ kNm}$$



$$W_{svar} = 2 \times \frac{1}{6} \times a \times L^2 = 2 \times \frac{1}{6} \times 0,005 \times 0,06^2 = 6 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\tau_{xQ} = \frac{Q_d}{2 \times a \times L} = \frac{7,06 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,06} = 14,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xH} = \tau_{\parallel} = \frac{\Delta H}{2 \times a \times L} = \frac{34,21 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,06} = 48,33 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zM} = \frac{M}{W} = \frac{1,197 \times 10^3}{7,042 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 169,2 \text{ MPa}$$

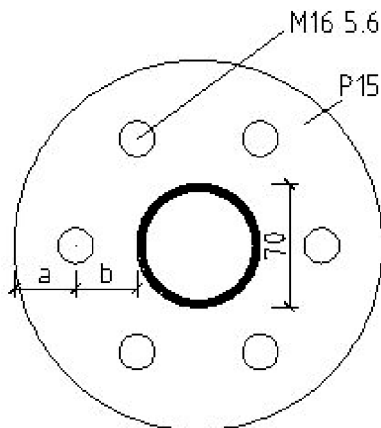
$$\tau_z = \tau_{z,Q} + \tau_{z,M} = 14,1 + 169,2 = 183,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\tau_z}{\sqrt{2}} = \frac{183,3}{\sqrt{2}} = 129,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa} \leq \tau_{\perp}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{129,6^2 + 3 \times (129,6^2 + 48,33^2)} = 272,4 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$



Šrouby M 16 5.6

$$f_{y,b} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,b} = 1,25$$

$$d_o = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$d_m = 25,85 \text{ mm}$$

Posouzení šroubového spoje:

Maximální tahová síla: $N_{E,d} = 199,99 \text{ kN}$

$$M_{Ed} = 1,51 \times 10^3 \text{ kNm}$$

NÁVRH 4 ŠROUBY M 20 5.6, P10

$$e_1 = 1,2 \times d_o = 1,2 \times 18 = 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 2,0 \times d_o = 2,0 \times 18 = 36 \text{ mm}$$

$$a = b = 36 \text{ mm}$$

Přídavná síla od momentu:

$$F_1 = \frac{M_{Ed}}{b} = \frac{1,51 \times 10^3}{0,15} = 10,6 \text{ kN}$$

$$N_{E,d} = 199,9 + 10,6 = 210,5 \text{ kN}$$

Tah:

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}} = \frac{6 \times 0,9 \times 500 \times 10^6 \times 157 \times 10^{-6}}{1,25} = 339,1 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 339,1 \text{ kN} \geq F_{E,d} = 210,5 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Protlačení:

$$B_{P,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 25,85 \times 20 \times 500}{1,25} = 389,9 \text{ kN}$$

$$6 \times B_{P,Rd} \geq F_{E,d}$$

$$1339,4 \geq 210,5 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení náhradního T profilu:

Porušení desky:

$$m = 36 - 0,8 \times a \times \sqrt{2} = 40 - 0,8 \times 4 \times \sqrt{2} = 31,5 \text{ mm}$$

$$L_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 31,5 = 197,92 \text{ mm}$$

$$L_{eff,op} = 2 \times m + 1,25 \times e = 2 \times 31,5 + 1,25 \times 36 = 108 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = \min\{L_{eff,cp}, L_{eff,op}\} = \min\{197,92; 108\} \\ = 108 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,015^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 1,43 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 1,43 \times 10^3}{0,0315} = 181,6 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 181,6 = 544,8 \text{ kN} \geq F_{T,Ed} = 210,5 \text{ kN}$$

Porušení desky a šroubů- páčení:

$$n = \min\{e; 1,25 \times m\} = \min\{36; 1,25 \times 39,5\} = 36 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,134 \times 0,015^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 1,43 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \frac{2 \times M_{pl,1,Rd} + n \times F_{t,1,Rd}}{m + n} \\ = \frac{2 \times 1,43 \times 10^3 + 0,036 \times 56,5 \times 10^3}{0,0315 + 0,036} \\ = 72,5 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 72,5 = 217,5 \geq N_{E,d} = 210,5 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení svarového spoje sloupu:

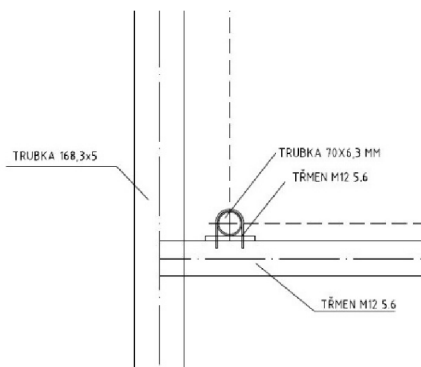
$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

$$L = \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} \\ = \frac{34,91 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{4 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} \\ = 10,5 \text{ mm}$$

Návrh L=40 mm

Přípoj spodní:

Stav	Přípoj	Uzel	Nosníky	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
CO8/1	FC1	N144	B300	-3,67	14,32	13,03	-0,44	0,00	0,00
CO8/1	FC3	N142	B284	2,82	15,06	-0,01	0,00	0,00	0,00
CO2/2	FC2	N145	B301	-1,15	-17,46	3,93	0,06	0,00	0,00
CO8/1	FC2	N145	B301	0,63	15,29	4,75	-0,04	0,00	0,00
CO2/2	FC4	N143	B287	1,06	-12,14	-0,01	0,00	0,00	0,00
CO2/2	FC1	N144	B300	-1,84	-11,50	13,85	0,32	0,00	0,00



$$F_{v,Rd} = \frac{4 \times 0,6 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,6 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 94,04 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 94,04 \text{ kN} > N_{E,d,max} = 17,46 \text{ kN}$$

Přípoj horní:

Tah:

Prvek	Stav	dx [m]	dy [m]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
E095	CO22	0,000	-27,40	1,77	11,30	-0,18	0,00	0,00
E096	CO22	0,200	-27,40	1,77	11,26	-0,18	2,26	0,35
E097	CO22	0,200	-38,90	-0,07	2,60	0,00	3,72	0,35
E098	CO22	1,700	-38,90	-0,07	-2,93	0,00	-0,43	0,24
E099	CO22	1,700	-56,36	-1,22	6,88	0,12	1,38	0,24
E098	CO22	1,900	-56,36	-1,22	-6,92	0,12	0,00	0,00

Trmen M12 5.6

$$R_e = f_y = 275 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430 \text{ MPa}$$

$$A_s = 113,09 \text{ mm}^2$$

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,9 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 140,05 \text{ kN}$$

$$N_{E,d,v} = 25,15 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 15,06 \text{ kN}$$

Vyhovuje

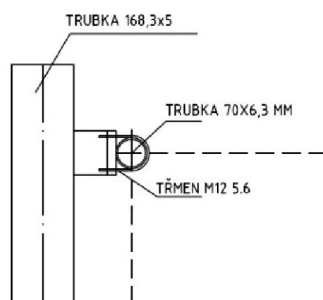
Posouzení svaru HE 100 A profilu k trubce sloupu:

$$V_{E,d} = 11,3 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{E,d}}{a \times 2 \times L} = \frac{11,3 \times 10^3}{0,004 \times 2 \times 0,1} = 14,25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{E,d}}{A_1} = \frac{56,36 \times 10^3}{2048 \times 10^{-6}} = 27,5 \text{ MPa}$$

$$A_1 = 4 \times 2 \times 56 + 4 \times 4 \times 100 = 2048 \text{ mm}^2$$



$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 27,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 2,05 \text{ MPa} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25}$$
$$= 230,4 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{27,5^2 + 3 \times (27,5^2 + 14,25^2)} = 60,3 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25}$$
$$= 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2.3 MSÚ – mezní stav únosnosti- model 4

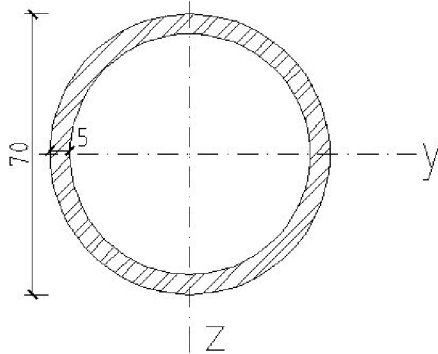
Posouzení modelu č. 1 pro zatížení - ČSN EN 12 899-1:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B490	CO12	0,000	-160,01	0,00	0,06	0,00	0,08	-0,12
B490	CO3/3	0,000	27,30	0,00	0,06	0,00	0,08	0,08
B490	CO12	0,750	-160,01	0,00	0,00	0,00	0,10	-0,12
B490	CO12	0,750	-160,01	0,00	0,00	0,00	0,10	-0,12
B490	CO12	1,500	-160,01	0,00	-0,07	0,00	0,08	-0,12
B490	CO3/3	1,500	27,30	0,00	-0,07	0,00	0,08	0,08

Únosnost
tlačeného pásu

Posouzení na vzpěrný
tlak:

Třída průřezu:



$$\frac{d}{t} = \frac{70}{5} = 14 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \text{ třída I}$$

Vzpěrný tlak:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,50 \text{ m} \quad N_{Ed} = -160,01 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 5,42 \times 10^{-7}}{1,50^2} = 508,48 \text{ kN}$$

Trubka 70 × 5 mm

$$I_y = I_z = 5,42 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 1020 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 2,1125 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Ocel S235

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00102 \times 235 \times 10^6}{508,48 \times 10^3}} = 0,687$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,687 - 0,2) + 0,687^2] \\ &= 0,787 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,787 + \sqrt{0,787^2 - 0,687^2}} \\ &= 0,854 \end{aligned}$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,854 \times 0,00102 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 204,69 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{160,01}{204,69} = 0,78$$

< 1 VYHOVUJE

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B479	CO12	0,000	-26,42	-2,55	0,06	0,00	0,08	0,88
B479	CO3/3	0,000	159,64	2,55	0,06	0,00	0,08	-0,84
B479	CO3/3	0,750	159,64	-2,55	0,00	0,00	0,10	1,08
B479	CO12	0,750	-26,42	2,55	0,00	0,00	0,10	-1,03
B479	CO3/3	1,500	159,64	-2,55	-0,06	0,00	0,08	-0,84
B479	CO12	0,750	-26,42	-2,55	0,00	0,00	0,10	-1,03
B479	CO3/3	0,750	159,64	2,55	0,00	0,00	0,10	1,08

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{1020 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 239,7 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{106,36}{239,7} = 0,44 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačeneho pásu na ohyb pod I profilem:

Prvek	Slav	dx (m)	N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
B476	CO12	0,000	-18,82	-2,43	0,11	-0,01	0,01	0,75
B476	CO3/3	0,000	121,40	2,45	0,11	0,00	0,01	-0,73
B476	CO3/3	0,750	121,40	-2,65	0,05	0,00	0,07	1,11
B476	CO12	0,750	-18,82	2,67	0,05	-0,01	0,07	-1,07
B476	CO3/3	1,500	121,40	-2,65	-0,01	0,00	0,08	-0,88
B476	CO12	1,500	-18,82	2,67	-0,01	-0,01	0,08	0,93
B476	CO12	0,750	-18,82	-2,43	0,05	-0,01	0,07	-1,07
B476	CO3/3	0,750	121,40	2,45	0,05	0,00	0,07	1,11

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$= \frac{2,1125 \times 10^{-5} \times 235 \times 10^6}{1,0}$$

$$= 4,964 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} = \frac{1,11}{4,964} = 0,22 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{0,08}{4,964} = 0,01 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačeneho pásu na vzpěrný tlak s ohybem:

$$\psi_z = \frac{0,75}{0,93} = 0,81 \quad 0 \leq \psi_z \leq 1$$

$$\alpha_s = \frac{0,93}{-1,07} = -0,8691 \quad -1 \leq \alpha_s \leq 0$$

$$C_{m,z} = -0,8 \times \alpha_s = 0,8 \times \alpha_s = -0,8 \times -0,8691 = 0,695$$

Interakční součinitelé dle přílohy B

$$k_{z,z} = C_{m,z} \times \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,695 \times \left(1 + (0,695 - 0,2) \times \frac{18,82}{0,854 \times \frac{239,7}{1,0}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,727$$

$$k_{z,z} \leq C_{m,z} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} \leq 0,727 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{18,82}{0,854 \times \frac{239,7}{1,0}} \right) = 0,780$$

$$k_{z,z} = 0,727 \leq 0,780$$

$$k_{y,z} = 0,6 \times k_{z,z} = 0,6 \times 0,727 = 0,436$$

Posouzení kolmo k z :

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{z,z} \times \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{18,82}{0,854 \times \frac{239,7}{1,0}} + 0,727 \times \frac{1,07}{\frac{3,454}{1,0}} \leq 1$$

$$0,32 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kolmo k y

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

$$\frac{18,82}{0,854 \times \frac{239,7}{1,0}} + 0,436 \times \frac{1,07}{\frac{1 \times 3,454}{1,0}} \leq 1$$

$$0,23 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost vodorovných diagonál

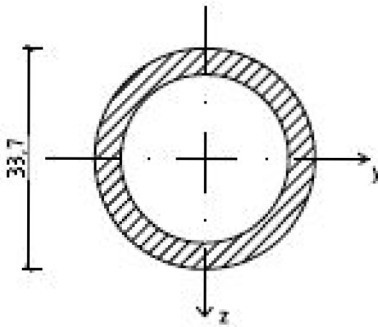
Posouzení na vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	H [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B388	CO12	0,000	-28,24	0,00	0,02	-0,01	0,00	0,00
B388	CO3/3	0,000	28,38	0,00	0,02	-0,01	0,00	0,00
B388	CO12	1,677	-28,24	0,00	-0,02	-0,01	0,00	0,00
B388	CO12	0,839	-28,24	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,00

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon$$

$$= 50 \times 1$$

$$= 50 \text{ Třída I}$$



Trubka CHS 33,7x5mm

$$I_y = I_z = 4,78 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 451 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 4,119 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = -29,68 \text{ kN}$$

S235

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,677 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,78 \times 10^{-8}}{1,677^2}$$

$$= 35,23 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000451 \times 235 \times 10^6}{35,23 \times 10^3}} = 1,735$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,735 - 0,2) + 1,735^2]$$

$$= 2,165$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,165 + \sqrt{2,165^2 - 1,735^2}}$$

$$= 0,289$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,289 \times 0,000451 \times 235 \times 10^6}{1,0}$$

$$= 30,61 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{28,24}{30,61} = 0,92 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prvek	Stav	dx [m]	H [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B384	CO3/3	0,000	-28,08	0,00	0,02	-0,03	0,00	0,00
B384	CO12	0,000	28,45	0,00	0,02	-0,03	0,00	0,00
B384	CO12	1,677	28,45	0,00	-0,02	-0,03	0,00	0,00
B384	CO12	0,839	28,45	0,00	0,00	-0,03	0,01	0,00

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{451 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 105,98 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{28,45}{105,98} = 0,27 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Únosnost svislých diagonál

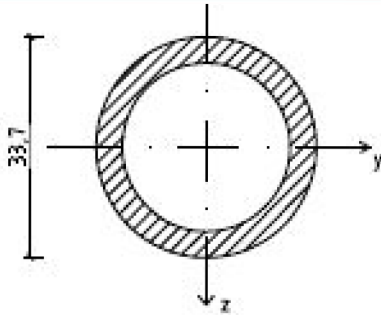
Posouzení na vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	H [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B368	CO3/3	1,250	-15,32	0,00	-0,01	0,04	0,00	0,00
B368	CO12	0,000	-15,08	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,00
B368	CO12	1,250	-15,11	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00
B368	CO3/3	0,000	-15,29	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00
B368	CO12	0,625	-15,10	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon$$

$$= 50 \times 1$$

$$= 50 \text{ Třída I}$$



Trubka CHS 33,7x4mm

$$I_y = I_z = 4,19 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 373 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 3,55 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 16,11 \text{ kN}$$

S 235

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,250 \text{ m}$$

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

$$= \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,19 \times 10^{-8}}{1,25^2}$$

$$= 55,58 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000373 \times 235 \times 10^6}{55,58 \times 10^3}} = 1,256$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,256 - 0,2) + 1,256^2]$$

$$= 1,40$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,40 + \sqrt{1,40^2 - 1,256^2}} = 0,496$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,496 \times 0,000373 \times 235 \times 10^6}{1,0}$$

$$= 43,46 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{15,32}{43,46} = 0,35 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

Prvek	Stav	dx [m]	H [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B369	CO12	0,000	15,83	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
B369	CO3/3	1,250	15,87	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00
B369	CO3/3	0,000	15,85	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
B369	CO12	1,250	15,86	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00
B369	CO12	0,625	15,85	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

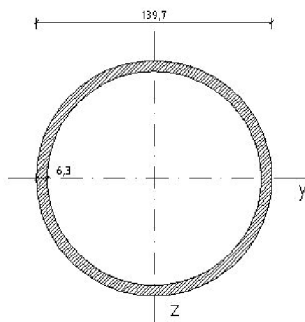
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{373 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 87,655 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{15,87}{87,655} = 0,18 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Únosnost sloupu

Posouzení sloupu na vybočení z roviny:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B512	CO1/1	7,400	-176,34	1,95	0,13	0,09	0,31	2,68
B512	CO3/2	5,940	162,53	-1,81	-0,19	-0,13	-0,50	0,06
B512	CO3/2	0,000	-3,22	-50,07	-0,19	-0,10	0,45	-9,89
B512	CO1/1	0,000	-5,38	50,03	0,13	0,12	-0,59	9,88
B512	CO3/2	3,020	103,38	0,22	-0,19	-0,13	-0,04	-0,56
B512	CO3/2	7,400	162,08	-1,81	-0,19	-0,13	-0,79	-2,59
B512	CO3/2	0,100	-3,25	-50,07	-0,19	-0,10	0,43	-14,89
B512	CO1/1	0,100	-5,41	50,03	0,13	0,12	-0,57	14,89



Trubka CHS 139,7 X 6,3 mm

$$I_y = I_z = 5,89 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$A = 2640 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 120,55 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{139,7}{6,3} = 22,17 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 7,4 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 5,89 \times 10^{-6}}{7,4^2} = 222,93 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00264 \times 235 \times 10^6}{222,93 \times 10^3}} = 1,668$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,668 - 0,2) + 1,668^2] \\ &= 2,046 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,046 + \sqrt{2,046^2 - 1,668^2}} = 0,309$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,309 \times 0,00264 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 192,10 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{176,34}{192,10} = 0,92 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{2640 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 620,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{162,53}{620,4} = 0,26 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Bakalářská práce Ústav kovových dřevěných konstrukcí

Posouzení na vybočení v rovině příhradového sloupu:

$$L_{cr,z} = 1,46 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 5,89 \times 10^{-6}}{1,46^2} \\ = 6812,84 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,00331 \times 235 \times 10^6}{6812,84 \times 10^3}} = 0,334$$

$$\phi_z = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,334 - 0,2) + 0,334^2] \\ = 0,572$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,572 + \sqrt{0,572^2 - 0,334^2}} \\ = 0,969$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,969 \times 0,00331 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 753,32 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{176,34}{753,32} = 0,23 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení konce sloupu na ohyb:

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,12 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 26,32 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rdz}} = \frac{14,89}{26,32} = 0,56 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

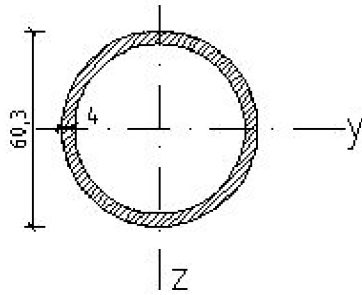
Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rdy}} = \frac{0,79}{26,32} = 0,03 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení diagonály příhradového sloupu:

Prvek	Stav	dx [m]	H [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mic [kNm]	Miy [kNm]	Mz [kNm]
B406	CO32	0,000	-47,12	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00
B406	CO1/1	2,396	46,77	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
B406	CO1/1	0,000	46,68	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
B406	CO1/1	1,198	46,73	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00

Vzpěrný tlak:



Trubka CHS 60,3X4 mm

$$I_y = I_z = 2,82 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 707 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 34,27 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{4} = 15,09 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 2,396 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 2,82 \times 10^{-7}}{2,396^2} = 101,81 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000707 \times 235 \times 10^6}{101,81 \times 10^3}} = 1,278$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,278 - 0,2) + 1,278^2] \\ &= 1,43 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,278^2}} = 0,483$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,483 \times 0,000707 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 80,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{47,12}{80,30} = 0,59 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{707 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 166,15 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{46,77}{166,15} = 0,28 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Spoje

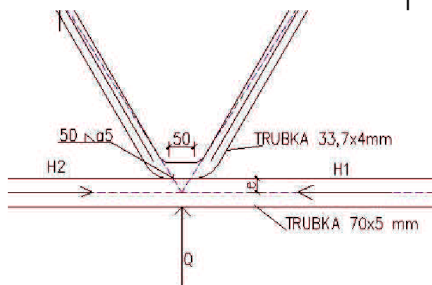
Svarový spoj diagonály s vodorovným pásem:

Nejvíce namáhaný svar:

$$N_{H2} = -108,99 \text{ kN}$$

$$N_{H1} = -75,94 \text{ kN}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mc [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B486	CO1/1	0,000	-108,99	-0,04	0,08	0,00	0,04	-0,05
B486	CO3/2	0,000	17,16	0,02	0,08	0,00	0,04	0,03
B486	CO1/1	1,000	-108,99	-0,04	0,00	0,00	0,08	-0,09
B486	CO1/1	1,500	-108,99	-0,04	-0,04	0,00	0,07	-0,11
B486	CO3/2	1,500	17,16	0,02	-0,04	0,00	0,07	0,07
B493	CO1/1	0,000	-75,94	0,03	0,09	0,00	0,01	-0,10
B493	CO3/2	0,000	11,76	-0,06	0,09	-0,01	0,01	0,10
B493	CO1/1	1,000	-75,94	0,03	0,01	0,00	0,06	-0,07
B493	CO1/1	1,500	-75,94	0,03	-0,03	0,00	0,05	-0,05
B493	CO3/2	1,500	11,76	-0,06	-0,03	-0,01	0,05	0,01



$$\Delta H = |-108,99 - (-75,94)| = 33,05 \text{ kN}$$

$$M = \Delta H \times e = 33,05 \times 0,035 = 1,156 \text{ kNm}$$

$$W_{svar} = 2 \times \frac{1}{6} \times a \times L^2 = 2 \times \frac{1}{6} \times 0,005 \times 0,06^2 = 6,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\tau_{xH} = \tau_{\parallel} = \frac{\Delta H}{2 \times a \times L} = \frac{33,05 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,06} = 55,08 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xQ} = \frac{Q}{2 \times a \times L} = \frac{1,57 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,06} = 2,61 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zM} = \frac{M}{W} = \frac{1,156 \times 10^3}{6,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 192,67 \text{ MPa}$$

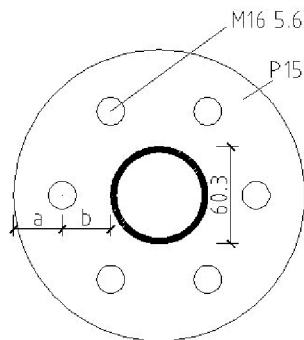
$$\tau_z = \tau_{z,Q} + \tau_{z,M} = 2,61 + 192,67 = 195,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\tau_z}{\sqrt{2}} = \frac{195,3}{\sqrt{2}} = 138,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa} \leq \tau_{\perp}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{138,1^2 + 3 \times (138,1^2 + 55,08^2)} = 292,2 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$



Šrouby M 16 5.6

$$f_{y,b} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,b} = 1,25$$

$$d_o = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$d_m = 25,85 \text{ mm}$$

Posouzení šroubového spoje:

Maximální tahová síla: $N_{E,d} = 159,6 \text{ kN}$

$$M_{Ed} = 1,07 \times 10^3 \text{ kNm}$$

NÁVRH 4 ŠROUBY M 18 5.6, P10

$$e_1 = 1,2 \times d_o = 1,2 \times 18 = 21, \text{ mm}$$

$$e_2 = 2,0 \times d_o = 2,0 \times 18 = 36 \text{ mm}$$

$$a = b = 40 \text{ mm}$$

Přídavná síla od momentu:

$$F_1 = \frac{M_{Ed}}{b} = \frac{1,07 \times 10^3}{0,142} = 7,5 \text{ kN}$$

$$N_{E,d} = 159,6 + 7,5 = 167,1 \text{ kN}$$

Tah:

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}} = \frac{6 \times 0,9 \times 500 \times 10^6 \times 157 \times 10^{-6}}{1,25} = 339,1 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 339,1 \text{ kN} \geq F_{E,d} = 167,1 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Protlačení:

$$B_{P,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 25,85 \times 15 \times 500}{1,25} = 292,3 \text{ kN}$$

$$6 \times B_{P,Rd} \geq F_{E,d}$$

$$1753,8 \text{ kN} \geq 167,1 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení náhradního T profilu:

Porušení desky:

$$m = 36 - 0,8 \times a \times \sqrt{2} = 36 - 0,8 \times 4 \times \sqrt{2} = 31,5 \text{ mm}$$

$$L_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 31,5 = 197,92 \text{ mm}$$

$$L_{eff,op} = 2 \times m + 1,25 \times e = 2 \times 31,5 + 1,25 \times 36 = 108 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = \min\{L_{eff,cp}, L_{eff,op}\} = \min\{197,92; 108\} \\ = 108 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,015^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 1,43 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 1,43 \times 10^3}{0,0315} = 181,6 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 181,6 = 544,8 \text{ kN} \geq F_{T,Ed} = 167,1 \text{ kN}$$

Porušení desky a šroubů- páčení:

$$n = \min\{e; 1,25 \times m\} = \min\{36; 1,25 \times 35,1\} = 36 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,015^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 1,43 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \frac{2 \times M_{pl,1,Rd} + n \times F_{t,1,Rd}}{m + n} \\ = \frac{2 \times 1,43 \times 10^3 + 0,036 \times 56,5 \times 10^3}{0,0351 + 0,036} \\ = 72,5 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 72,5 = 217,5 \geq N_{E,d} = 167,1 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení svarového spoje sloupu:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

$$L = \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} \\ = \frac{34,91 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{4 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} \\ = 10,5 \text{ mm}$$

Návrh L=40 mm

Posouzení přípoje na sloup

Přípoj spodní:

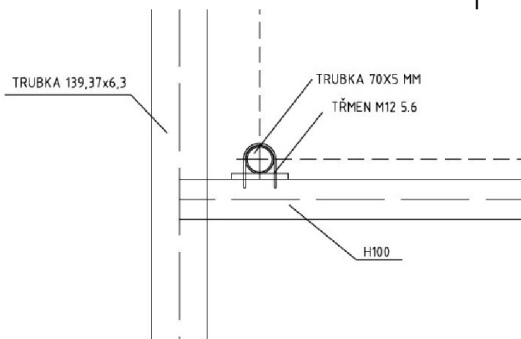
Stav	Přípoj	Uzel	Nosníky	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
CO3/3	FC2	N259	B511	-2,57	10,10	11,29	-0,01	0,00	0,00
CO3/3	FC3	N197	B186	1,92	11,42	-0,03	0,00	0,30	0,00
CO1/4	FC1	N57	B197	-0,72	-12,06	2,86	0,00	0,00	0,00
CO1/4	FC4	N196	B182	0,66	-8,99	-0,03	0,00	0,00	0,00
CO1/4	FC2	N259	B511	-1,12	-8,35	11,30	0,00	0,00	0,00
CO3/3	FC1	N57	B197	0,55	10,31	2,86	0,01	0,00	0,00
CO1/4	FC3	N197	B186	0,91	-11,42	-0,03	0,00	0,46	0,00

$$F_{v,Rd} = \frac{4 \times 0,6 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,6 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 94,04 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 94,04 \text{ kN} > N_{E,d,max} = 12,06 \text{ kN}$$



Přípoj horní:

Tah:

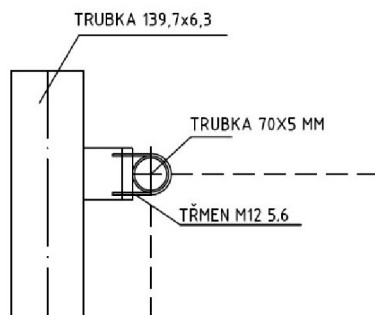
$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,9 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 140,05 \text{ kN}$$

$$N_{E,d,v} = 25,15 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 11,42 \text{ kN}$$

Vyhovuje



Posouzení svaru HE 100 A profilu k trubce sloupu:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B199	CO1/4	0,000	-41,04	-0,76	5,02	0,07	0,00	0,00
B199	CO3/3	0,000	41,06	0,22	2,87	-0,03	0,00	0,00
B199	CO3/3	1,700	20,65	2,24	-11,64	-0,23	2,33	-0,45
B199	CO3/3	1,900	20,65	2,24	-11,68	-0,23	0,00	0,00
B199	CO1/4	0,200	-28,98	-0,04	2,11	0,00	-0,21	-0,15
B199	CO1/4	1,700	-28,98	-0,04	1,82	0,00	2,74	-0,22
B199	CO3/3	0,200	30,75	-0,33	-0,04	0,03	1,58	0,04

$$V_{E,d} = 5,02 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{E,d}}{a \times 2 \times L} = \frac{5,02 \times 10^3}{0,004 \times 2 \times 0,1} = 6,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{E,d}}{A_1} = \frac{41,4 \times 10^3}{2048 \times 10^{-6}} = 20,2 \text{ MPa}$$

$$A_1 = 4 \times 2 \times 56 + 4 \times 4 \times 100 = 2048 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 20,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} \\ = 230,4 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{20,2^2 + 3 \times (20,2^2 + 6,3^2)} = 41,85 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} \\ = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2.4 MSÚ – Mezní stav únosnosti- model č. 4

Posouzení modelu č. 1 pro zatížení - ČSN EN 12 899-1:

Únosnost tlačného pásu

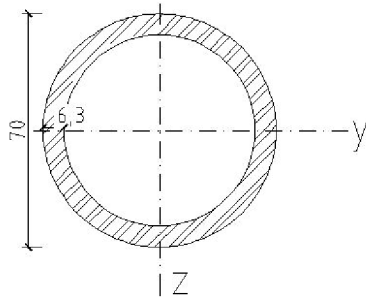
Třída průřezu:

$$\frac{d}{t} = \frac{70}{6,3} = 11 < 50 \times \varepsilon =$$

$$50 \times 1 = 50 \text{ třída I}$$

Vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B490	CO25	0,000	-204,15	0,00	0,07	0,00	0,09	-0,17
B490	CO46	0,000	54,85	0,00	0,07	0,00	0,09	0,11
B490	CO46	1,500	54,85	0,00	-0,07	0,00	0,08	0,11
B490	CO25	0,750	-204,15	0,00	0,00	0,00	0,11	-0,16



Trubka 70 × 6,3 mm

$$I_y = I_z = 6,46 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 1260 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 2,556 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Ocel S235

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,25 \text{ m} \quad N_{Ed} = -204,15 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 6,46 \times 10^{-8}}{1,50^2} = 595,07 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00126 \times 235 \times 10^6}{595,07 \times 10^3}} = 0,705$$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,705 - 0,2) + 0,705^2] = 0,802$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,802 + \sqrt{0,802^2 - 0,705^2}} = 0,845$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,845 \times 0,00126 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 250,26 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{204,15}{250,26} = 0,82 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B479	CO25	0,000	-53,70	-3,53	0,07	0,00	0,09	1,21
B479	CO46	0,000	203,57	3,53	0,07	0,00	0,09	-1,16
B479	CO46	0,750	203,57	-3,53	0,00	0,00	0,11	1,48
B479	CO25	0,750	-53,70	3,53	0,00	0,00	0,12	-1,43
B479	CO46	1,500	203,57	-3,53	-0,07	0,00	0,09	-1,16
B479	CO25	0,750	-53,70	-3,53	0,00	0,00	0,12	-1,43
B479	CO46	0,750	203,57	3,53	0,00	0,00	0,11	1,48

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{1260 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 296,1 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{203,57}{296,1} = 0,69 < 1 \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na ohyb pod I profilem:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B476	C025	0,000	-39,25	-3,36	0,13	-0,01	0,01	1,03
B476	C046	0,000	154,65	3,39	0,13	0,00	0,01	-1,02
B476	C046	0,750	154,65	-3,67	0,05	0,00	0,08	1,52
B476	C025	0,750	-39,25	3,69	0,06	-0,01	0,08	-1,49
B476	C046	1,500	154,65	-3,67	-0,02	0,00	0,09	-1,23
B476	C025	1,500	-39,25	3,69	-0,02	-0,01	0,09	1,28
B476	C025	0,750	-39,25	-3,36	0,06	-0,01	0,08	-1,49
B476	C046	0,750	154,65	3,39	0,05	0,00	0,08	1,52

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,556 \times 10^{-5} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 6,0 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} = \frac{1,52}{6,0} = 0,25 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{0,09}{6,0} = 0,02 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení tlačného pásu na vzpěrný tlak s ohybem:

$$\psi_z = \frac{0,75}{0,93} = 0,81 \quad 0 \leq \psi_z \leq 1$$

$$\alpha_s = \frac{1,28}{-1,49} = -0,859 \quad -1 \leq \alpha_s \leq 0$$

$$C_{m,z} = -0,8 \times \alpha_s = 0,8 \times \alpha_s = -0,8 \times -0,859 = 0,687$$

Interakční součinitelé dle přílohy B

$$k_{z,z} = C_{m,z} \times \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,687 \times \left(1 + (0,705 - 0,2) \times \frac{39,25}{0,845 \times \frac{296,1}{1,0}} \right)$$

$$k_{z,z} = 0,741$$

$$k_{z,z} \leq C_{m,z} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{z,z} \leq 0,741 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{39,25}{0,845 \times \frac{296,1}{1,0}} \right) = 0,834$$

$$k_{z,z} = 0,741 \leq 0,834$$

$$k_{y,z} = 0,6 \times k_{z,z} = 0,6 \times 0,741 = 0,445$$

Posouzení kolmo k z :

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{z,z} \times \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{39,25}{0,845 \times \frac{296,1}{1,0}} + 0,741 \times \frac{1,49}{\frac{6,0}{1,0}} \leq 1$$

$$0,34 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kolmo k y

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

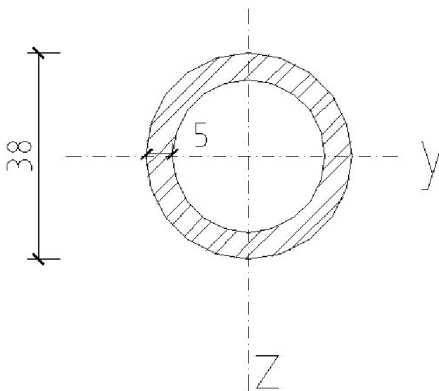
$$\frac{39,25}{0,845 \times \frac{296,1}{1,0}} + 0,445 \times \frac{1,49}{\frac{1 \times 6,0}{1,0}} \leq 1$$

$$0,27 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost vodorovných diagonál

Posouzení na vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B388	CO25	0,000	-39,06	0,00	0,03	-0,02	0,00	0,00
B388	CO46	0,000	39,22	0,00	0,03	-0,02	0,00	0,00
B388	CO25	1,677	-39,06	0,00	-0,03	-0,02	0,00	0,00
B388	CO25	0,839	-39,06	0,00	0,00	-0,02	0,01	0,00



$$\frac{d}{t} = \frac{38}{5} = 7,6 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,677 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 7,22 \times 10^{-8}}{1,677^2} = 53,21 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000518 \times 235 \times 10^6}{53,21 \times 10^3}} = 1,513$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,513 - 0,2) + 1,513^2] \\ &= 1,782 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,782 + \sqrt{1,782^2 - 1,513^2}} \\ &= 0,367 \end{aligned}$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,367 \times 0,000518 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 44,70 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{39,06}{44,70} = 0,88 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Trubka CHS 38x5mm

$$I_y = I_z = 7,22 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 518 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 5,445 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = -39,25 \text{ kN}$$

S235

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B384	CO46	0,000	-38,87	0,00	0,03	-0,04	0,00	0,00
B384	CO25	0,000	39,29	0,00	0,03	-0,04	0,00	0,00
B384	CO25	1,677	39,29	0,00	-0,03	-0,04	0,00	0,00
B384	CO25	0,839	39,29	0,00	0,00	-0,04	0,01	0,00

Posouzení na prostý tah:

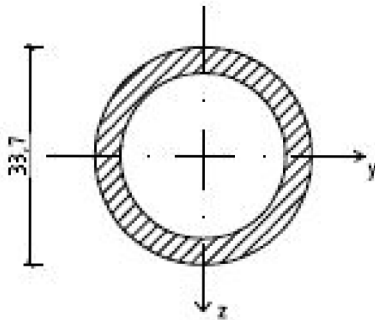
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{518 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 121,73 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{39,29}{121,73} = 0,32 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svislých diagonál

Posouzení na vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B368	CO4/6	1,250	-17,27	0,00	-0,01	0,05	0,00	0,00
B368	CO2/5	0,000	-16,94	0,00	0,01	-0,02	0,00	0,00
B368	CO2/5	1,250	-16,97	0,00	-0,01	-0,02	0,00	0,00
B368	CO4/6	0,000	-17,23	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00
B368	CO2/5	0,625	-16,96	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,00



Trubka CHS 33,7x4 mm

$$I_y = I_z = 4,78 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$A = 451 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 4,119 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = -17,27 \text{ kN}$$

S235

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,250 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{cr,z} = N_{cr,y} &= \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 4,78 \times 10^{-8}}{1,25^2} \\ &= 63,41 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000451 \times 235 \times 10^6}{63,41 \times 10^3}} = 1,293$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,293 - 0,2) + 1,293^2] \\ &= 1,451 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,451 + \sqrt{1,451^2 - 1,293^2}} \\ &= 0,474 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{br,d} &= \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,474 \times 0,000451 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ &= 50,27 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{17,27}{50,27} = 0,34 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B369	CO2/5	0,000	17,81	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
B369	CO4/6	1,250	17,86	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00
B369	CO4/6	0,000	17,83	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
B369	CO2/5	1,250	17,84	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00
B369	CO2/5	0,625	17,83	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

Posouzení na prostý
tah:

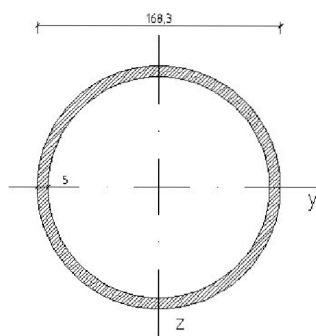
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{451 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 105,99 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{17,86}{105,99} = 0,17 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení sloupu

Posouzení sloupu na vybočení z roviny:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B512	CO25	7,400	-241,99	2,68	0,19	0,13	0,49	3,69
B512	CO46	5,940	226,46	-2,52	-0,26	-0,17	-0,64	0,09
B512	CO46	0,000	-3,34	-69,22	-0,26	-0,13	0,64	-13,67
B512	CO25	0,000	-6,33	69,18	0,19	0,16	-0,79	13,67
B512	CO46	3,020	144,37	0,29	-0,26	-0,18	-0,01	-0,76
B512	CO46	7,400	226,95	-2,52	-0,26	-0,17	-1,02	-3,60
B512	CO46	0,100	-3,38	-69,22	-0,26	-0,13	0,62	-20,59
B512	CO25	0,100	-6,36	69,18	0,19	0,16	-0,77	20,59



Trubka CHS 168.3x5mm

$$I_y = I_z = 8,56 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$A = 2570 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,3127 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = -241,99 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{168,3}{5} = 33,66 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 7,4 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 8,56 \times 10^{-6}}{7,4^2} = 323,99 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00257 \times 235 \times 10^6}{323,99 \times 10^3}} = 1,365$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,365 - 0,2) + 1,365^2] \\ &= 1,554 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,554 + \sqrt{1,554^2 - 1,365^2}} = 0,435$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,435 \times 0,00257 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 262,88 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{241,99}{262,88} = 0,92 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2570 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 603,95 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{226,46}{603,95} = 0,37 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na vybočení v rovině příhradového sloupu:

$$L_{cr,z} = 1,46 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 856 \times 10^{-6}}{1,46^2} \\ = 8323,1 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,00257 \times 235 \times 10^6}{8323,1 \times 10^3}} = 0,269$$

$$\phi_z = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,269 - 0,2) + 0,269^2] \\ = 0,544$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,544 + \sqrt{0,544^2 - 0,269^2}} \\ = 0,985$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,985 \times 0,00257 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 594,62 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{241,99}{594,62} = 0,41 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení špičky sloupu na ohyb:

$$M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,z} = \frac{W_{ply} \times f_y}{\gamma_{M0}} \\ = \frac{1,313 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 30,86 \text{ kNm}$$

Ohyb kolmo na osu y:

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Rd,z}} = \frac{20,59}{30,86} = 0,67 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

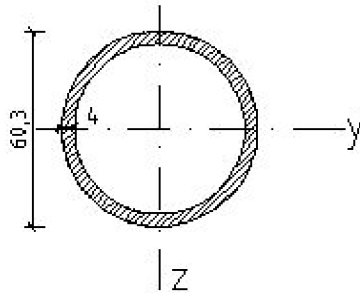
Ohyb kolmo na osu z:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{1,02}{30,86} = 0,03 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení diagonály příhradového sloupu:

Vzpěrný tlak:

Prvek	Stav	ds [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B406	C046	0,000	-65,09	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00
B406	C026	2,396	64,71	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00
B406	C025	0,000	64,60	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
B406	C025	1,198	64,65	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00



Trubka CHS 60,3X4 mm

$$I_y = I_z = 2,82 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 707 \text{ mm}^2$$

$$W_{z,pl} = W_{y,pl} = 1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$N_{Ed,max} = 34,27 \text{ kN}$$

S 235

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{4} = 15,09 < 50 \times \varepsilon = 50 \times 1 = 50 \quad \text{Třída I}$$

$$L_{cr,y} = 2,396 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 2,82 \times 10^{-7}}{2,396^2} = 101,81 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,000707 \times 235 \times 10^6}{101,81 \times 10^3}} = 1,278$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \\ &= 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,278 - 0,2) + 1,278^2] \\ &= 1,43 \end{aligned}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,278^2}} = 0,483$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,483 \times 0,000707 \times 235 \times 10^6}{1,0} = 80,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{br,d}} = \frac{65,09}{80,30} = 0,81 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Prostý tah:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{707 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^6}{1,0} = 166,15 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{64,71}{166,15} = 0,39 < 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Spoje

Svarový spoj diagonály s vodorovným pásem:

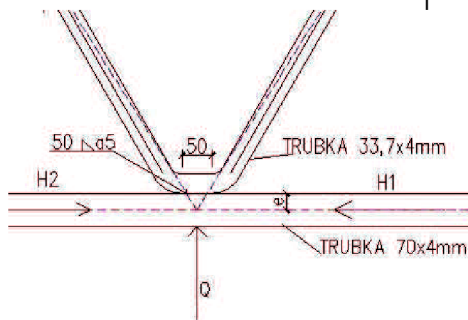
Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B486	CO25	0,000	-138,86	-0,06	0,09	0,00	0,04	-0,06
B486	CO46	0,000	35,56	0,03	0,09	0,00	0,04	0,04
B486	CO25	1,000	-138,86	-0,06	0,00	0,00	0,09	-0,12
B486	CO25	1,500	-138,86	-0,06	-0,05	0,00	0,08	-0,15
B486	CO46	1,500	35,56	0,03	-0,05	0,00	0,07	0,10
B493	CO25	0,000	-96,73	0,05	0,10	0,00	0,01	-0,14
B493	CO46	0,000	24,53	-0,08	0,11	-0,01	0,01	0,14
B493	CO25	1,000	-96,73	0,05	0,01	0,00	0,07	-0,09
B493	CO25	1,500	-96,73	0,05	-0,04	0,00	0,06	-0,07
B493	CO46	1,500	24,53	-0,08	-0,04	-0,01	0,06	0,03

Nejvíce namáhaný svar:

$$N_{H2} = -138,86 \text{ kN}$$

$$N_{H1} = -96,73 \text{ kN}$$

$$\Delta H = |-138,86 - (-96,73)| = 42,13 \text{ kN}$$



$$M = \Delta H \times e = 42,13 \times 0,035 = 1,475 \text{ kNm}$$

$$W_{svar} = 2 \times \frac{1}{6} \times a \times L^2 = 2 \times \frac{1}{6} \times 0,005 \times 0,065^2 = 7,042 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\tau_{xH} = \tau_{\parallel} = \frac{\Delta H}{2 \times a \times L} = \frac{42,13 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,065} = 64,82 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xQ} = \frac{Q}{2 \times a \times L} = \frac{7,06 \times 10^3}{2 \times 0,005 \times 0,06} = 11,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zM} = \frac{M}{W} = \frac{1,475 \times 10^3}{7,042 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 209,45 \text{ MPa}$$

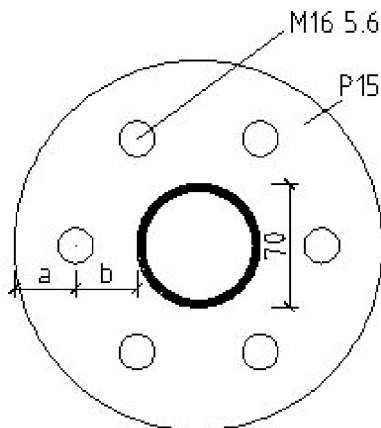
$$\tau_z = \tau_{z,Q} + \tau_{z,M} = 11,7 + 209,45 = 221,2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\tau_z}{\sqrt{2}} = \frac{221,2}{\sqrt{2}} = 156,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} = 230,4 \text{ MPa} \leq \tau_{\perp}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{156,4^2 + 3 \times (156,4^2 + 64,82^2)} = 332,3 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$



Šrouby M 16 5.6

$$f_{y,b} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{u,b} = 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,b} = 1,25$$

$$d_o = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$d_m = 25,85 \text{ mm}$$

Posouzení šroubového spoje:

Maximální tahová síla: $N_{E,d} = 203,57 \text{ kN}$

$$M_{Ed} = 1,51 \times 10^3 \text{ kNm}$$

NÁVRH 4 ŠROUBY M 20 5.6, P10

$$e_1 = 1,2 \times d_o = 1,2 \times 18 = 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 2,0 \times d_o = 2,0 \times 18 = 36 \text{ mm}$$

$$a = b = 36 \text{ mm}$$

Přídavná síla od momentu:

$$F_1 = \frac{M_{Ed}}{b} = \frac{1,49 \times 10^3}{0,142} = 10,5 \text{ kN}$$

$$N_{E,d} = 203,57 + 10,5 = 214,1 \text{ kN}$$

Tah:

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}} = \frac{6 \times 0,9 \times 500 \times 10^6 \times 157 \times 10^{-6}}{1,25} = 339,1 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 339,1 \text{ kN} \geq F_{E,d} = 214,1 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Protlačení:

$$B_{P,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 25,85 \times 20 \times 500}{1,25} = 389,9 \text{ kN}$$

$$6 \times B_{P,Rd} \geq F_{E,d}$$

$$1339,4 \text{ kN} \geq 214,1 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení náhradního T profilu:

Porušení desky:

$$m = 36 - 0,8 \times a \times \sqrt{2} = 40 - 0,8 \times 4 \times \sqrt{2} = 31,5 \text{ mm}$$

$$L_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 31,5 = 197,92 \text{ mm}$$

$$L_{eff,op} = 2 \times m + 1,25 \times e = 2 \times 31,5 + 1,25 \times 36 = 108 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = \min\{L_{eff,cp}, L_{eff,op}\} = \min\{197,92; 108\} \\ = 108 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,108 \times 0,015^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 1,43 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 1,43 \times 10^3}{0,0315} = 181,6 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 181,6 = 544,8 \text{ kN} \geq F_{T,Ed} = 214,1 \text{ kN}$$

Porušení desky a šroubů- páčení:

$$n = \min\{e; 1,25 \times m\} = \min\{36; 1,25 \times 39,5\} = 36 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{Mo}} \\ = \frac{0,25 \times 0,134 \times 0,015^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ = 1,43 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \frac{2 \times M_{pl,1,Rd} + n \times F_{t,1,Rd}}{m + n} \\ = \frac{2 \times 1,43 \times 10^3 + 0,036 \times 56,5 \times 10^3}{0,0315 + 0,036} \\ = 72,5 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 3 \times 72,5 = 217,5 \geq N_{E,d} = 214,1 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení svarového spoje sloupu:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

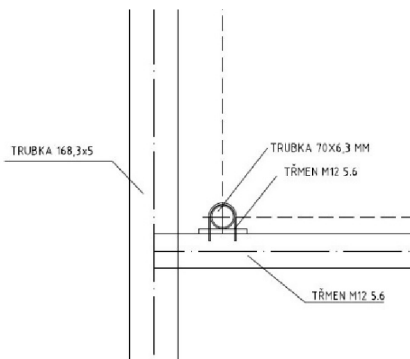
$$L = \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} \\ = \frac{34,91 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{4 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} \\ = 10,5 \text{ mm}$$

Návrh L=40 mm

Posouzení přípoje na sloup

Přípoj spodní:

Stav	Přípoj	Uzel	Nosníky	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
CO4/1	FC2	N259	B511	-3,08	13,74	12,71	-0,01	0,00	0,00
CO4/1	FC3	N197	B186	2,29	15,80	-0,03	0,00	0,31	0,00
CO2/2	FC1	N57	B197	-0,98	-16,46	3,22	0,00	0,00	0,00
CO2/2	FC3	N197	B186	0,90	-15,80	-0,03	0,00	0,54	0,00
CO2/2	FC2	N259	B511	-1,08	-11,77	12,71	0,00	0,00	0,00
CO4/1	FC1	N57	B197	0,79	14,48	3,22	0,01	0,00	0,00



$$F_{v,Rd} = \frac{4 \times 0,6 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

$$= \frac{4 \times 0,6 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 94,04 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 94,04 \text{ kN} > N_{E,d,max} = 15,8 \text{ kN}$$

Přípoj horní:

Tah:

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B199	CO2/2	0,000	-56,75	0,99	5,92	0,09	0,00	0,00
B199	CO4/1	0,000	56,77	0,38	2,96	-0,04	0,00	0,00
B199	CO4/1	1,700	28,58	2,67	-13,37	-0,27	2,66	-0,53
B199	CO4/1	1,900	28,58	2,67	-13,41	-0,27	0,00	0,00
B199	CO2/2	0,200	-40,29	-0,01	2,65	0,00	-0,46	-0,20
B199	CO2/2	1,700	-40,29	-0,01	2,32	0,00	3,26	-0,21
B199	CO4/1	0,200	42,28	-0,41	-0,32	0,03	2,02	0,08

Třmen M12 5.6

$$R_e = f_y = 275 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430 \text{ MPa}$$

$$A_s = 113,09 \text{ mm}^2$$

$$F_{b,Rd} = \frac{0,9 \times f_{u,b} \times A_s}{\gamma_{M,b}}$$

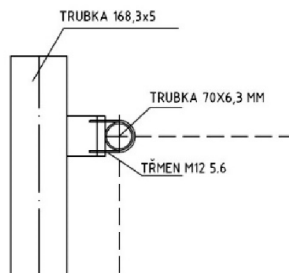
$$= \frac{4 \times 0,9 \times 430 \times 10^6 \times 113,09 \times 10^{-6}}{1,25}$$

$$= 140,05 \text{ kN}$$

$$N_{E,d,v} = 25,15 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 16,46 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Posouzení svaru HE 100 A profilu k trubce sloupu:



$$V_{E,d} = 5,92 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{E,d}}{a \times 2 \times L} = \frac{5,92 \times 10^3}{0,004 \times 2 \times 0,056} = 8,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{E,d}}{A_1} = \frac{56,77 \times 10^3}{2048 \times 10^{-6}} = 27,7 \text{ MPa}$$

$$A_1 = 4 \times 2 \times 56 + 4 \times 4 \times 100 = 2048 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 27,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,8 \times f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{0,8 \times 360 \times 10^6}{1,25} \\ = 230,4 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{27,7^2 + 3 \times (27,7^2 + 8,8^2)} = 57,46 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} \\ = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Výpočet kotvení sloupu varianty B

Posouzení na tlak:

$$a_1 = \min(A_p; 5a; a + h; 5b) = \min(0,5; 1,4; 1,1; 1,4) \\ = 0,5 \text{ m}$$

$$b_1 = \min(B_p; 5b; b + h; 5a) = \min(0,5; 1,4; 1,1; 1,4) \\ = 0,5 \text{ m}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \times b_1}{a \times b}} = \sqrt{\frac{0,5 \times 0,5}{0,4 \times 0,4}} = 1,25$$

$$f_{i,d} = \beta_j \times k_j \times f_{c,d} = \frac{2}{3} \times 1,25 \times 10,67 = 8,89 \text{ MPa}$$

$$c = t_p \times \sqrt{\frac{f_y}{3 \times f_{i,d} \times \gamma_{M,o}}} = 20 \times \sqrt{\frac{235}{3 \times 8,89 \times 1,0}} \\ = 59,4 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = \pi \times (r_1^2 - r_2^2) = \pi \times (143,6^2 - 24,8^2) \\ = 62850 \text{ mm}^2$$

$$N_{R,d} = A_{eff} \times f_{i,d} = 0,062850 \times 8,89 \times 10^6 = 558,7 \text{ kN}$$

$$N_{E,d} = 246,49 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{E,d}}{N_{R,d}} = \frac{246,49}{558,7} \leq 0,47 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení svaru sloupu a kotevní desky:

$$A_1 = \pi da = \pi \times 168,3 \times 4 = 2115 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{E,d}}{A_1} = \frac{246,49 \times 10^3}{2115 \times 10^{-6}} = 116,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 116,5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M,2}}$$

$$\sqrt{116,5^2 + 3 \times (116,5^2 + 0^2)} = 233 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \times 1,25} \\ = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Bakalářská práce Ústav kovových dřevěných konstrukcí

Posouzení sloupu na tah:

Únosnost šroubů na tah:

Návrh: 4 x zabetonovaný šroub s hákem M 30

$$N_{R,d,1} = 89,8 \text{ kN} \quad N_{R,d} = 4 \times 89,8 = 359,2 \text{ kN}$$

Minimální hloubka zabetonování $h_{min} = 760 \text{ mm}$

$$N_{R,d} = 359,2 \text{ kN} \geq N_{E,d} = 120,55 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Páčení kotevních šroubů

$$\begin{aligned} L_{eff,cp} &= \min(2\pi m; \pi m + 2e_t) \\ &= \min(2 \times \pi \times 74; \pi \times 74 + 2 \times 106) \\ &= 444 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{eff,op} &= 2 \times m + 1,25 \times e = 2 \times 74 + 1,25 \times 102 \\ &= 275,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{eff} &= \min\{L_{eff,cp}, L_{eff,op}\} = \min\{444; 275,5\} \\ &= 275,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Porušení desky:

$$\begin{aligned} M_{pl,1,Rd} &= \frac{t_p^2 \times f_{yd} \times L_{eff}}{4 \times \gamma_{M,o}} = \frac{0,02^2 \times 235 \times 10^6 \times 0,2755}{4 \times 1,25} \\ &= 6,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 6,5 \times 10^3}{0,074} = 351,4 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 2 \times 351,4 = 702,8 \text{ kN} \geq F_{T,Ed} = 246,49 \text{ kN}$$

Porušení desky a šroubů- páčení:

$$n = \min\{e; 1,25 \times m\} = \min\{74; 1,25 \times 102\} = 74 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pl,2,Rd} &= \frac{0,25 \times L_{eff} \times t_f^2 \times f_y}{\gamma_{M,o}} \\ &= \frac{0,25 \times 0,2755 \times 0,02^2 \times 235 \times 10^6}{1,0} \\ &= 6,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{T,Rd} &= \frac{2M_{pl,1,Rd} + n \times F_{t,1,Rd}}{m+n} = \frac{2 \times 6,5 \times 10^3 + 0,074 \times 89,8 \times 10^3}{0,074 + 0,074} = \\ &= 132,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$F_{T,Rd} = 2 \times 132,7 = 265,5 \text{ kN} \geq N_{E,d} = 246,49 \text{ kN}$$

Namáhání kotevních šroubů – vítr boční strana

Zatížení příhradoviny větrem:

Součinitel plnosti:

$$A = \sum b_i \times l + \sum A_k = 3,767 \text{ m}^2$$

$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{4,21}{18,0} = 0,234$$

$$R_e = \frac{bv(z_e)}{v} = \frac{0,1683 \times 26,52}{15 \times 10^{-6}} = 241915$$

$$R_e \rightarrow c_{f,0} = 1,1$$

$$\lambda = \min\left(\frac{2l}{b}; 70\right) = \min\left(\frac{2 \times 8,7}{2,04}; 70\right) = 8,53$$

$$\lambda \rightarrow \psi_\lambda = 0,95$$

Součinitel síly: $c_{f,0} \times \psi_\lambda = 1,1 \times 0,95 = 1,05$

$$q_{Ek} = 1,046 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{w,d} = q_{Ek} \times c_{f,0} \times \psi_\lambda \times A_{ref} = 1,046 \times 1,05 \times 4,21 = 4,62 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 4,62 \times 4,35 = 20,01 \text{ kNm}$$

Vzniklá tahová síla ve šroubech:

$$F_{t,d} = \frac{M_{Ed}}{d} = \frac{20,01 \times 10^3}{0,148} = 135,2 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,d} = \frac{135,2}{2} = 67,6 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 89,8 \text{ kN}$$

Posouzení svaru výztuhy patního plechu:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_w}{4 \times a \times L} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}$$

$$L \geq \frac{F_w \times \sqrt{3} \times \gamma_{M,2} \times \beta_w}{a \times f_u} = \frac{\frac{1}{4} \times 108,63 \times 10^3 \times \sqrt{3} \times 1,25 \times 0,8}{2 \times 0,004 \times 360 \times 10^6} = 16,3 \text{ mm} \quad \text{Návrh } L = 40 \text{ mm}$$

Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Obecná zatížení
- [2] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí větrem
- [4] ČSN EN 1991-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – navrhování styčníků
- [5] ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic
- [6] ČSN EN 12899-1 Stálé svislé dopravní značení
- [7] Studnička J., Macháček J.: Ocelové konstrukce 20. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002.
- [8] Vraný, T.: Ocelové konstrukce 20. Projekt, haly, ČVUT Praha, 2003.
- [9] Macháček J., Sokol Z., Vraný T., Wald F.: NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ PŘÍRUČKA K ČSN 1993-1-1 A ČSN EN 1993-1-8. Vydavatelství: Informační centrum ČKAIT Praha 2009.

Internetové zdroje

- [10] ET product, s.r.o. Třmeny [online]. 2014. [cit. 2014-05-20], dostupné z: <http://www.etprodukt.cz/>
- [11] Wiskonsin department of transportation- English sign bridges 2006. [cit. 2014-05-20], [online]. dostupné z: http://on.dot.wi.gov/dtid_bos/extranet/structures/english-bridges.htm
- [12] Federal highway administration, Bridges and Structures 2013. [cit. 2014-05-20], dostupné z: <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/sign20.cfm>

Použité zkratky a symboly

- ČSN Česká státní norma
- EN Evropská norma

Seznam příloh

Textová část

1. Zadání
2. Průvodní zpráva
3. Technická zpráva
4. Statický výpočet

Výkresová část

1. Výkres dispozice portálů 1:50
2. Výkres detailů 1:5
3. Výpis materiálů