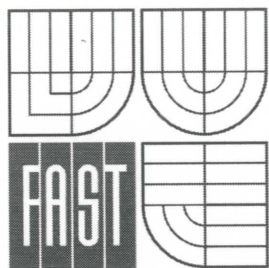


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

NOSNÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE SPORTOVNÍ HALY

STEEL STRUCTURE OF SPORTS HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

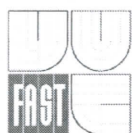
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MILAN UHL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUKÁŠ HRON

BRNO 2013



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 Milan Uhl
Název Nosná ocelová konstrukce sportovní haly
Vedoucí bakalářské práce Ing. Lukáš Hron
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce 24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012

102. 0110
.....
doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu



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



Podklady a literatura

Platné normy pro určení účinků zatížení a pro navrhování ocelových konstrukcí:

ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem.

ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem.

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

ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků.

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

V rámci této práce bude vypracována nosná ocelová konstrukce sportovní haly o rozměrech 40 x 60 m s konstrukční výškou 12 m.

Pro určení klimatického zatížení bude uvažována lokalita Vyškov.

Při návrhu nosné konstrukce budou splněny architektonické a dispoziční požadavky.

Požadované výstupy:

Technická zpráva.

Statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce.

Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce.

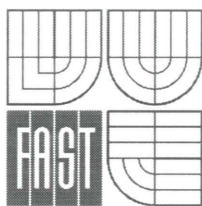
Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



.....
Ing. Lukáš Hron
Vedoucí bakalářské práce



POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Lukáš Hron
Autor práce Milan Uhl

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 Nosná ocelová konstrukce sportovní haly

Název práce v anglickém jazyce Steel Structure of Sports Hall

Typ práce Bakalářská práce

Přidělovaný titul Bc.

Jazyk práce Čeština

Datový formát elektronické verze

Anotace práce Cílem práce je navrhnout nosnou ocelovou konstrukci sportovní haly sloužící k zastřešení 3 tenisových kurtů. Hlavní nosná konstrukce zastřešení je v příčném směru tvořena příhradovými vazníky s parabolickým horním i spodním pásem a tvoří tak válcovou plochu. Výška 12 m je navržena tak, aby byly splněny požadavky účelu objektu. Půdorysný rozměr haly je 40 x 60 m.

Konstrukce byla navržena tak, aby splňovala zejména funkčnost, ale také aby byla přijatelná z estetického a ekonomického hlediska.

Anotace práce v anglickém jazyce The goal of this work is to design a steel structure of a sports hall, which will be used for roofing of three tennis courts. The main structure of roofing is made of lattice trusses, which are parabolic curved so they make cylindrical surface. Building height is 12 meters because of requirements on this object. The ground plan size of the hall is 40 x 60 metres. The structure is designed to satisfy not only the functionality, but as well aesthetic and economic requirements.

Klíčová slova ocelová konstrukce
tenisový kurt
sportovní hala
příhradový vazník
vaznice
válcová plocha

**Klíčová slova v
anglickém
jazyce** steel structure
tennis court
sport hall
lattice truss
purlin
cylindrical surface

Abstrakt

Cílem práce je navrhnout nosnou ocelovou konstrukci sportovní haly sloužící k zastřešení 3 tenisových kurtů. Hlavní nosná konstrukce zastřešení je v příčném směru tvořena příhradovými vazníky s parabolickým horním i spodním pásem a tvoří tak válcovou plochu. Výška 12 m je navržena tak, aby byly splněny požadavky účelu objektu. Půdorysný rozměr haly je 40 x 60 m.

Konstrukce byla navržena tak, aby splňovala zejména funkčnost, ale také aby byla přijatelná z estetického a ekonomického hlediska.

Klíčová slova

ocelová konstrukce
tenisový kurt
sportovní hala
příhradový vazník
vaznice
válcová plocha

Abstract

The goal of this work is to design a steel structure of a sports hall, which will be used for roofing of three tennis courts. The main structure of roofing is made of lattice trusses, which are parabolic curved so they make cylindrical surface. Building height is 12 meters because of requirements on this object. The ground plan size of the hall is 40 x 60 metres. The structure is designed to satisfy not only the functionality, but as well aesthetic and economic requirements.

Keywords

steel structure
tennis court
sport hall
lattice truss
purlin
cylindrical surface

Bibliografická citace VŠKP


UHL, Milan. *Nosná ocelová konstrukce sportovní haly*. Brno, 2013. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Lukáš Hron.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

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

V Brně dne 24.4.2013


.....
podpis autora
Milan Uhl

Prohlášení:

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

V Brně dne 24.4.2013



.....

podpis autora
Milan Uhl

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Lukáši Hronovi za trpělivost, ochotu a odborné rady při řešení této práce. Dále bych chtěl za podporu poděkovat své rodině.

Obsah

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet
 - část č.1 – Hlavní část
 - část č.2 – Řešení detailů

Seznam příloh

3. Výkresová dokumentace
 - výkres č.1 – Půdorys, řezy
 - výkres č.2 – Výkres vazníku
 - výkres č.3 – Výkres kotvení
4. Výstup z programu

Seznam použitých zdrojů

1. ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004.
2. ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005.
3. ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007.
4. Vraný, Tomáš; Wald, František. Ocelové tabulky. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2005.
5. ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
6. ČSN EN 1993-1-8. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí: Navrhování styčníků. Praha: Český normalizační institut, 2006.
7. Melcher, Jindřich; Straka, Bohumil; Kovové konstrukce, Konstrukce průmyslových budov. Praha: SNTL, 1979
8. Wald, František. Prvky ocelových konstrukcí. Příklady podle Eurokódů. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2005.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
NOSNÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE SPORTOVNÍ
HALY

TECHNICKÁ ZPRÁVA

Brno 2013

Milan Uhl

OBSAH

1.	ZADÁNÍ	3
2.	NORMATIVNÍ DOKUMENTY	3
3.	POPIS ŘEŠENÉ KONSTRUKCE	3
4.	DISPOZICE	5
5.	POHLEDY	6
6.	POPIS KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ	7
6.1.	VAZNICE	7
6.2.	VAZNÍK	7
6.3.	SLOUP	8
	<i>6.3.a Sloup příčné vazby</i>	<i>8</i>
	<i>6.3.b Sloupy ve štítovém rámu</i>	<i>8</i>
6.4.	ZTUŽIDLO	8
6.5.	STŘEŠNÍ PLÁŠŤ	8
6.6.	STĚNOVÝ PLÁŠŤ	9
6.7.	KOTVENÍ	9
7.	VÝROBA	9
8.	POVRCHOVÁ ÚPRAVA	9
9.	MONTÁŽ	9
10.	HMOTNOST KONSTRUKCE	10

1. ZADÁNÍ

V rámci této práce bude vypracována nosná ocelová konstrukce sportovní haly o rozměrech 40x60 m s konstrukční výškou 12 m. Pro určení klimatického zatížení bude uvažována lokalita Vyškov. Při návrhu nosné konstrukce budou splněny architektonické a dispoziční požadavky.

2. NORMATIVNÍ DOKUMENTY

-ČSN EN 1993 -1-1. *Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

-ČSN EN 1993 -1-8. *Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování styčnicků*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 127 s.

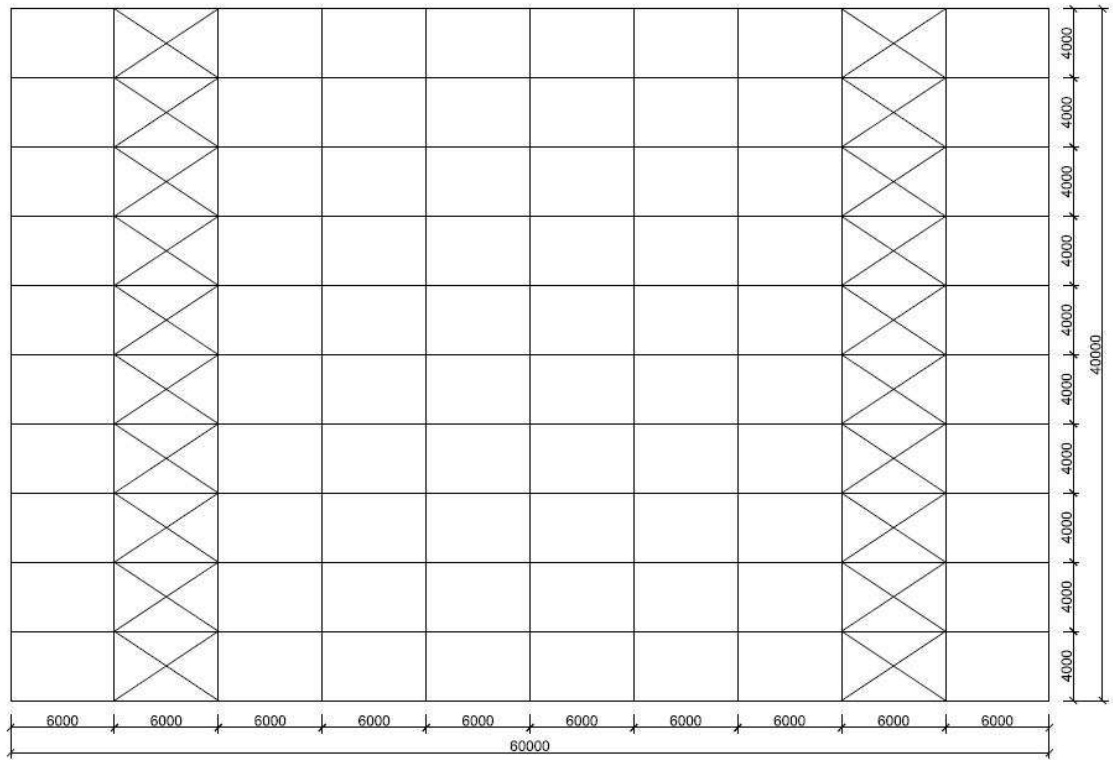
-ČSN 73 1991-1-1. *Obecná zatížení*. Praha: Český normalizační institut, 2004

-ČSN 73 1991-1-3. *Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2004

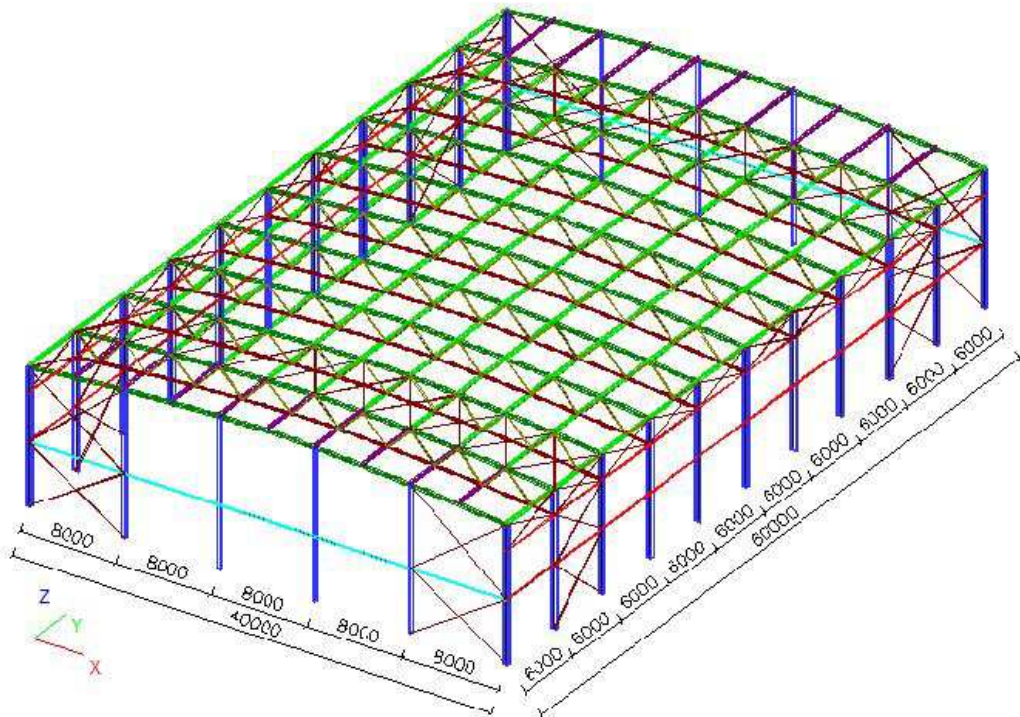
-ČSN 73 1991-1-4. *Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2004

3. POPIS ŘEŠENÉ KONSTRUKCE

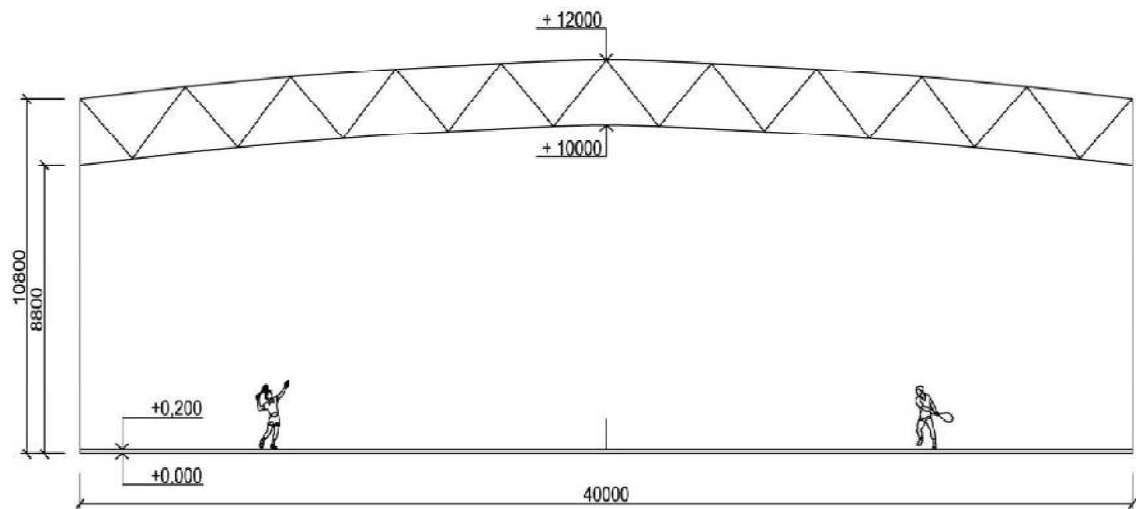
Navržená konstrukce má půdorysné rozměry 40x60 m a výšku 12 m. Hlavní statický systém se skládá z 11 příčných vazeb, které jsou osově vzdáleny 6 m. V příčném směru je konstrukce tvořena příhradovými vazníky s parabolicky zakřivenými horními a dolními pásy, které jsou kloubově připojeny na plnostěnný sloup. Krajiní štítová vazba je řešena způsobem, kdy je horní pás přímo podporován štítovými sloupy.



Obr. 1. Půdorys



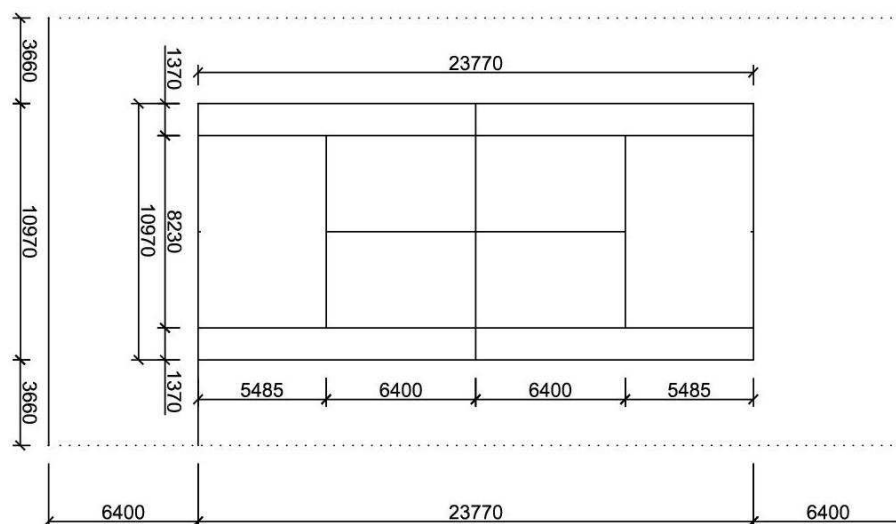
Obr. 2. Axonometrie objektu



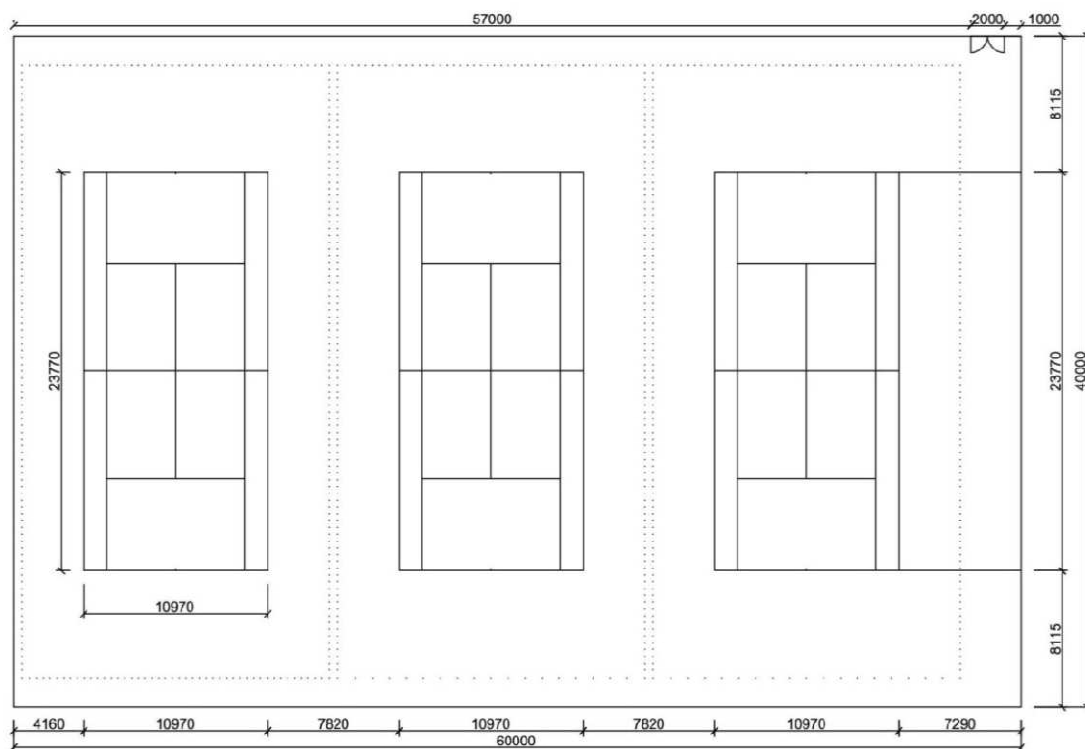
Obr. 3. Příčný řez

4. DISPOZICE

Z hlediska dispozice objektu bylo uvažováno umístění 3 tenisových kurtů. Vstup do konstrukce je umístěn v krajním poli. Z důvodů dodržení minimální doporučené výšky podle Českého tenisového svazu 9,14 m byla navržena světlá výška objektu 10 m. Dvorec určený pro čtyřhru je obdélník o rozměrech 23,77x10,97 m. Mezi zadními čarami a zadním hrazením je doporučena minimální vzdálenost 6,4 m a mezi podélnými čarami a podélným hrazením je doporučena minimální vzdálenost 3,66 m pro pořádání mezinárodních soutěží.

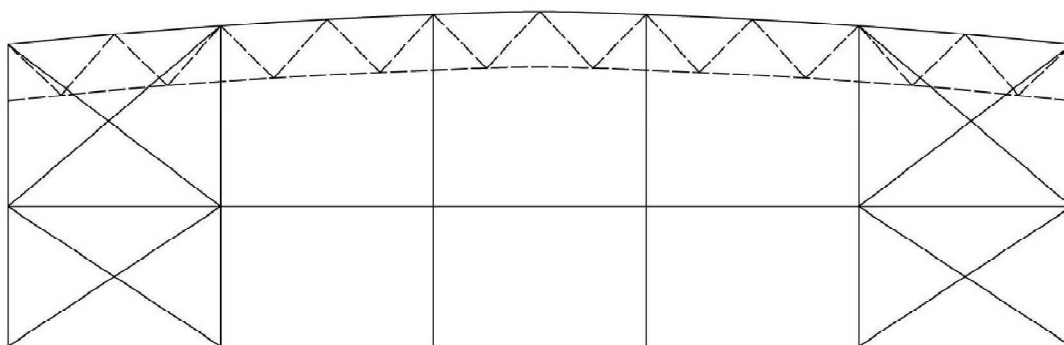


Obr. 4. Rozměry dvorce včetně doběhů

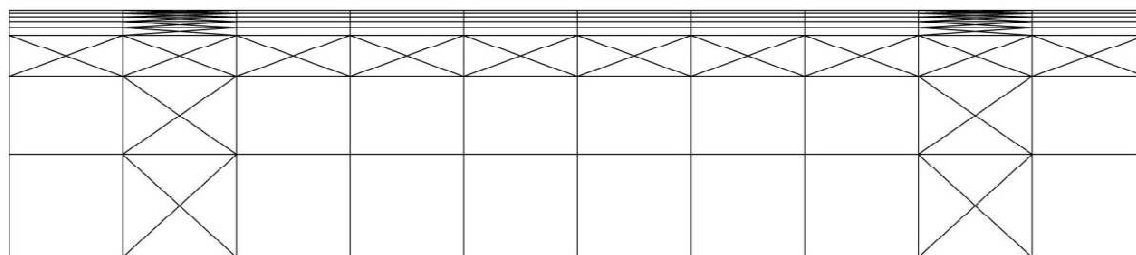


Obr. 5. Dispozice celého objektu

5. POHLEDY



Obr. 6. Pohled na příčnou stranu objektu



Obr. 7. Pohled na podélnou stranu objektu

6. POPIS KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ

6.1. Vaznice

Vaznice byly navrženy jako plnostěnné o konstantní osové vzdálenosti 4 m a rozpětí 6 m. Průřez byl zvolen jako IPE 270. Ve statickém modelu bylo uvažováno kloubové připojení na vazník. Na vaznice je přímo uložen střešní plášť.

6.2. Vazník

Z důvodu velkého příčného rozpětí objektu byly navrženy příhradové vazníky o rozpětí 40m. Vazníky byli především z estetického důvodu navrženy s parabolicky zakřiveným horním a spodním pásem, průřezy byli navrženy jako uzavřené. Vzdálenost mezi spodním a horním pásem je po celé délce vazníku konstantní a je rovna 2 m. Vzepětí oblouku je 1,2 m. Horní pás byl navržen jako průřez TR 4HR 200x200x8 mm, dolní pás TR 4HR 140x140x10 a diagonála TR KR 101,6x7,1 mm. Zatížení bude přenášeno přes vaznice, které budou uloženy na styčnicích. Z důvodu umožnění přepravy na stavbu bude vazník rozdělen ve třetinách a na místě před montáží dojde ke spojení pomocí šroubů.

6.3. Sloup

6.3.a Sloup příčné vazby

Sloupy jsou navrženy jako plnostěnné profily TR 4HR 450x250x16 mm. Sloup je ve statickém modelu navržen jako vetknutý ve směru příčné vazby a jako kloubově uložený v podélném směru. Sloup je navržen tak aby přenesl do základů veškeré zatížení kterým je vystaven, tedy především reakce od vazníku a zatížení od větru. Na sloupy jsou připojeny paždíky, které přispívají k větší tuhosti celé konstrukce.

6.3.b Sloupy ve štítovém rámu

Sloupy jsou navrženy jako plnostěnné profily TR 4HR 300x200x16 mm. Sloup je uvažován jako kloubově uložený v obou směrech.

6.4. Ztužidlo

Ztužidla jsou navrženy z důvodu zvýšení prostorové tuhosti celé konstrukce. Ztužidla byla navržena na přenášení tahových sil a při tvorbě statického modelu bylo v programu využito funkce absence. Profil byl navržen jako tyč o průměru 25 mm. Přichycení ztužidel bude provedeno pomocí šroubů.

6.5. Střešní plášť

Střešní plášť je tvořen panelem KINGSPAN KS 1000 XD s vnějším plechem tl. 0,7 mm (plošná profilace minibox) a vnitřním plechem tl. 0,9 mm. Vnitřní i vnější plech je tvořen z žárově pozinkované oceli. Izolační jádro je tvořeno isophenickou tuhou pěnou. Tyto střešní panely jsou určeny pro sklony střech se spádem větším než 1 %. Panely budou uchyceny na vaznici.

6.6. Stěnový plášť

Obvodový plášť je tvořen nosným panelem KINGSPAN KS 1000 AWP tl. 120 mm. Uložení panelů bude provedeno ve vodorovném směru.

6.7. Kotvení

Kotvení sloupů bude provedeno pomocí čtyř masivních šroubů M27 8.8, které budou přes patní plech kotveny do základové patky. Při výpočtu byla také navržena tloušťka patní desky a posouzeny koutové svary. Pevnost betonu základové patky byla navržena jako C 20/25 a byla ověřena výpočtem.

7. VÝROBA

Výroba všech prvků proběhne ve výrobním závodě, který by se měl z hlediska dopravy nacházet co nejbližší u staveniště. Výroba musí být provedena tak, aby odpovídala platným normám. Ocel použitá na všechny části konstrukce je S355.

8. POVRCHOVÁ ÚPRAVA

Povrchová úprava bude provedena dle normy ČSN EN ISO 12944 (Nátěrové hmoty). Bude proveden protikorozi i protipožární nátěr. Po provedení montáže budou porušené části nátěru přetřeny. Barva bude zvolena dle požadavku investora.

9. MONTÁŽ

Všechny díly budou po svém vyrobení převezeny na stavbu. Zde budou nejprve sešroubovány vazníky, které byli z důvodu umožnění přepravy rozděleny na 3 díly. Následně budou postaveny sloupy u ztužidlových polí. Poté bude provedena montáž stěn. ztužidla. Na sloupy budou pomocí jeřábů uloženy vazníky a pomocí vaznic a střešních ztužidel dojde k prostorovému ztužení. Další pole potom budou prováděna

obdobně. Štítové stěny budou sestaveny pomocí montážního zavětrování. V poslední fázi výstavby dojde k uložení střešních a stěnových panelů.

10. HMOTNOST KONSTRUKCE

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [mm ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	127995,11	1958307481,647	1,6305e+01

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [mm]	Hmotnost [kg]	Povrch [mm ²]	Objemová hmotnost [kg/mm ³]	Objem [m ³]
paždík 6m - RO101.6X10	S 355	22,61	240000,000	5425,92	76600677,490	0,00	6,9120e-01
tahla - RD25	S 355	3,85	817065,552	3146,85	64168899,536	0,00	4,0087e-01
SLOUP štítový - RHS300/200/16.0	S 355	115,39	93439,636	10782,47	89571716,309	0,00	1,3736e+00
horní pás - CFRHS200X200X8	S 355	46,50	360742,828	16775,77	276150177,002	0,00	2,1370e+00
dolní pás - CFRHS140X140X10	S 355	38,13	360742,828	13754,20	186460876,465	0,00	1,7521e+00
vaznice - IPE270	S 355	36,03	552000,000	19889,41	574592407,227	0,00	2,5337e+00
diagonála - ROR101.6/7.1	S 355	16,56	508363,434	8420,28	162254211,426	0,00	1,0726e+00
krajní vaznice - IPE270	S 355	36,03	108000,000	3891,40	112420227,051	0,00	4,9572e-01
paždík 8m - RO127X12.5	S 355	35,33	80000,000	2826,00	31916961,670	0,00	3,6000e-01
SLOUP podél - RHS450/250/16.0	S 355	165,63	237600,052	39354,88	322804687,500	0,00	5,0134e+00
horní pás krajní - CFRHS200X200X8	S 355	46,50	80165,077	3727,95	61366706,848	0,00	4,7490e-01

Objem celé konstrukce je přibližně 26400 m³. Poměr použité hmotnosti oceli na jednotku objemu je přibližně 5 kg/m³, což odpovídá hospodárnému návrhu.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
NOSNÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE
SPORTOVNÍ HALY
STATICKÝ VÝPOČET



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

NOSNÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE SPORTOVNÍ
HALY

STATICKÝ VÝPOČET

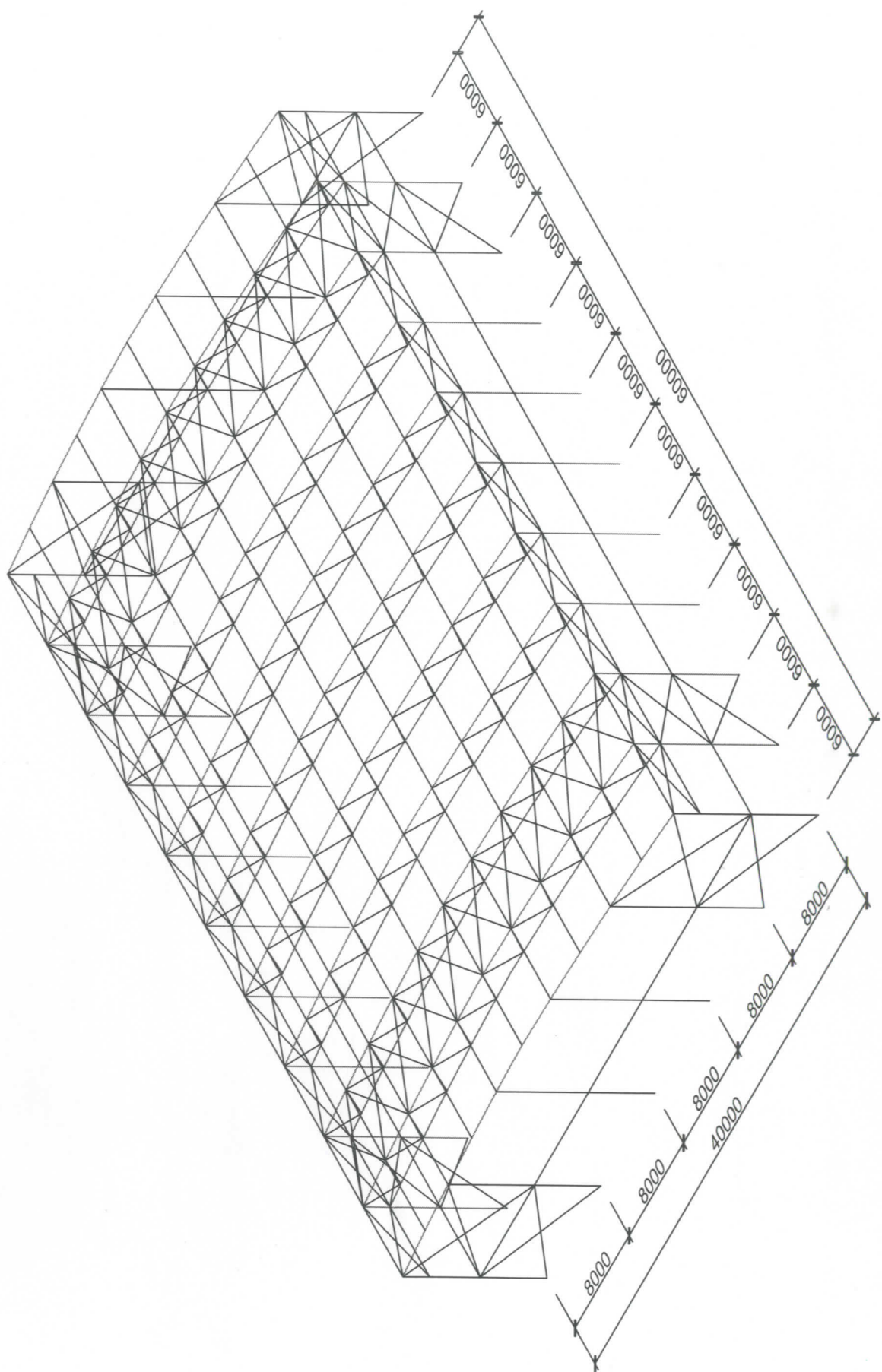
HLAVNÍ ČÁST

OBSAH

1.	GEOMETRIE.....	1
2.	VÝPOČTOVÝ MODEL.....	2
3.	MATERIÁL.....	2
4.	OPLÁŠTĚNÍ.....	3
4.1.	NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ.....	3
4.2.	NÁVRH A POSOUZENÍ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ.....	4
5.	ZÁTÍŽENÍ.....	5
5.1.	STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	5
5.1.a	Vlastní tíha.....	5
5.1.b	Ostatní stálé zatížení.....	5
5.2.	NAHODILÉ ZATÍŽENÍ.....	5
5.2.a	Užitné zatížení.....	5
5.2.b	Zatížení sněhem na střechách.....	6
5.2.c	Zatížení větrem.....	7
6.	VAZNICE.....	18
6.1.	MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI.....	19
6.2.	MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.....	24
7.	VAZNÍK.....	25
7.1.	HORNÍ PÁS.....	25
7.1.a	Mezní stav únosnosti.....	26
7.2.	DIAGONÁLA.....	30
7.2.a	Mezní stav únosnosti.....	31
7.3.	DOLNÍ PÁS.....	32
7.3.a	Mezní stav únosnosti.....	32
7.4.	MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.....	32
8.	SLOUP.....	33
8.1.	SLOUP PŘÍČNÉ VAZBY.....	33
8.1.a	Mezní stav únosnosti.....	34
8.1.b	Mezní stav použitelnosti.....	38

8.2.	SLOUP VE ŠÍTOVÉ STĚNĚ	39
8.2.a	Mezní stav únosnosti	40
8.2.b	Mezní stav použitelnosti.....	44
9.	PAŽDÍK	45
9.1.	PAŽDÍK - PODÉLNÝ SMĚR	45
9.1.a	Mezní stav únosnosti	46
9.2.	PAŽDÍK VE ŠÍTOVÉ STĚNĚ.....	47
9.2.a	Mezní stav únosnosti	48
10.	ZTUŽIDLO - TÁHLO	49
10.1.	MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI	49

1. GEOMETRIE



Geometrie konstrukce je navržena tak, aby sloužila k zastřešení 3 tenisových kurtů (viz TECHNICKÁ ZPRÁVA - POPIS ŘEŠENÉ KONSTRUKCE, DISPOZICE).

rozpětí vazníků - 40m
vzdálenost příčných vazeb - 6m
délka konstrukce - 60m
výška sloupů - 10,8m
osová vzdálenost vaznic - 4m
výška konstrukce - 12m

2. VÝPOČTOVÝ MODEL

Statický model byl zpracován v programu SCIA ENGINEER. Výstup z programu je zpracován jako samostatná příloha.

3. MATERIÁL

Všechny konstrukční prvky jsou navrženy z oceli S355.

mez kluzu - $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$

mez pevnosti - $f_u = 510 \text{ MPa}$ pro $t \leq 40 \text{ mm}$

$f_u = 490 \text{ MPa}$ pro $40 \text{ mm} \leq t \leq 100 \text{ mm}$

modul pružnosti v tahu a tlaku

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

modul pružnosti ve smyku $G = 81\,000 \text{ MPa}$

objemová hmotnost $\gamma_s = 78,5 \text{ kN/m}^3$

součinitele spolehlivosti materiálu

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M1} = 1,00$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

4. OPLAŠTĚNÍ

4.1 NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEŠNÍHO PLAŠTĚ
střešní plášt' tvořen nosným panelem
KINGSPAN KS 1000XD - vnější plech 0,7mm
(plošná profilace minibox) / vnitřní plech 0,9mm
· uvažováno jako prostý nosník, $l=4\text{ m}$

TLOUŠTKA JÁDRA [MM]	PŘÍPAD ZATÍŽENÍ	BEZPEČNÉ ZATÍŽENÍ V KN/M ² PRO ROZPON L=4 M
80	TLAK	3,82
	SAŇNÍ	4,52

· hodnoty v tabulce porovnávat s charakteristickými hodnotami zatížení. Výpočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů.

POSOUZENÍ: TLAK

$$q_{k,1} = 0,68 \text{ kN/m}^2 \text{ (nenavaťný sníh)}$$

$$q_{\text{panel},1} = 3,82 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k,1} \leq q_{\text{panel},1}$$

$$0,68 \text{ kN/m}^2 \leq 3,82 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

SAŇNÍ

$$q_{k,2} = 1,6 \text{ kN/m}^2 \text{ (vítr kolmo ke kratší stěně)}$$

$$q_{\text{panel},2} = 4,52 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k,2} \leq q_{\text{panel},2}$$

$$1,6 \text{ kN/m}^2 \leq 4,52 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

4.2 NA'VRH A POSOUZENÍ OBVODOVÉHO PLAŠTĚ

obvodový plášť tvořen nosným panelem
KINGSPAN KS 1000 AWP t.l. 120 mm.

Navržen jako prostý nosník, $l = 3$ m.

Porovnávat s charakteristickými hodnotami.

Výpočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů.

POSOUZENÍ: TLAK VĚTRU

$q_{K1} = 0,51 \text{ kN/m}^2$ (zatížení větrem - kolmo k delší stěně)

$$l = 3 \text{ m}$$

$q_{panel,1}$... bezpečné zatížení v kN/m^2 pro daný rozpon (z tabulky únosnosti - od výrobce)

$q_{panel,1} = 0,75 \text{ kN/m}^2$ pro $l_{max} \leq 7,99 \text{ m}$

$$q_{K1} \leq q_{panel,1}$$
$$\underline{0,51 \text{ kN/m}^2 \leq 0,75 \text{ kN/m}^2}$$

VYHOVUJE

$$l \leq l_{max}$$

$$\underline{3 \text{ m} \leq 7,99 \text{ m}}$$

VYHOVUJE

SA'NÍ VĚTRU

$$q_{K2} = 0,85 \text{ kN/m}^2$$

$$l_1 = 4 \text{ m}$$

$$l_2 = 3 \text{ m}$$

$q_{panel,2} = 1,0 \text{ kN/m}^2$ pro $l_{max} \leq 4,09 \text{ m}$

$$q_{K2} \leq q_{panel,2}$$
$$\underline{0,85 \leq 1,0 \text{ kN/m}^2}$$

VYHOVUJE

$$l \leq l_{max}$$

$$\underline{3 \text{ m} \leq 4,09 \text{ m}}$$

VYHOVUJE

5. ZATÍŽENÍ

5.1. STAĽÉ ZATÍŽENÍ

5.1a VLASTNÍ TÍHA

je generována vypočetním programem

5.1b OSTATNÍ STAĽÉ ZATÍŽENÍ

střešní plášt' ... $g_{sp} = 0,215 \text{ kN/m}^2$

obvodový plášt' ... $g_{op} = 0,14 \text{ kN/m}^2$

5.2 NAHODILÉ ZATÍŽENÍ

5.2a UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

uvažováno jako zatížení 1 kN

v nejmeně příznivé poloze

5.2.b ZATÍŽENÍ SNĚHEM NA STŘECHÁCH

$$S = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k \quad \text{lokality, výškov}$$

s_k ... charakteristická hodnota
zátížení sněhem na zemi

$$s_k = 0,85 \text{ kPa}$$

c_e ... součinitel okolního prostředí

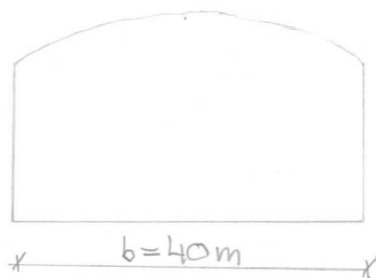
$$c_e = 1,0$$

c_t ... tepelný součinitel

$$c_t = 1,0$$

μ_i ... tvarové součinitele

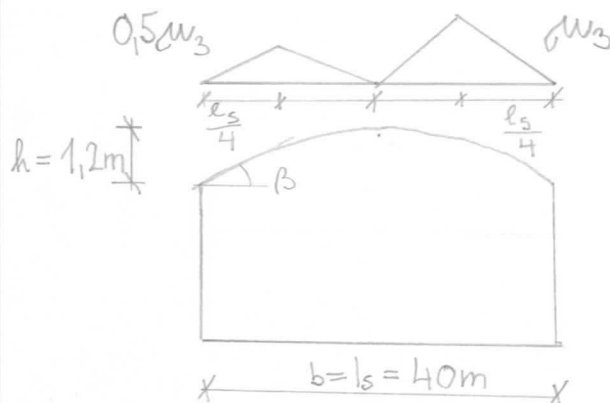
VALCOVÁ STŘECHA - bez sněžníku
případ(i) - uspořádání zátížení navařtým sněhem



$$S = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85$$

$$S = 0,68 \text{ kN/m}^2$$

případ(iii) - uspořádání zátížení navařtým sněhem

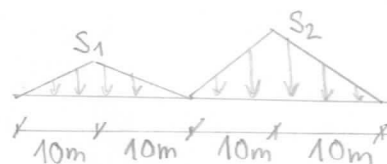


$$\beta \leq 60^\circ$$

$$w_3 = 0,2 + 10 \cdot \frac{h}{b}$$

$$w_3 = 0,2 + 10 \cdot \frac{1,2}{40}$$

$$w_3 = 0,5$$



$$S_1 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 =$$

$$S_1 = 0,21 \text{ kN/m}^2$$

$$S_2 = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 =$$

$$S_2 = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

neuvažují zátížení dle národní přílohy
NA.2.19, protože $\frac{h}{b} < \frac{1}{8}$; nejsou použity sněžníky
a stavba se nenachází ve sněhových oblastech IVaV.

5.2.c ZATÍŽENÍ VĚTREM

$$V_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot V_{b,0}$$

V_b ... základní rychlost větru

$V_{b,0}$... výchozí základní rychlost větru

c_{dir} ... součinitel směru větru

c_{season} ... součinitel ročního období

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

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

$$V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

lokality: VYŠKOV

$$V_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$V_m(z) = C_{rr}(z) \cdot C_o(z) \cdot V_b$$

$C_{rr}(z)$... součinitel drsnosti terénu

$C_o(z)$... součinitel ortografie, $C_o(z) = 1,0$

DRSNOST TERÉNU

kategorie terénu III, $z = 12 \text{ m}$, $z_0 = 0,30 \text{ m}$, $z_{min} = 5 \text{ m}$

$$C_{rr}(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{pro} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$z \leq 12 \leq 200$$

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,30}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

$$C_{rr}(z) = 0,215 \ln\left(\frac{12}{0,3}\right) = 0,793$$

$$V_m(z) = 0,793 \cdot 1,0 \cdot 25 = 19,83 \text{ m/s}$$

INTENZITA TURBULENCE

$$I_v(z) = \frac{k_1}{C_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \ln\left(\frac{12}{0,3}\right)} = 0,27$$

ZAKLADNÍ DYNAMICKÝ TLAK VĚTRU

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot V_b^2(z)$$

ρ ... měrná hmotnost vzduchu

$$q_b = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25^2$$

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

$$q_b = 390,625 \text{ N/m}^2$$

MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

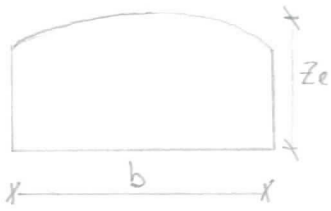
$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,27] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 19,83^2 = 0,71 \text{ kN/m}^2$$

TLAK VĚTRU NA VNĚJŠÍ POVRCH

$$w_e = q_{p(zel)} \cdot c_{pe}$$

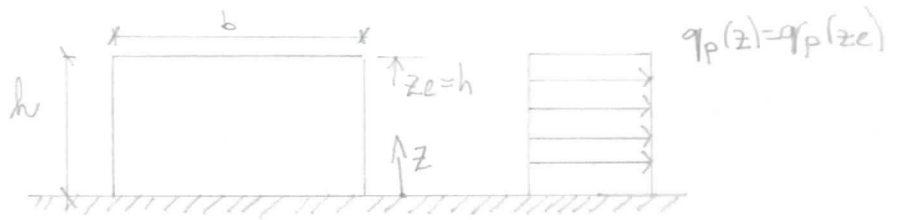
$$q_{p(zel)} = q_p(z) = 0,71 \text{ kN/m}^2$$

SVISLÉ STĚNY POZEMNÍCH STAVEB S PRAVOÚHLÝM PŮDORYSEM $h < b$



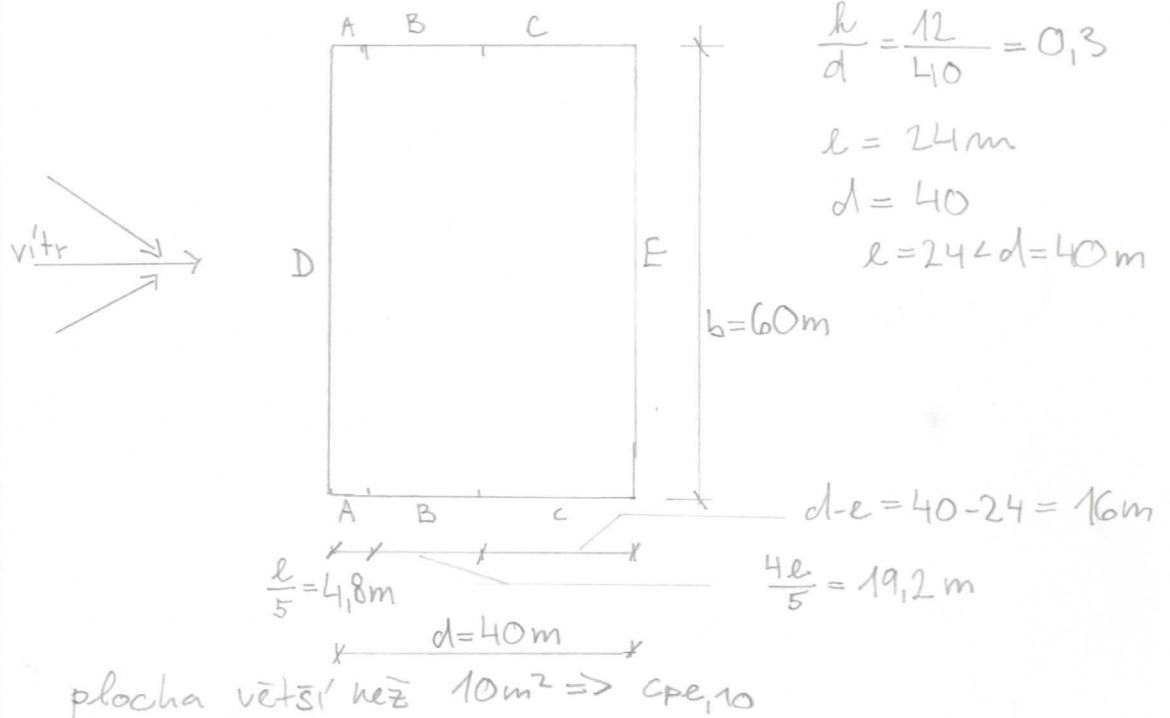
$$b = 40\text{m}$$

$$z_e = h + \frac{b}{4} = 12\text{m}$$



$$l = \min\{b; 2h\} = \min\{40; 2 \cdot 12\} = 24\text{m}$$

A) SMĚR VĚTRU KOLMO K DELŠÍ STĚNĚ

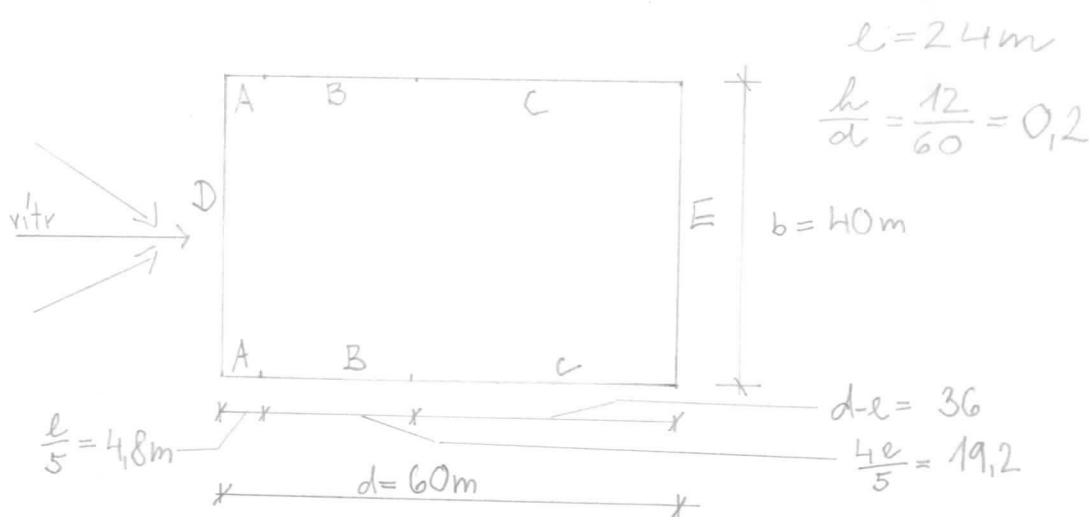


OBLAST	A	B	C	D	E
$\frac{h}{d}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
1	-1,2	-1,4	-0,5	+0,8	-0,5
$\leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	+0,7	-0,3
0,3	-1,2	-0,84	-0,5	+0,71	-0,31
SÍLY NA SVISLOU STĚNU					
W_e	-0,85	-0,60	-0,36	+0,51	-0,22

$$W_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$q_p(z_e) = 0,71 \text{ kN/m}^2$$

3) SMĚR VĚTRU KOLMO KE KRATŠÍ STĚNĚ

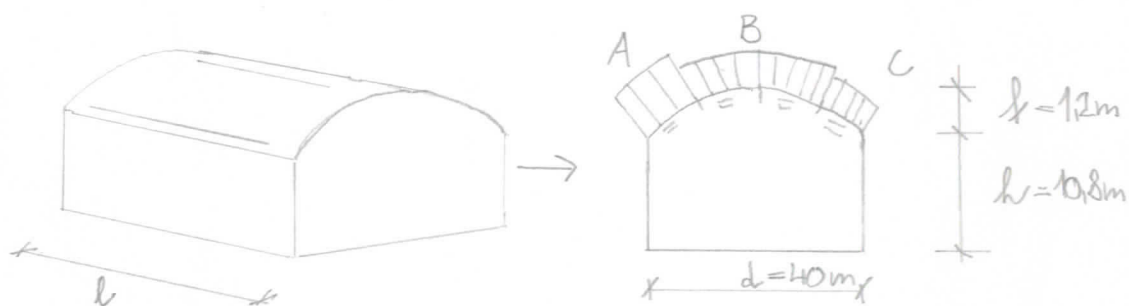


OBLAST	A	B	C	D	E
$\frac{h}{d}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
$0,195 \leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	+0,7	-0,3
SÍLY NA SVISLOU STĚNU					
W_{e}	-0,85	-0,57	-0,36	+0,50	-0,21

$$W_e = q_{p(z_e)} \cdot c_{pe}$$

$$q_{p(z_e)} = 0,71 \text{ kN/m}^2$$

ZATÍŽENÍ STŘECHY VĚTREM KOLMO K DELŠÍ STĚNĚ - KLENBOVÁ STŘECHA



$$\frac{f}{d} = \frac{12}{40} = 0,3$$

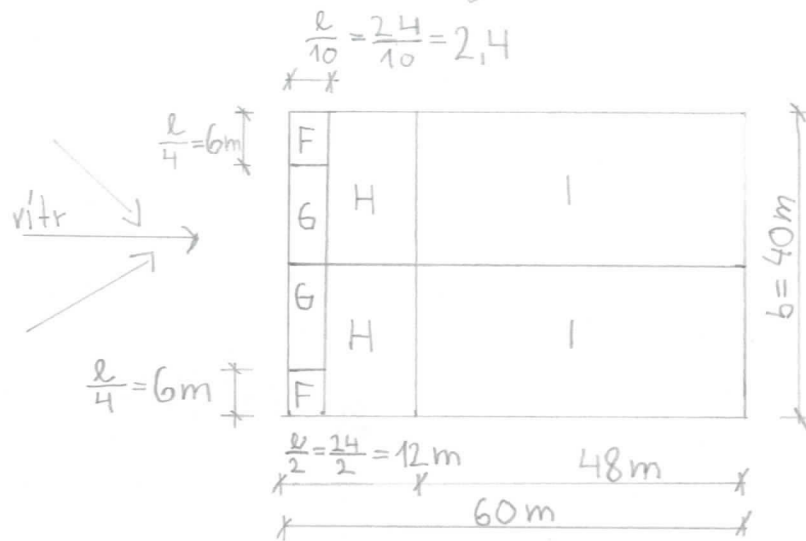
$$\frac{h}{d} = \frac{10,8}{40} = 0,27$$

$$\begin{aligned} c_{pe,10} &= -0,6 (C) \\ c_{pe,10} &= -0,75 (B) \\ c_{pe,10} &= -0,85 (A) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} W_{e,C} &= -0,6 \cdot 0,71 = -0,43 \text{ kN/m}^2 \\ W_{e,B} &= -0,75 \cdot 0,71 = -0,53 \text{ kN/m}^2 \\ W_{e,A} &= -0,85 \cdot 0,71 = -0,60 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

ZATÍŽENÍ STŘECHY VĚTREM KOLMO KE KRATŠÍ STĚNĚ

idealizace \rightarrow sedlová střecha (úhel sklonu střechy $\alpha = 5^\circ$)



$$l = \min \{ b, 2h \}$$

$$l = \min \{ 40, 2 \cdot 12 \}$$

$$l = 24m$$

směr větru $\theta = 90^\circ$

SOUČINITELE VNĚJŠÍHO TLAKU PRO SEDLOVÉ STŘECHY ($c_{pe, 10}$)

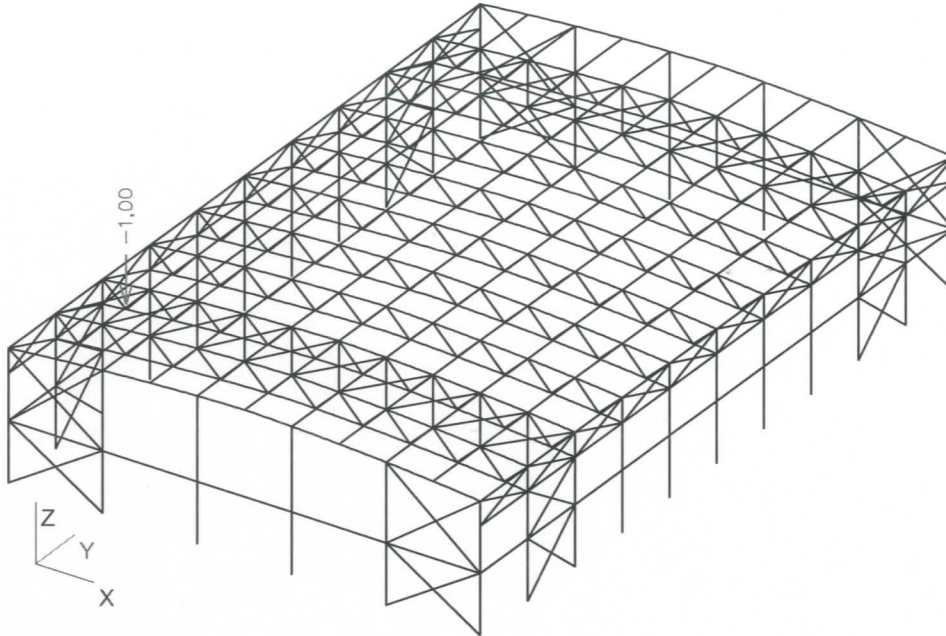
ÚHEL SKLONU α	F	G	H	I
5°	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
SÍLY NA STŘECHU				
W_e	-1,36	-0,92	-0,50	-0,43

$$W_e = \alpha_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

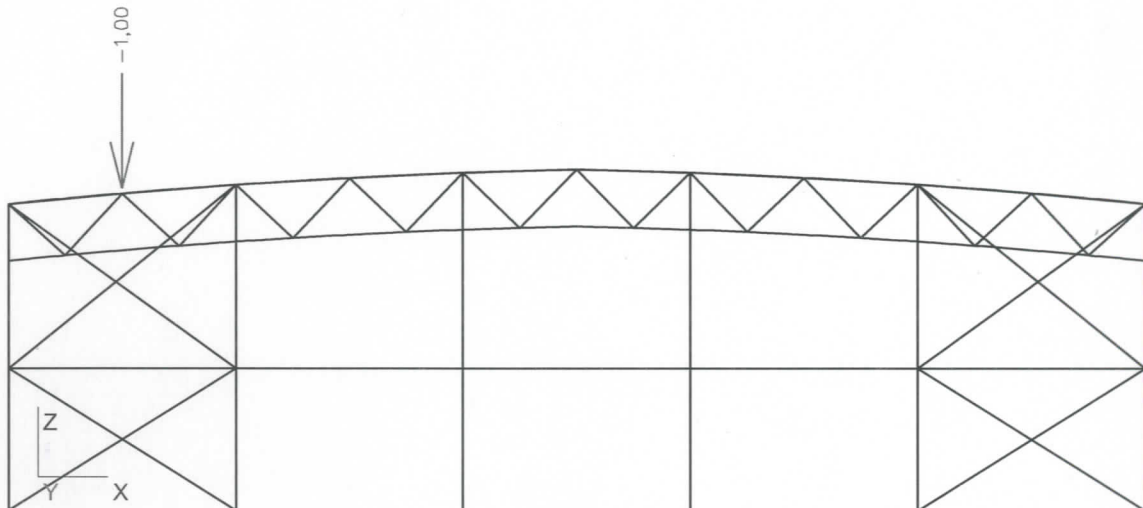
$$\alpha_p(z_e) = 0,71 \text{ kN/m}^2$$

2. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

2.1. Axonometrie

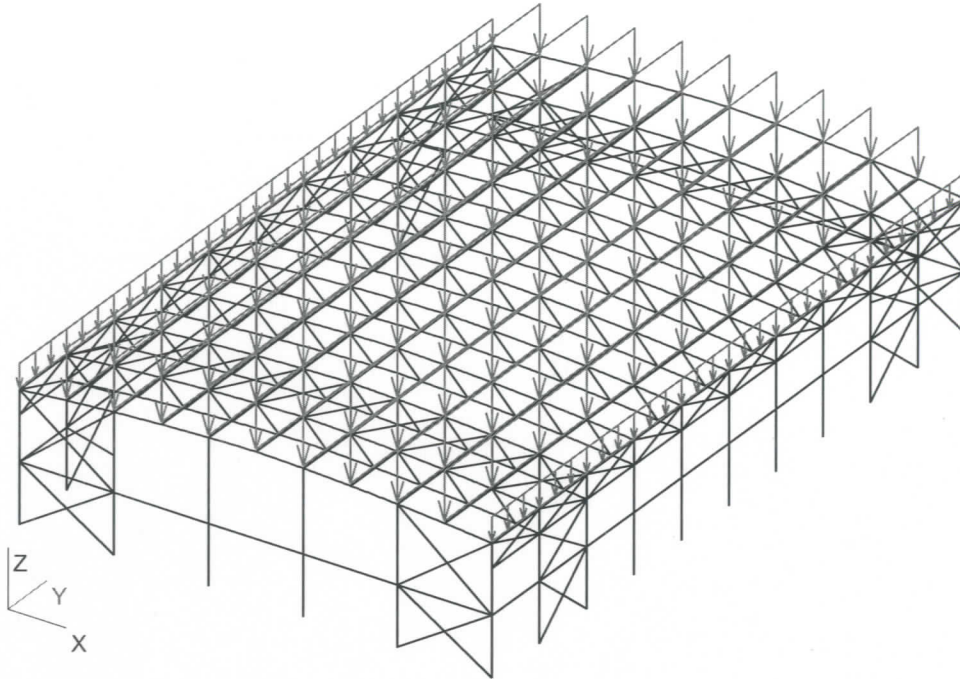


2.2. Pohled na příčnou stěnu

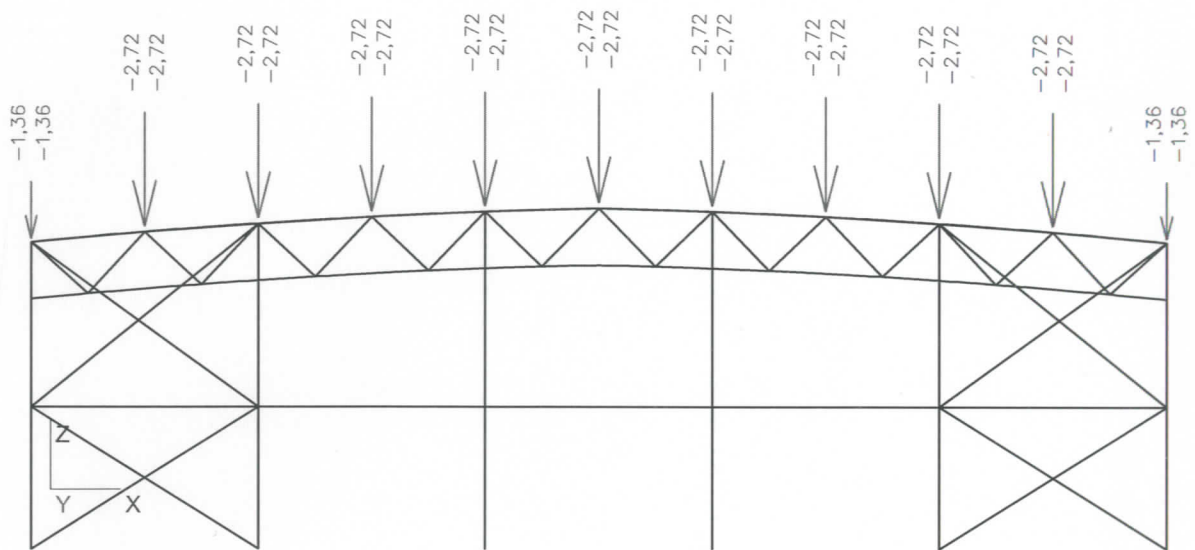


3. SNÍH PLNÝ

3.1. Axonometrie

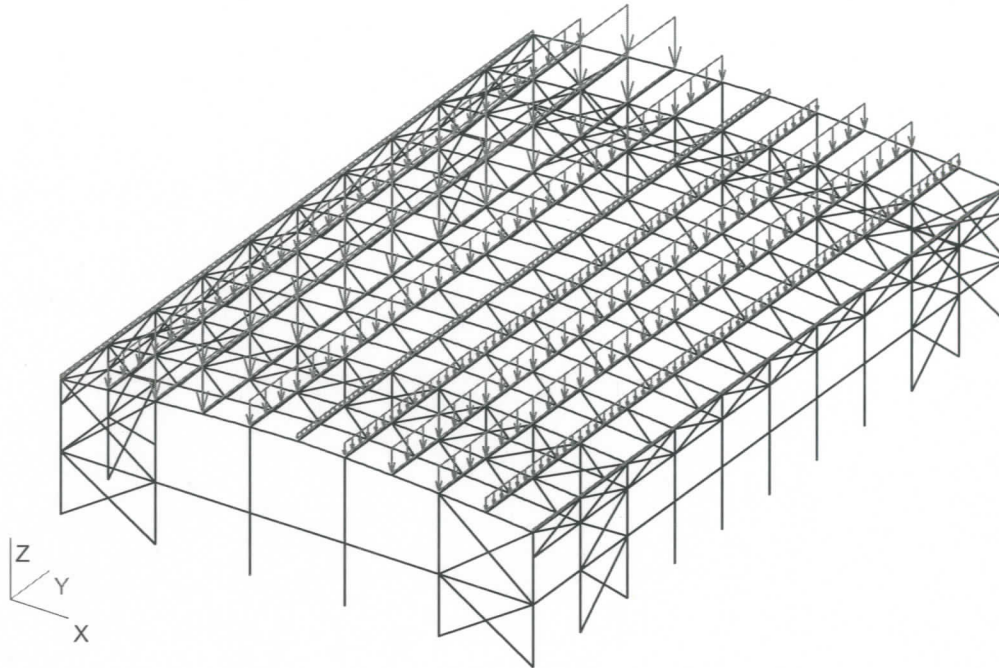


3.2. Pohled na příčnou stěnu

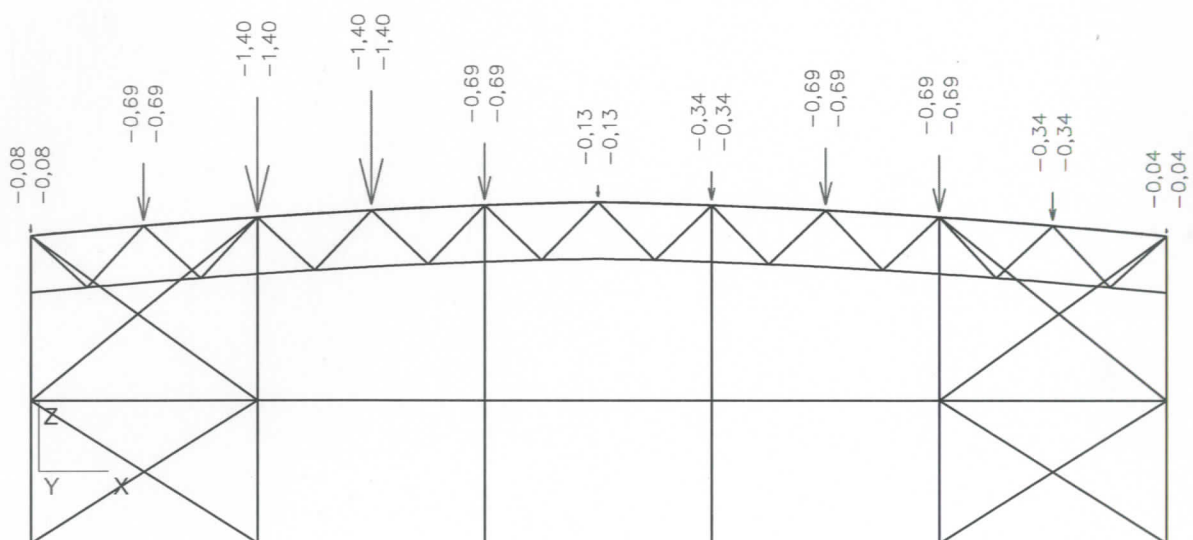


4. SNÍH NAVÁTÝ - LEVÝ

4.1. Axonometrie

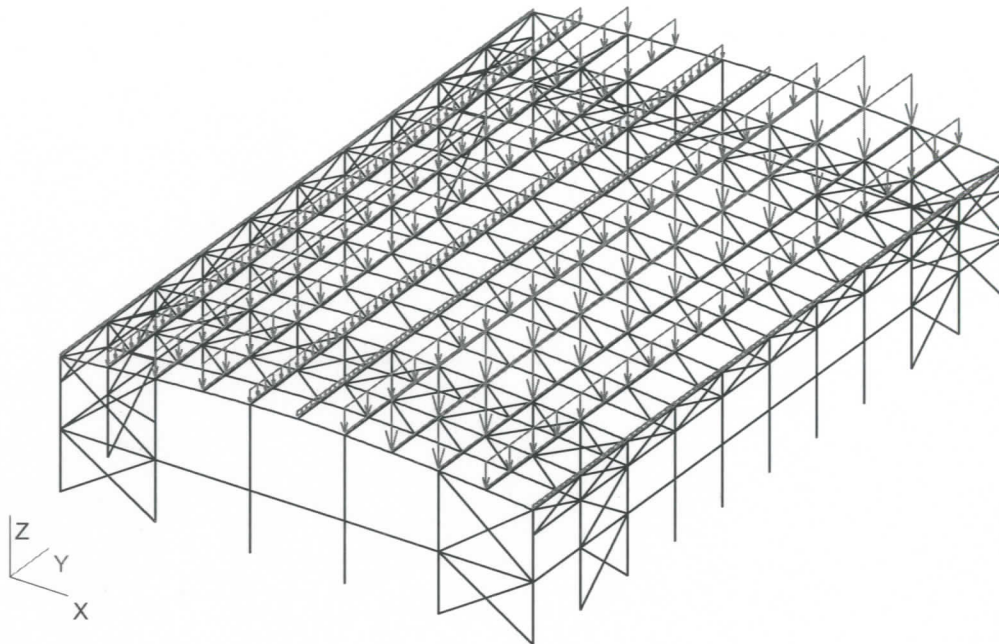


4.2. Pohled na příčnou stěnu

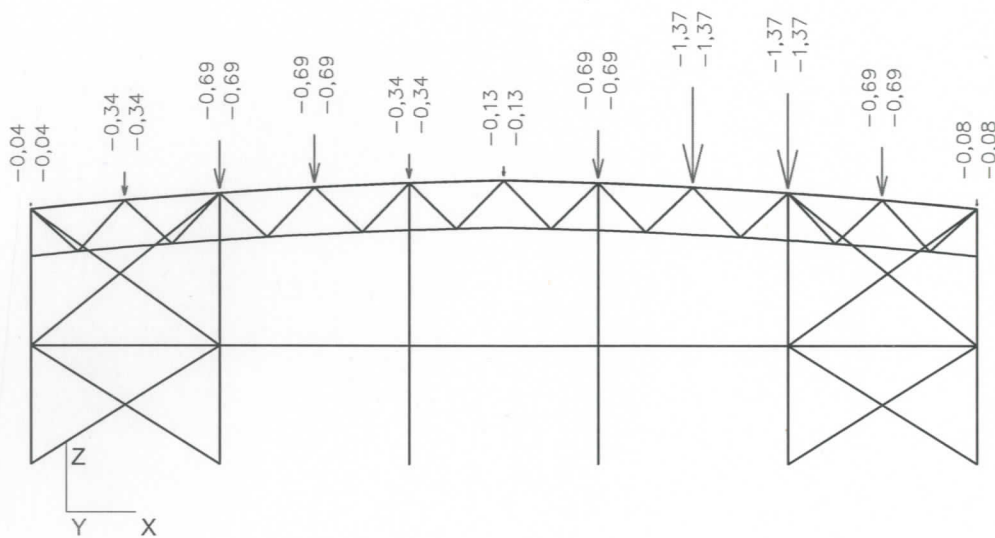


5. SNÍH NAVÁTÝ - PRAVÝ

5.1. Axonometrie

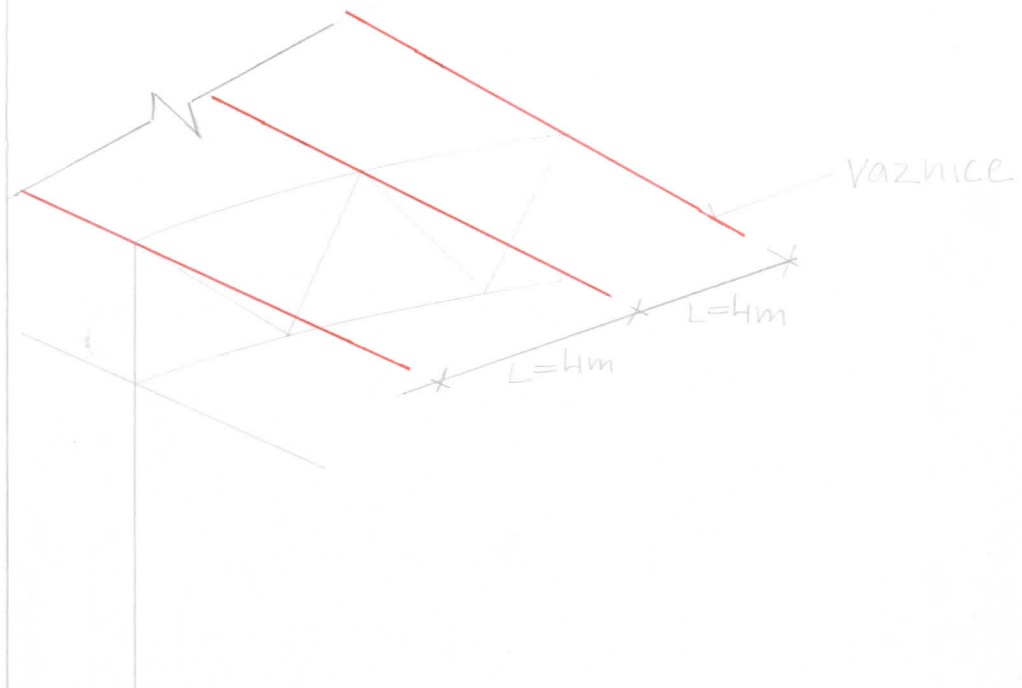


5.2. Pohled na příčnou stěnu



6. VAZNICE

- vaznice byly ve statickém modelu uvažovány jako prosté nosníky o osové vzdálenosti 4m a délce 6m.



- vzpěrná délka kolmo k ose x je rovna vzpěrné délce kolmé k ose z a je rovna teoretické délce

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L_{teor} = 6,0m$$

NAVRH - IPE270

průřezové charakteristiky: $A = 4,59 \cdot 10^3 m^2$

$$I_t = 1,594 \cdot 10^7 m^4$$

$$I_y = 5,79 \cdot 10^5 m^4$$

$$I_z = 4,199 \cdot 10^6 m^4$$

$$I_w = 7,058 \cdot 10^8 m^6$$

$$W_{el,y} = 4,289 \cdot 10^4 m^3$$

$$W_{el,z} = 6,22 \cdot 10^5 m^3$$

$$W_{pl,y} = 4,84 \cdot 10^4 m^3$$

$$W_{pl,z} = 9,695 \cdot 10^5 m^3$$

$$I_p = 6,2099 \cdot 10^5 m^4$$

MATERIÁL S 355

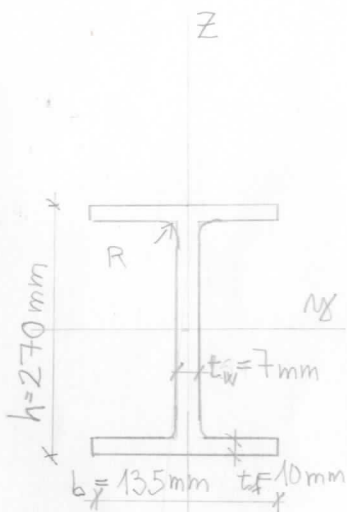
$$f_{ty} = 355 MPa$$

$$N_{ed} = -50,31 kN$$

$$M_{y,ed} = 34,33 kNm$$

$$V_{zed} = -22,89 kN$$

- ostatní vnitřní síly jsou nulové



$$R = 15 mm$$

KLASIFIKACE PRŮŘEZU

pařnice: tláčená část

$$c = \frac{135}{2} - \frac{7}{2} - 15 = 49$$

$$9E = 9 \cdot 0,81 = 7,29$$

$$\frac{c}{E} = \frac{49}{10} = 4,9 \leq 7,29 \quad \text{1. TŘÍDA PRŮŘEZU}$$

stojina: tláčená a ohybová část

$$z = \frac{N_{ed}}{t_w \cdot k_{rd}} = \frac{50,31 \cdot 10^3}{7 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^6} = 0,0202 \text{ m} = 20,2 \text{ mm}$$

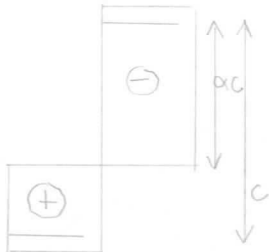
$$\alpha \cdot c = \frac{c+z}{2} = \frac{220+20,2}{2} = 120,1 \text{ mm}$$

$$c = 270 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 15 = 220 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\alpha c}{c} = \frac{120,1}{220} = 0,55 \quad \alpha > 0,5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{c}{t} = \frac{220}{7} = 31,43 \leq \frac{396E}{13\alpha - 1} = \frac{396 \cdot 0,81}{13 \cdot 0,55 - 1} = 52,2$$

VYHOVUJE \Rightarrow PRŮŘEZ 1. TŘÍDY



6.1 MEZNI STAV ÚNOSNOSTI

- ÚNOSNOST PRŮŘEZU

TLAK

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot k_{\alpha}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,59 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1629,45 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{50,31}{1629,45} = 0,03 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{pe,Rd,xy} = \frac{W_{pe,xy} \cdot k_{\alpha}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,84 \cdot 10^4 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 171,82 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{xy,Ed}}{M_{pe,Rd,xy}} = \frac{34,33}{171,82} = 0,2 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

SMYK

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

b ... celková šířka t_f ... tloušťka pařnice

t_w ... tloušťka stojiny r ... poloměr zaoblení

$$A_v = 4590 - 2 \cdot 135 \cdot 10 + (7 + 2 \cdot 15) \cdot 10 = 2260 \text{ mm}^2 = 2,26 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_{pe,Rd} = \frac{A_v \cdot (k_{\alpha} / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2,26 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{1,0} = 463,21 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{pe,Rd}} = \frac{22,89}{463,21} = 0,05 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- jedná se o tzv. případ s malým smykem \Rightarrow
 není nutné posoudit na vliv interakce
 normálových a smykových napětí.

VZPĚRNA ÚNOSNOST

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{yy}}{A}} = \sqrt{\frac{5,79 \cdot 10^{-5}}{4,59 \cdot 10^{-3}}} = 0,1123 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{zz}}{A}} = \sqrt{\frac{4,199 \cdot 10^{-6}}{4,59 \cdot 10^{-3}}} = 0,0302 \text{ m}$$

$$\lambda_{yy} = \frac{L_{CR,yy}}{i_y} = \frac{6,0}{0,1123} = 53,43$$

$$\lambda_z = \frac{L_{CR,z}}{i_z} = \frac{6,0}{0,0302} = 198,68$$

$$\lambda_T = \sqrt{\frac{I_p}{\frac{I_{yy}}{L_{CR,yy}^2} + \frac{I_{zz}}{25}}} = \sqrt{\frac{6,2099 \cdot 10^{-5}}{\frac{7,058 \cdot 10^{-8}}{6^2} + \frac{1,594 \cdot 10^{-7}}{25}}} = 86,31$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \epsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\bar{\lambda}_{yy} = \frac{\lambda_{yy}}{\lambda_1} = \frac{53,43}{76,4} = 0,7$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{198,68}{76,4} = 2,6$$

$$\bar{\lambda}_T = \frac{\lambda_T}{\lambda_1} = \frac{86,31}{76,4} = 1,13$$

KŘIVKY VZPĚRNÉ PEVNOSTI - $\frac{h}{b} = 2, t_f \leq 40$

$$y-y \dots a \Rightarrow \alpha_y = 0,21 \quad \alpha_t = 0,21$$

$$z-z \dots b \Rightarrow \alpha_z = 0,34$$

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

$$= 0,5 [1 + 0,21 (0,7 - 0,2) + 0,7^2] = 0,797$$

$$\phi_z = 0,5 [1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] =$$

$$= 0,5 [1 + 0,34 (2,6 - 0,2) + 2,6^2] = 4,28$$

$$\phi_T = 0,5 [1 + \alpha_T (\bar{\lambda}_T - 0,2) + \bar{\lambda}_T^2] =$$

$$= 0,5 [1 + 0,21 (1,13 - 0,2) + 1,13^2] = 1,236$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_{yy}^2}} = \frac{1}{0,797 + \sqrt{0,797^2 - 0,7^2}} = 0,85$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{4,28 + \sqrt{4,28^2 - 2,6^2}} = 0,13$$

$$\chi_T = \frac{1}{\phi_T + \sqrt{\phi_T^2 - \bar{\lambda}_T^2}} = \frac{1}{1,236 + \sqrt{1,236^2 - 1,13^2}} = 0,576$$

$$\chi = \min \{ \chi_{yy}, \chi_z, \chi_T \} = 0,13$$

$$N_{b,Rd} = \chi \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 0,13 \cdot \frac{4,57 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,10}$$

$$N_{b,Rd} = 211,828 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{50,31}{211,828} = \underline{0,24} \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

ÚNOSNOST NA KLOPENÍ

$$c_1 = 1,13$$

$$z_g = 0,135 \text{ (pro IPE 270)}$$

$$k_y = 1,0 \quad k_z = 1,0 \quad k_w = 1,0$$

$$M_{ed} = 34,33 \text{ kNm}$$

$$I_w = 7,058 \cdot 10^8 \text{ m}^6$$

$$I_t = 1,594 \cdot 10^7 \text{ m}^4$$

$$I_z = 4,199 \cdot 10^6 \text{ m}^4$$

$$I_y = 5,79 \cdot 10^5 \text{ m}^4$$

$$c_2 = 0,46 \quad c_3 = 0,53$$

$$W_{pl,y} = 4,84 \cdot 10^4$$

$$L = 6,0 \text{ m}$$

bezrozměrný parametr kroucení

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 6,0} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 7,058 \cdot 10^8}{81 \cdot 10^9 \cdot 1,594 \cdot 10^7}}$$

$$k_{wt} = 0,561$$

bezrozměrný parametr působivé zatížení vzhledem ke středu smyku.

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0,135}{1,0 \cdot 6} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 4,199 \cdot 10^6}{81 \cdot 10^9 \cdot 1,594 \cdot 10^7}}$$

$$\xi_g = 0,584$$

$$\xi_j = 0$$

ξ_j - bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

$$\alpha_{cr} = \frac{c_1}{k_2} \left[\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (c_2 \xi_g - c_3 \xi_j)^2} - (c_2 \xi_g - c_3 \xi_j) \right]$$

$$\alpha_{cr} = \frac{1,13}{1,0} \left[\sqrt{1 + 0,561^2 + (0,46 \cdot 0,584 - 0,53 \cdot 0)^2} - (0,46 \cdot 0,584) \right]$$

$$\alpha_{cr} = 1,0272$$

$$M_{cr} = \alpha_{cr} \frac{\pi \sqrt{E \cdot I_z G \cdot I_t}}{L} \quad M_{cr} = 1,0272 \cdot \frac{\pi \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 4,199 \cdot 10^6 \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 1,594 \cdot 10^7}}{6,0}$$

$$M_{cr} = 57,260 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot h_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{4,84 \cdot 10^4 \cdot 355 \cdot 10^6}{57,260 \cdot 10^3}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 1,732$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\alpha_{LT}: \quad h = 270 \text{ mm} \quad b = 135 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{270}{135} = 2$$

VAĽCOVANÝ PROFIL \Rightarrow

KŘIVKA KLOPENÍ A $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,21$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,732 - 0,2) + 1,732^2]$$

$$\phi_{LT} = 2,161$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{2,161 + \sqrt{2,161^2 - 1,732^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,289$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{b,Rd} = 0,289 \cdot 4,84 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{355 \cdot 10^6}{1,0} = 49,751 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{34,33 \cdot 10^3}{49,751 \cdot 10^3} = 0,69 \leq 1$$

VYHOVUJE

OHYB A OSOVÝ TLAK - KOMBINACE

- prut náchylný ke zkroucení

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{RK}} + K_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,RK}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{RK}} + K_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,RK}} \leq 1$$

$$K_{yy} : C_{my} (1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{ed}}{\chi_y N_{RK} / \gamma_{M1}}) \leq C_{my} (1 + 0,8 \frac{N_{ed}}{\chi_y N_{RK} / \gamma_{M1}})$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$N_{RK} = A \cdot f_y = 4,59 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1629,45 \text{ kN}$$

$$C_{mLT} = 0,95$$

$$M_{y,RK} = W_{pl,y} \cdot f_y = 4,84 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 171,82 \text{ kNm}$$

$$0,95 (1 + (0,6993 - 0,2) \frac{50,31 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 1629,45 \cdot 10^3 / 1}) \leq$$

$$\leq 0,95 (1 + 0,8 \cdot \frac{50,31 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 1629,45 \cdot 10^3 / 1})$$

$$0,9672 \leq 0,9776 \dots \dots \dots K_{yy} = 0,9672$$

$$K_{zy} : \left[1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{ed}}{\chi_z N_{RK} / \gamma_{M1}} \right] \geq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{ed}}{\chi_z N_{RK} / \gamma_{M1}} \right]$$

$$\left[1 - \frac{0,1 \cdot 2,560}{(0,95 - 0,25)} \frac{50,31 \cdot 10^3}{0,13 \cdot 1629,45 \cdot 10^3 / 1,0} \right] = 0,912$$

$$\left[1 - \frac{0,1}{(0,95 - 0,25)} \frac{50,31 \cdot 10^3}{0,13 \cdot 1629,45 \cdot 10^3 / 1} \right] = 0,966$$

$$0,912 \neq 0,966 \dots \text{NEVYHOVUJE} \dots k_{zmg} = 0,966$$

$$\frac{50,31 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 1629,45 \cdot 10^3} + 0,9672 \cdot \frac{34,33 \cdot 10^3}{0,289 \cdot 171,82 \cdot 10^3} \leq 1,0$$

$$0,705 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{50,31 \cdot 10^3}{0,13 \cdot 1629,45 \cdot 10^3} + 0,966 \cdot \frac{34,33 \cdot 10^3}{0,289 \cdot 171,82 \cdot 10^3} \leq 1,0$$

$$0,905 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

6.2 MEZNI STAV POUŽITELNOSTI

- vaznice - mezní hodnota $\delta_2 = \frac{L}{200}$

$$\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_0$$

δ_{\max} ... největší průhyb vztažený k přímce spojující podpory

δ_0 ... nadvýšení nosníku v nezatíženém stavu

$$\delta_0 = 0$$

δ_1 ... průhyb nosníku od stálých zatížení bezprostředně po zatížení

δ_2 ... součet průhybů nosníku od proměnných zatížení a časový nárůst průhybu od stálých zatížení

$$\delta_2 = \frac{6,0}{200} = 0,03 \text{ m} = 30 \text{ mm}$$

$$\delta = u_2 = 7,6 \text{ mm (Z PROGRAMU SCIA ENGINEER)}$$

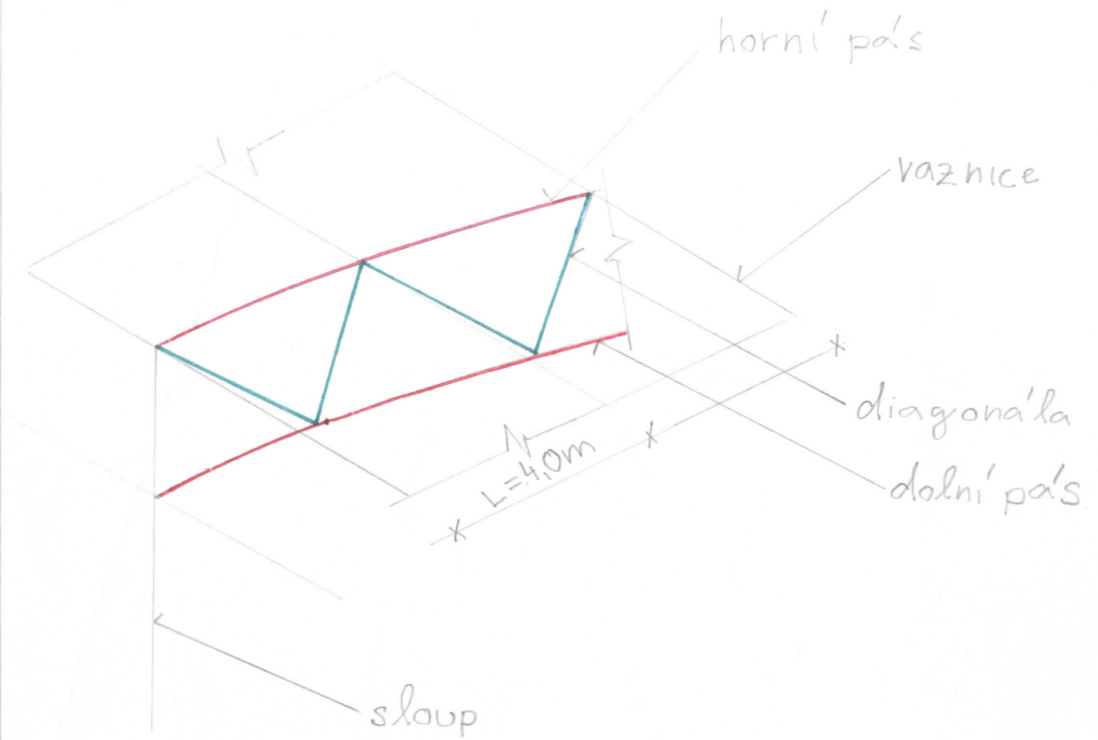
$$\delta_2 = 30 \text{ mm} \geq \delta = 7,6 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

NAVRHUJI PROFIL IPE 270 OCEL S355

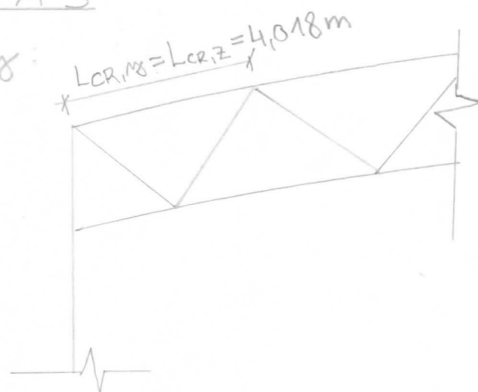
7. VAZNÍK

- sestává z parabolicky zakřiveného horního i dolního pásu, ke kterému jsou kloubově připojeny diagonály.



7.1 HORNÍ PÁS

- vzpěrné délky:



Vybočení ve směru kolmo k ose y je bráno připojením diagonál. Vybočení ve směru kolmo k ose z je bráno připojením vaznic.

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4,018 \text{ m}$$

NA'VRH - TR 4HR 200 x 200 x 8

průřezové charakteristiky: $A = 5,924 \cdot 10^3 \text{ m}^2$

$$I_x = 5,8152 \cdot 10^5 \text{ m}^4$$

$$I_y = 3,5662 \cdot 10^5 \text{ m}^4$$

$$I_z = 3,5662 \cdot 10^5 \text{ m}^4$$

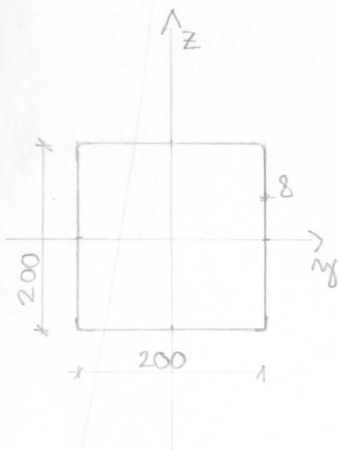
$$I_w = 2,1333 \cdot 10^7 \text{ m}^6$$

$$W_{pl,y} = 3,5663 \cdot 10^4 \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 3,5663 \cdot 10^4 \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 4,2086 \cdot 10^4 \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 4,2086 \cdot 10^4 \text{ m}^3$$



MATERIÁL S355

$$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

VNITŘNÍ SÍLY

$$N_{Ed} = -1253,16 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -13,69 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 19,13 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -7,94 \text{ kNm}$$

KLASIFIKACE PRŮŘEZU

Vnitřní tlačena část

$$c = 200 - 2 \cdot R - 2 \cdot t = 200 - 2 \cdot 20 - 2 \cdot 8 = 144 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{144}{8} = 18 \leq 33 \varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,73 \quad \text{VYHOVUJE}$$

1. TŘÍDA
PRŮŘEZU

$$\varepsilon = 0,81 \text{ (pro S355)}$$

- pro určení třídy průřezu byla splněna podmínka pro tlačnou část \Rightarrow 1. třída průřezu bude i pro část tlačnou a ohybovou.

PLAČENÍ STAV ÚNOSNOSTI

- ÚNOSNOST PRŮŘEZU

TLAK

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{Mo}} = \frac{5,924 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 2103,02 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{1253,16}{2103,02} = 0,60 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

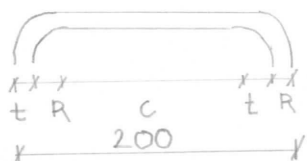
- OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{pl,Rd,y} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{Mo}} = \frac{4,2086 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$M_{pl,Rd,y} = M_{pl,Rd,z} = 149,405 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{19,13}{149,405} = 0,128 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{7,94}{149,405} = 0,053 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$



$$t = 8 \text{ mm}$$

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

SMYK

$$A_v = 2 \cdot (h_w \cdot t_w) = 1,2 \cdot 2 \cdot (144 \cdot 8) = 2764,8 \text{ mm}^2$$

h_w .. výška stojiny t_w .. tloušťka stojiny

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{mo}} = \frac{2764,8 \cdot 10^{-6} \cdot (355 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,0} = 566,7 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{13,69}{566,7} = 0,024 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

- jedná se o tzv. případ s malým smykem \Rightarrow není nutné posoudit na vliv interakce normálových a smykových napětí.

ŠIKMÝ OHYB

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \right]^\beta \leq 1$$

$\alpha = \beta = 1,0$ (uvažují konzervativní hodnotu)

$$a_w = (A - 2b \cdot t_w) / A$$
$$a_w = \frac{(5924 - 2 \cdot 200 \cdot 8)}{5924}$$

$$a_w = 0,46 \leq 0,5$$

$$a_f = (A - 2 \cdot h \cdot t_w) / A$$
$$a_f = \frac{(5924 - 2 \cdot 200 \cdot 8)}{5924}$$

$$a_f = 0,46 \leq 0,5$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1253,16}{2103,02} = 0,6$$

$$M_{n,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot (1-n) / (1-0,5 \cdot a_w)$$

$$M_{n,y,Rd} = 149,405 \cdot (1-0,6) / (1-0,5 \cdot 0,46) = 77,613 \text{ kNm}$$

$$M_{n,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \cdot (1-n) / (1-0,5 \cdot a_f)$$

$$M_{n,z,Rd} = 149,405 \cdot (1-0,6) / (1-0,5 \cdot 0,46) = 77,613 \text{ kNm}$$

$$\left[\frac{19,13}{77,613} \right]^{1,0} + \left[\frac{7,94}{77,613} \right]^{1,0} = 0,35 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

VZPĚRNA ÚNOSNOST

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{3,5662 \cdot 10^{-5}}{5,924 \cdot 10^{-3}}} = 0,0776 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{3,5662 \cdot 10^{-5}}{5,924 \cdot 10^{-3}}} = 0,0776 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{CR,y,z}}{i} = \frac{4,018}{0,0776} = 51,77$$

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_{y,z}}{\lambda_1} = \frac{51,77}{76,4} = 0,677$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \epsilon = 76,4$$

$$\epsilon = 0,81 \text{ (pro S 355)}$$

KŘÍNKY VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$y-y \dots \dots c \Rightarrow \alpha_y = 0,49$$

$$z-z \dots \dots c \Rightarrow \alpha_z = 0,49$$

$$\begin{aligned} \phi_{ny} = \phi_z &= 0,5 [1 + \alpha_{yz} (\bar{\lambda}_{yz} - 0,2) + \bar{\lambda}_{yz}^2] = \\ &= 0,5 [1 + 0,49 (0,677 - 0,2) + 0,677^2] = 0,846 \end{aligned}$$

$$\chi_{ny} = \chi_z = \frac{1}{\phi_{yz} \pm \sqrt{\phi_{yz}^2 - \bar{\lambda}_{ny,z}^2}} = \frac{1}{0,846 + \sqrt{0,846^2 - 0,677^2}} = 0,74$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 0,74 \cdot \frac{5,924 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1556,2 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{1253,16}{1556,2} = 0,81 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

OHYB A OSOVÝ TLAK-KOMBINACE

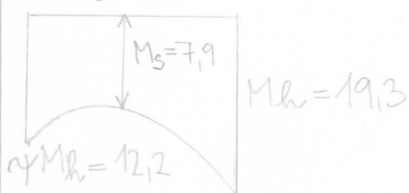
- prut není náchylný ke zkroucení

$$\frac{N_{ed}}{\chi_{ny} \cdot N_{RK}} + k_{nyy} \frac{M_{xy,ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,RK}} + k_{nyz} \frac{M_{z,ed}}{M_{z,RK}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{RK}} + k_{zyy} \frac{M_{xy,ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,RK}} + k_{zzz} \frac{M_{z,ed}}{M_{z,RK}} \leq 1$$

$$C_{myy}: C_{myy} \cdot (1 + (\bar{\lambda}_{ny} - 0,2) \frac{N_{ed}}{\chi_{ny} \cdot N_{RK} / \gamma_{M1}}) \leq C_{myy} (1 + 0,8 \frac{N_{ed}}{\chi_{ny} \cdot N_{RK} / \gamma_{M1}})$$

C_{myy} :



$$\alpha_h = \frac{M_s}{M_h} = \frac{7,9}{19,3} = 0,41$$

$$C_{myy} = 0,2 + 0,8 \cdot \alpha_h = 0,2 + 0,8 \cdot 0,41$$

$$C_{myy} = 0,53 \geq 0,4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\eta = \frac{12,2}{19,3} = 0,63$$

$$\bar{\lambda}_{ny} = 0,677 \quad \chi_{ny} = 0,74$$

$$N_{RK} = A \cdot f_{yk} = 5,924 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^6 = 2103,02 \text{ kN}$$

$$M_{y,RK} = M_{z,RK} = W_{pl} \cdot f_{yk} = 4,2086 \cdot 10^4 \cdot 355 \cdot 10^6 = 149,4 \text{ kNm}$$

$$0,53 \cdot (1 + (0,677 - 0,2) \frac{1253,16}{0,74 \cdot 2103,02 / 1,0}) = 0,734$$

$$0,53 \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{1253,16}{0,74 \cdot 2103,02 / 1,0}) = 0,871$$

$$0,734 \leq 0,871 \quad \text{VYHOVUJE}$$

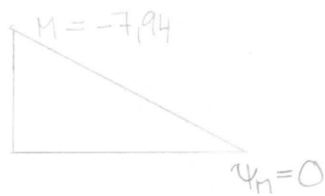
$$K_{zyy} = 0,734$$

$$K_{zxy} = 0,6 \cdot K_{zyy} = 0,6 \cdot 0,734 = 0,44$$

K_{zz} :

$$C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\chi}_z - 0,2) \frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{RK} / \gamma_{M1}}\right) \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{RK} / \gamma_{M1}}\right)$$

C_{mz}



$$\psi = 0$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 \geq 0,4$$

VYHOVUJE

$$C_{mz} = 0,6 \quad \bar{\chi}_z = 0,677 \quad \chi_z = 0,74$$

$$0,6 \cdot \left(1 + (0,677 - 0,2) \frac{1253,16}{0,74 \cdot 2103,02 / 1,0}\right) = 0,83$$

$$0,6 \cdot \left(1 + 0,8 \frac{1253,16}{0,74 \cdot 2103,02 / 1,0}\right) = 0,987$$

$$0,83 \leq 0,987 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$K_{zz} = 0,83$$

$$K_{zyz} = 0,6 \cdot K_{zz} = 0,6 \cdot 0,83 = 0,5$$

$\chi_{LT} = 1,0$ (prut není náchylný ke klopení)

$$\frac{1253,16}{0,74 \cdot 2103,02 / 1,0} + 0,734 \cdot \frac{19,13}{1,0 \cdot 149,4} + 0,5 \cdot \frac{7,94}{149,4} \leq 1$$

$$0,805 + 0,094 + 0,027 \leq 1$$

$$0,926 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{1253,16}{0,74 \cdot 2103,02 / 1,0} + 0,44 \cdot \frac{19,13}{1,0 \cdot 149,4} + 0,83 \cdot \frac{7,94}{149,4} \leq 1$$

$$0,805 + 0,0563 + 0,0441 \leq 1$$

$$0,905 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

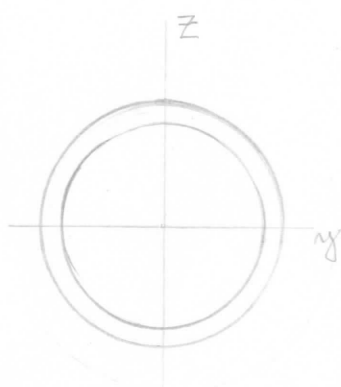
NAVRHUJI PROFIL TR-4HR 200x200x8

OCELI S355

7.2. DIAGONÁLA



$L = L_{CR,y} = L_{CR,z} = 2,956 \text{ m}$
Vzpěrné délky serovrhají
délce systémové (ve statickém
modelu jsou uvažovány jako
kloubově připojené).



NAVRH: TR KR 101,6/7,1
průřezové charakteristiky:

$$I_y = 4,7059 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_z = 2,37 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{el,y} = 4,66 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 6,35 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

MATERIÁL S355

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

VNITŘNÍ SÍLY (jine síly než normálové jsou zanedbány)

$N_{ed} = -330,65 \text{ kN}$ (diagonála, na které vzniká
největší tlak)

$N_{ed} = 310,59 \text{ kN}$ (diagonála, na které vzniká
největší tah - krajní diagonála)

KLASIFIKACE PRŮŘEZU

$$\frac{d}{z} = \frac{101,6}{7,1} = 14,31 \leq 50 \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,66 = 33$$

VYHOVUJE \Rightarrow 1. TRÍDA PRŮŘEZU

7.2 a MEZNI' STAV ÚNOSNOSTI

- ÚNOSNOST PRŮŘEZU

TLAK

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{mo}} = \frac{2,11 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 749,05 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{330,65}{749,05} = 0,44 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

TAH

$$N_{pE,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{mo}} = \frac{2,11 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 749,05 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pE,Rd}} = \frac{310,59}{749,05} = 0,41 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

VZPĚRNA' ÚNOSNOST

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{yy}}{A}} = \sqrt{\frac{2,37 \cdot 10^{-6}}{2,11 \cdot 10^{-3}}} = 0,0335$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{zz}}{A}} = \sqrt{\frac{2,37 \cdot 10^{-6}}{2,11 \cdot 10^{-3}}} = 0,0335$$

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{CR,y,z}}{i_{y,z}} = \frac{2,956}{0,0335} = 88,2$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \epsilon = 76,4 \quad \bar{\lambda}_{y,z} = \frac{\lambda_{y,z}}{\lambda_1} = \frac{88,2}{76,4} = 1,15$$

KŘIVKY VZPĚRNE' PEVNOSTI

$$y-y \dots \dots \alpha \Rightarrow \alpha_y = 0,21$$

$$z-z \dots \dots \alpha \Rightarrow \alpha_z = 0,21$$

$$\phi_{y,z} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{y,z} (\bar{\lambda}_{y,z} - 0,2) + \bar{\lambda}_{y,z}^2] =$$
$$= 0,5 [1 + 0,21 \cdot (1,15 - 0,2) + 1,15^2] = 1,26$$

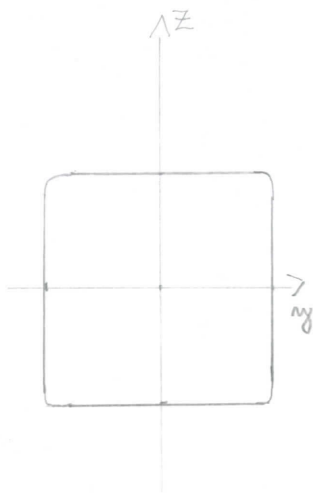
$$\chi_{y,z} = \frac{1}{\phi_{y,z} + \sqrt{\phi_{y,z}^2 - \bar{\lambda}_{y,z}^2}} = \frac{1}{1,26 + \sqrt{1,26^2 - 1,15^2}} = 0,56$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 0,56 \cdot \frac{2,11 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 419,5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{330,65}{419,5} = 0,79 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NAVRHUJI PROFIL TR KR 101,6/7,1

OCELI S355



7.3. DOLNÍ PÁŤ

NAVRH: TR 4HR 140x140x10

průřezové charakteristiky: $A = 4,857 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
 $I_z = 1,3117 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$ $I_y = 1,3117 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$

MATERIÁL S355

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

VNITŘNÍ SÍLY

$$N_{ed} = 1244,58 \text{ kN}$$

KLASIFIKACE PRŮŘEZU

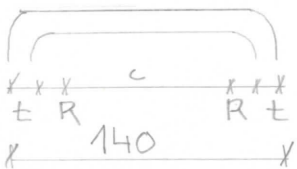
vnitřní tláčena část

$$c = 140 - 2 \cdot R - 2 \cdot t = 140 - 2 \cdot 25 - 2 \cdot 10 = 70 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{70}{10} = 7 \leq 33 \cdot \epsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,73$$

$$\epsilon = 0,81 \text{ (pro S355)}$$

1. TŘÍDA PRŮŘEZU



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

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

7.3.a MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- ÚNOSNOST PRŮŘEZU
TAH

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{mo}} = \frac{4,857 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1724,2 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1244,58}{1724,2} = 0,72 \leq 1$$

VYHOVUJE

7.4. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI VAZNIKU

- vazník - mezní hodnota $\sigma_2 = \frac{L}{250}$

$$\sigma_2 = \frac{40,0}{250} = 0,16 \text{ m} = 160 \text{ mm}$$

$$\sigma = u_z = 105,8 \text{ mm (Z PROGRAMU SCIA ENGINEER - VIZ PŘÍLOHA)}$$

$$\sigma_2 = 160 \text{ mm} \geq \sigma = 105,8 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

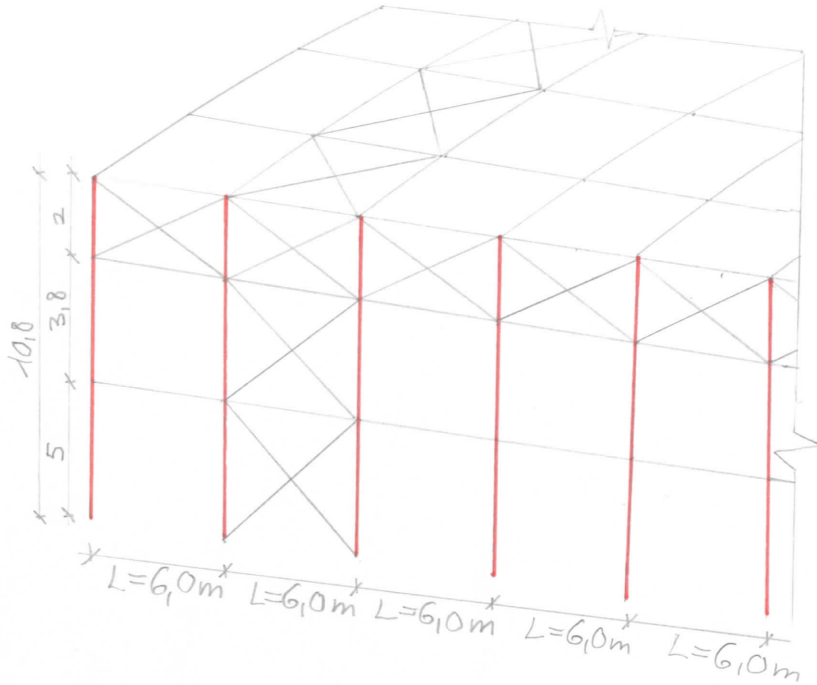
NAVRHUJI PROFIL TR 4HR 140x140x10

OCELI S355

8. SLOUP

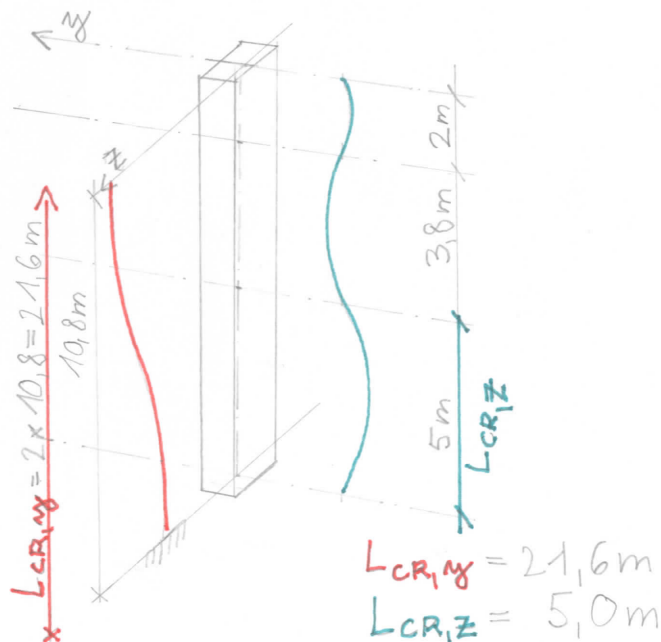
8.1 SLOUP PŘÍČNÉ VAZBY

- sloupky v podélném směru jsou navrženy z pravoúhlých dutých průřezů.



- v rovině příčné vazby se uvažuje vetknutí sloupů. V podélném směru se uvažuje kloubové uložení.

VZPĚRNÉ DÉLKY



Λ^z 

$$h = 450 \text{ mm}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

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

$$R = 24 \text{ mm}$$

NAVŘH: TR 4HR 450/250/16

průřezové charakteristiky: $A = 2,11 \cdot 10^2 \text{ m}^2$

$$I_t = 5,055 \cdot 10^4 \text{ m}^4$$

$$I_{y^2} = 5,571 \cdot 10^4 \text{ m}^4$$

$$I_z = 2,204 \cdot 10^4 \text{ m}^4$$

$$I_w = 5,9063 \cdot 10^6 \text{ m}^6$$

$$W_{el,y} = 2,476 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 1,763 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 3,0366 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 2,0117 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

MATERIÁL S355

$$f_{ky} = 355 \text{ MPa}$$

VNITŘNÍ SÍLY

$$N_{ed} = -362,79 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = -22,68 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = 44,06 \text{ kN}$$

$$M_{z,ed} = -27,02 \text{ kNm}$$

$$M_{y,ed} = -207,39 \text{ kNm}$$

KLASIFIKACE PRŮŘEZU

vnitřní tláčená část

$$c = h - 2 \cdot r - 2 \cdot t = 450 - 2 \cdot 24 - 2 \cdot 16 = 370 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{370}{16} = 23,125 \leq 33 \cdot \epsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,73$$

VYHOVUJE \rightarrow 1. TŘÍDA PRŮŘEZU

- při určení třídy průřezu byla splněna podmínka pro tláčenou část \Rightarrow 1. třída průřezu bude i pro část tláčenou a ohybanou.

8.1.a. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- ÚNOSNOST PRŮŘEZU

TLAK

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{ky}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,11 \cdot 10^2 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 7490,5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{362,79}{7490,5} = 0,05 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{ky}}{\gamma_{M0}} = \frac{3,0366 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$M_{pl,Rd,y} = 1077,99 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,ed}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{207,39}{1077,99} = 0,19 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$M_{pe,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot k_{xy}}{\gamma_{mo}} = \frac{2,0117 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$M_{pe,Rd,z} = 714,15 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{pe,Rd,z}} = \frac{27,02}{714,15} = 0,04 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

ŠIKMÝ OHYB

$$n = \frac{N_{ed}}{N_{pe,Rd}} = \frac{362,79}{7490,5} = 0,05$$

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot n^2} = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot 0,05^2} = 1,66 \leq 6$$

$$a_w = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A = (21'100 - 2 \cdot 250 \cdot 16) / 21'100$$

$$a_w = 0,62 \leq 0,5 \quad \text{NEVYHOVUJE} \Rightarrow a_w = 0,5$$

$$a_f = (A - 2 \cdot h \cdot t_f) / A = (21'100 - 2 \cdot 450 \cdot 16) / 21'100$$

$$a_f = 0,318 \leq 0,5 \quad \text{VYHOVUJE} \Rightarrow a_f = 0,318$$

$$M_{n,y,Rd} = M_{pe,y,Rd} \cdot (1-n) / (1-0,5 a_w) = 1077,99 \cdot (1-0,05) / (1-0,5 \cdot 0,318) = 1217,7 \text{ kNm}$$

$$M_{n,z,Rd} = M_{pe,z,Rd} \cdot (1-n) / (1-0,5 a_f) = 714,15 \cdot (1-0,05) / (1-0,5 \cdot 0,318) = 806,71 \text{ kNm}$$

$$\left[\frac{M_{ny,Ed}}{M_{n,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{nz,Ed}}{M_{n,z,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{207,39}{1217,7} \right]^{1,66} + \left[\frac{27,02}{806,71} \right]^{1,66} \leq 1$$

$$0,06 \leq 1$$

VYHOVUJE

SMYK

$$V_{z,Ed} = 44,06 \text{ kN}$$

$$A_v = 7 \cdot z \cdot (h_w \cdot t_w) = 1,2 \cdot 2 \cdot (370 \cdot 16) = 14'208 \text{ mm}^2$$

$$h_w = h - 2 \cdot R - 2 \cdot t = 450 - 2 \cdot 24 - 2 \cdot 16 = 370 \text{ mm}$$

$$V_{pe,Rd,z} = \frac{A_v \cdot (k_{xy} / \sqrt{3})}{\gamma_{mo}} = \frac{14208 \cdot 10^6 \cdot 355 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{1,0}$$

$$V_{pe,Rd} = 2912,06 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pe,Rd,z}} = \frac{44,06}{2912,06} = 0,015 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

- jedná se o příklad s malým smykem \Rightarrow není nutné posoudit na vliv interakce normálových a smykových napětí.

$$V_{y,Ed} = -22,68 \text{ kN}$$

$A_V = A - \sum (h_w \cdot t_w)$... pro pravoúhle duté průřezy, zatížené rovnoběžně s pářnicemi

$$A_V = 21100 - 2 \cdot 370 \cdot 16 = 9260 \text{ mm}^2$$

$$V_{pe,Rd,y} = \frac{A_V \cdot (k_{ty} / \sqrt{3})}{\gamma_{mo}} = \frac{9,260 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{1,0}$$

$$V_{pe,Rd,y} = 1897,92 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pe,Rd,y}} = \frac{22,68}{1897,92} = 0,012 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

- případ s malým smykem

VZPĚRNA ÚNOSNOST

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{5,571 \cdot 10^{-4}}{2,11 \cdot 10^{-2}}} = 0,162 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{2,204 \cdot 10^{-4}}{2,11 \cdot 10^{-2}}} = 0,102 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{CR,y}}{i_y} = \frac{21,6}{0,162} = 133,3$$

$$\lambda_z = \frac{L_{CR,z}}{i_z} = \frac{5}{0,102} = 49,02$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \epsilon = 76,4 \text{ (pro S355)}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{133,3}{76,4} = 1,74$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{49,02}{76,4} = 0,64$$

KŘIVKY VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$y-y \dots \dots \alpha \Rightarrow \alpha_y = 0,21$$

$$z-z \dots \dots \alpha \Rightarrow \alpha_z = 0,21$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,74 - 0,2) + 1,74^2] = 2,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,64 - 0,2) + 0,64^2] = 0,751 \end{aligned}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{2,18 + \sqrt{2,18^2 - 1,74^2}} = 0,286$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,751 + \sqrt{0,751^2 - 0,64^2}} = 0,874$$

$$\chi = \min \{ \chi_{xy}; \chi_z \} = \min \{ 0,286; 0,874 \} = 0,286$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 0,286 \cdot \frac{2,11 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 2142,3 \text{ kN}$$

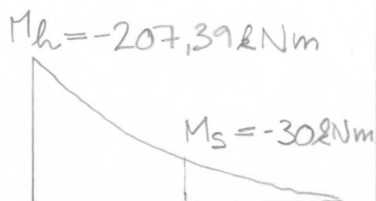
$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{362,79}{2142,3} = 0,17 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

OHYB A OSOVÝ TLAK

- prut není náchylný ke zkroucení

$$\frac{N_{ed}}{\chi_{xy} \cdot N_{RK}} + K_{xy} \frac{M_{xy,ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,RK}} + K_{yz} \frac{M_{z,ed}}{M_{z,RK}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{RK}} + K_{zy} \frac{M_{xy,ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,RK}} + K_{zz} \frac{M_{z,ed}}{M_{z,RK}} \leq 1$$



$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{-30}{-207,39}$$

$$\alpha_s = 0,145$$

$$\psi = 0$$

K_{xy} :

$$C_{my} \cdot (1 + (\bar{\chi}_y - 0,2) \frac{N_{ed}}{\chi_{xy} N_{RK} / \gamma_{M1}}) \leq C_{my} \cdot (1 + 0,8 \frac{N_{ed}}{\chi_{xy} N_{RK} / \gamma_{M1}})$$

$$C_{my} = 0,2 + 0,8 \cdot \alpha_s = 0,2 + 0,8 \cdot 0,145 = 0,316 \leq 0,4 \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

$$C_{my} = 0,4$$

$$\bar{\chi}_y = 1,74$$

$$N_{ed} = -362,79 \text{ kN}$$

$$\chi_{xy} = 0,286$$

$$N_{RK} = A \cdot f_{yk} = 2,11 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6$$

$$N_{RK} = 7490,5 \text{ kN}$$

$$0,4 \cdot (1 + (1,74 - 0,2) \frac{362,79}{0,286 \cdot 7490,5 / 1}) \leq 0,4 \cdot (1 + 0,8 \frac{362,79}{0,286 \cdot 7490,5 / 1})$$

$$0,504 \leq 0,454 \quad \text{NEVYHOVUJE} \Rightarrow$$

$$K_{xy} = 0,454$$

$$K_{zy} = 0,6 \cdot K_{xy} = 0,6 \cdot 0,454 = 0,27$$

K_{zz} :

$$C_{mz} \cdot (1 + (\bar{\chi}_z - 0,2) \frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{RK} / \gamma_{M1}}) \leq C_{mz} \cdot (1 + 0,8 \frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{RK} / \gamma_{M1}})$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,64) = 0,344 \neq 0,4$$

$$\text{NEVYHOVUJE} \Rightarrow C_{mz} = 0,4$$

$$\bar{\chi}_z = 0,64$$

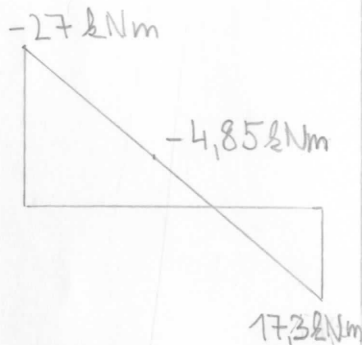
$$\chi_z = 0,874$$

$$0,4 \cdot (1 + (0,64 - 0,2) \frac{362,79}{0,874 \cdot 7490,5}) \leq 0,4 \cdot (1 + 0,8 \frac{362,79}{0,874 \cdot 7490,5})$$

$$0,41 \leq 0,42 \quad \text{NEVYHOVUJE} \Rightarrow$$

$$K_{zz} = 0,42$$

$$K_{yz} = 0,6 \cdot K_{zz} = 0,6 \cdot 0,42 = 0,252$$



$$\psi = \frac{17,3}{-27} = -0,64$$

$$M_{y,RK} = f_{yk} \cdot W_{pl,y} = 355 \cdot 10^6 \cdot 3,0366 \cdot 10^{-3} = 1077,99 \text{ kNm}$$

$$M_{z,RK} = f_{yk} \cdot W_{pl,z} = 355 \cdot 10^6 \cdot 2,0117 \cdot 10^{-3} = 714,1535 \text{ kNm}$$

$\alpha_{LT} = 1,0$ - průtžení
náchýlný ke klopení

$$\frac{362,79}{0,286 \cdot 7490,5} + 0,454 \cdot \frac{207,39}{1,0 \cdot 1077,99} + 0,252 \cdot \frac{27,02}{714,1535} \leq 1$$

$$0,17 + 0,087 + 0,0095 \leq 1$$

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

$$\frac{362,79}{0,874 \cdot 7490,5} + 0,27 \cdot \frac{207,39}{1,0 \cdot 1077,99} + 0,42 \cdot \frac{27,02}{714,1535} \leq 1$$

$$0,055 + 0,052 + 0,016 \leq 1$$

$$0,123 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

8.1.6. MEZNI STAV POUŽITELNOSTI

$$j_{\max} = \frac{h}{300} \dots \text{pro jednopodlažní budovy}$$

$$j = 33 \text{ mm (Z PROGRAMU SCIA ENGINEER)}$$

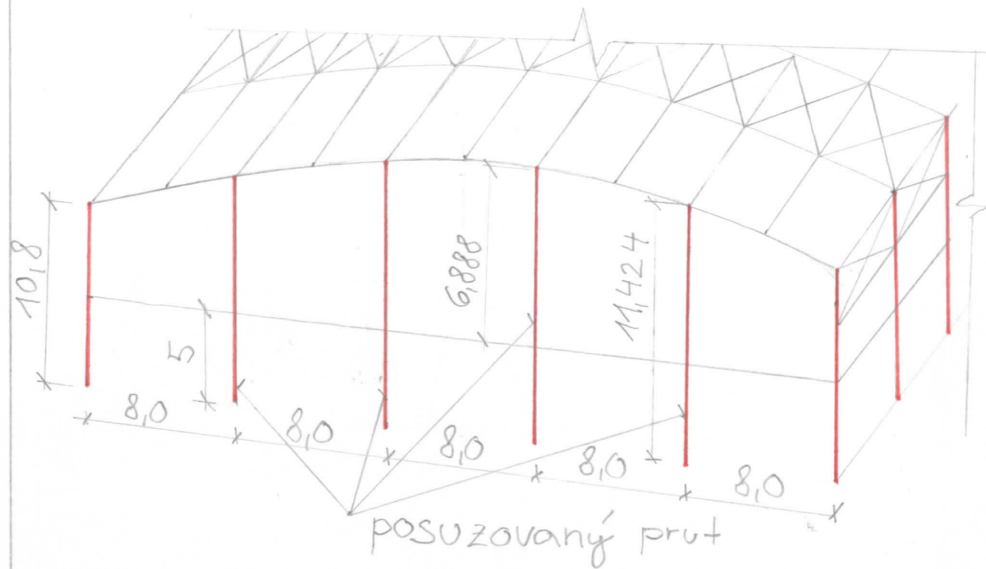
$$j_{\max} = \frac{10'800}{300} = 36 \text{ mm}$$

$$j = 33 \text{ mm} \leq j_{\max} = 36 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- NAVRHOJI PROFIL TR 4HR 450/250/16

OCELI S 355

8.2. SLOUP VE ŠTÍTOVÉ STĚNĚ



- nosná konstrukce haly je ve štítové stěně řešena sloupy z pravoúhlých dutých průřezů, které podpírají horní pás. Sloupy jsou ve statickém modelu uvažovány kloubově uložené v obou směrech.

VZPĚRNÉ DÉLKY



$$L_{CR,y} = 11,888 \text{ m}$$

$$L_{CR,z} = 6,888 \text{ m}$$

NAVRH-TR 4HR 300/200/16

průřezové charakteristiky:

$$I_t = 1,925 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = 9,109 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{el,xy} = 1,159 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,xy} = 1,4191 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

MATERIAL S 355

$$f_{ky} = 355 \text{ MPa}$$

VNITŘNÍ SÍLY

$$N_{ed} = -104,47 \text{ kN}$$

$$M_{xy} = -126,31 \text{ kNm}$$

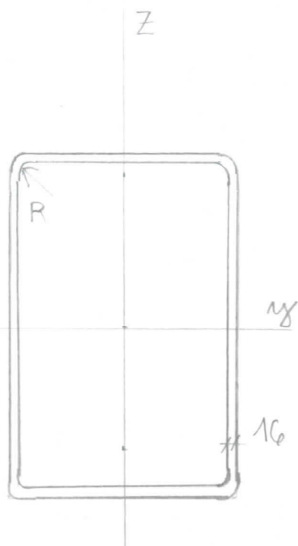
$$A = 1,47 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$I_y = 1,739 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_w = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^6$$

$$W_{el,z} = 9,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 1,0667 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$



$$h = 300 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

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

$$R = 24 \text{ mm}$$

KLASIFIKACE PRŮŘEZU

vnitřní tláčená část

$$c = 300 - 2 \cdot R - 2 \cdot t = 300 - 2 \cdot 24 - 2 \cdot 16 = 220 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{220}{16} = 13,75 \leq 33 \cdot \epsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,73 \text{ VYHOVUJE}$$

1. TŘÍDA PRŮŘEZU

- při určení třídy průřezu byla splněna podmínka pro tláčenou část \Rightarrow 1. třída průřezu bude i pro část tláčenou a ohýbanou.

8.2.1 MEZNI STAV ÚNOSNOSTI

- ÚNOSNOST PRŮŘEZU

TLAK

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{ky}}{\gamma_{mo}} = \frac{1,47 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 5218,5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{104,47}{5218,5} = 0,02 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{pl,Rd,xy} = \frac{W_{pl,xy} \cdot f_{ky}}{\gamma_{mo}} = \frac{1,4191 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$M_{pl,Rd,xy} = 503,78 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{xy,ed}}{M_{pl,Rd,xy}} = \frac{126,31}{503,78} = 0,25 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$M_{pe,Rd,z} = \frac{V_{pe,z} \cdot l_{my}}{\gamma_{mo}} = \frac{1,0667 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0}$$

$$M_{pe,Rd,z} = 378,68 \text{ kN}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{pe,Rd,z}} = \frac{29,44}{378,68} = 0,08 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

ŠIKMÝ OHYB

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pe,Rd}} = \frac{104,47}{5218,5} = 0,02$$

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot n^2} = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot 0,02^2} = 1,66 \leq 6$$

$$a_w = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A = (14'700 - 2 \cdot 200 \cdot 16) / 14'700$$

$$a_w = 0,565 \leq 0,5 \quad \text{NEVYHOVUJE} \Rightarrow a_w = 0,5$$

$$a_f = (A - 2 \cdot h \cdot t_w) / A = (14'700 - 2 \cdot 300 \cdot 16) / 14'700$$

$$a_f = 0,347 \leq 0,5 \quad \text{VYHOVUJE} \Rightarrow a_f = 0,347$$

$$M_{n,y,Rd} = M_{pe,y,Rd} \cdot (1-n) / (1-0,5a_w)$$

$$M_{n,y,Rd} = 503,78 \cdot (1-0,02) / (1-0,5 \cdot 0,5) = 658,27 \text{ kNm}$$

$$M_{n,z,Rd} = M_{pe,z,Rd} \cdot (1-n) / (1-0,5a_f)$$

$$M_{n,z,Rd} = 378,68 \cdot (1-0,02) / (1-0,5 \cdot 0,347) = 449 \text{ kNm}$$

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{n,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{n,z,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{126,31}{658,27} \right]^{1,66} + \left[\frac{29,44}{449} \right]^{1,66}$$

$$0,075 \leq 1$$

VYHOVUJE

SMYK

$$A_v = \gamma \cdot (h_w \cdot t_w) = 1,2 \cdot 2 \cdot (220 \cdot 16) = 8'448 \text{ mm}^2$$

$$h_w = 300 - 2 \cdot R - 2 \cdot t_w = 300 - 2 \cdot 24 - 2 \cdot 16 = 220 \text{ mm}$$

$$V_{pe,Rd} = \frac{A_v \cdot (k_{ty} / \sqrt{3})}{\gamma_{mo}} = \frac{8,448 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{1,0}$$

$$V_{pe,Rd} = 1731 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pe,Rd}} = \frac{42,9}{1731} = 0,025 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

- jedná se o tzv. případ s malým smykem \Rightarrow není nutné posoudit na vliv interakce normálových a smykových napětí.

VZPĚRNA' ÚNOSNOST

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1739 \cdot 10^4}{1,47 \cdot 10^2}} = 0,109 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{9,109 \cdot 10^5}{1,47 \cdot 10^2}} = 0,079 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{CR,y}}{i_y} = \frac{11,888}{0,109} = 109,06$$

$$\lambda_z = \frac{L_{CR,z}}{i_z} = \frac{6,888}{0,079} = 87,19$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{109,6}{76,4} = 1,43$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{87,19}{76,4} = 1,14$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \epsilon = 76,4 \text{ (pro S355)}$$

KŘIVKY VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$y-y \dots \dots \alpha \Rightarrow \alpha_y = 0,21$$

$$z-z \dots \dots \alpha \Rightarrow \alpha_z = 0,21$$

$$\phi_y = 0,5 [1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ = 0,5 [1 + 0,21 \cdot (1,43 - 0,2) + 1,43^2] = 1,65$$

$$\phi_z = 0,5 [1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ = 0,5 [1 + 0,21 \cdot (1,14 - 0,2) + 1,14^2] = 1,25$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,65 + \sqrt{1,65^2 - 1,43^2}} = 0,40$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,25 + \sqrt{1,25^2 - 1,14^2}} = 0,57$$

$$\chi = \min \{ \chi_y; \chi_z \} = \min \{ 0,40; 0,57 \} = 0,40$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 0,40 \cdot \frac{1,47 \cdot 10^2 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = \\ = 2'087,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{104,47}{2'087,4} = 0,05 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

OHYB A OSOVÝ TLAK - KOMBINACE

- prut není náchylný ke zkroucení

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{RK}} + K_{Myy} \frac{M_{y,ed}}{\chi_{LT} M_{y,RK}} + K_{Myz} \frac{M_{z,ed}}{\chi_{LT} M_{z,RK}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{RK}} + K_{zMy} \frac{M_{y,ed}}{\chi_{LT} M_{y,RK}} + K_{zz} \frac{M_{z,ed}}{\chi_{LT} M_{z,RK}} \leq 1$$

M_{yy}

$M_s = -126,31$



$M_h = 0$

$$\alpha_s = \frac{M_h}{M_s}$$

$$\alpha_s = \frac{0}{-126,31}$$

$\alpha_s = 0 \quad \psi = 0$

K_{Myy} :

$$C_{Myy} \cdot (1 + (\bar{\chi}_y - 0,2) \frac{N_{ed}}{\chi_y N_{RK} / \gamma_{M1}}) \leq C_{Myy} \cdot (1 + 0,8 \frac{N_{ed}}{\chi_y N_{RK} / \gamma_{M1}})$$

$$C_{Myy} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95$$

$\bar{\chi}_y = 1,43 \quad \chi_y = 0,4$

$N_{ed} = 104,47 \text{ kN} \quad N_{RK} = A \cdot f_y = 1,47 \cdot 10^2 \cdot 355 \cdot 10^6 = 5218,5 \text{ kN}$

$$0,95 \cdot (1 + (1,43 - 0,2) \frac{104,47}{0,4 \cdot 5218,5}) \leq 0,95 \cdot (1 + 0,8 \frac{104,47}{0,4 \cdot 5218,5})$$

$$1,008 \leq 0,988 \quad \text{NEVYHOVUJE} \Rightarrow$$

$K_{Myy} = 0,988$

$K_{zMy} = 0,6 \cdot K_{Myy} = 0,6 \cdot 0,988 = 0,59$

K_{zz} :

$$C_{mz} (1 + (\bar{\chi}_z - 0,2) \frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{RK} / \gamma_{M1}}) \leq C_{mz} \cdot (1 + 0,8 \frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{RK} / \gamma_{M1}})$$

$$C_{mz} = 0,1 - 0,8 \alpha_s \geq 0,4 \quad 0,1 - 0,8 \cdot (-0,876) = 0,8008$$

$\bar{\chi}_z = 1,14 \quad \chi_z = 0,57$

$$0,8008 \cdot (1 + (1,14 - 0,2) \frac{104,47}{0,57 \cdot 5218,5}) \leq 0,8008 \cdot (1 + 0,8 \frac{104,47}{0,57 \cdot 5218,5})$$

$$0,827 \leq 0,823 \quad \text{NEVYHOVUJE} \Rightarrow$$

$K_{zz} = 0,823$

$K_{Myz} = 0,6 \cdot K_{zz} = 0,6 \cdot 0,823 = 0,494$

$$\frac{104,47}{0,4 \cdot 5218,5} + 0,988 \frac{126,31}{1,0 \cdot 503,78} + 0,494 \frac{29,44}{378,68} \leq 1$$

$$0,05 + 0,248 + 0,038 \leq 1$$

$0,34 \leq 1$

VYHOVUJE

$$\frac{104,47}{0,57 \cdot 5218,5} + 0,59 \frac{126,31}{1,0 \cdot 503,78} + 0,823 \frac{29,44}{378,68} \leq 1$$

$$0,035 + 0,15 + 0,064 \leq 1$$

$0,25 \leq 1$

VYHOVUJE

$M_h = -29,44 \text{ kNm}$



$M_s = 25,8 \text{ kNm}$

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{25,8}{-29,44}$$

$\alpha_s = -0,876$

$\psi = 0$

$\chi_{LT} = 1,0$ - prut není náchylný ke klopení

8.2.6 MEZNI STAV POUŽITELNOSTI

$\sigma_{max} = \frac{h}{300}$... pro jednopodlažní budovy

$\sigma = 34,33 \text{ mm}$ (Z PROGRAMU SCIA ENGINEER)

$$\sigma_{max} = \frac{11'888}{300} = 39,63 \text{ mm}$$

$$\sigma = 34,33 \text{ mm} \leq \sigma_{max} = 39,63 \text{ mm} \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

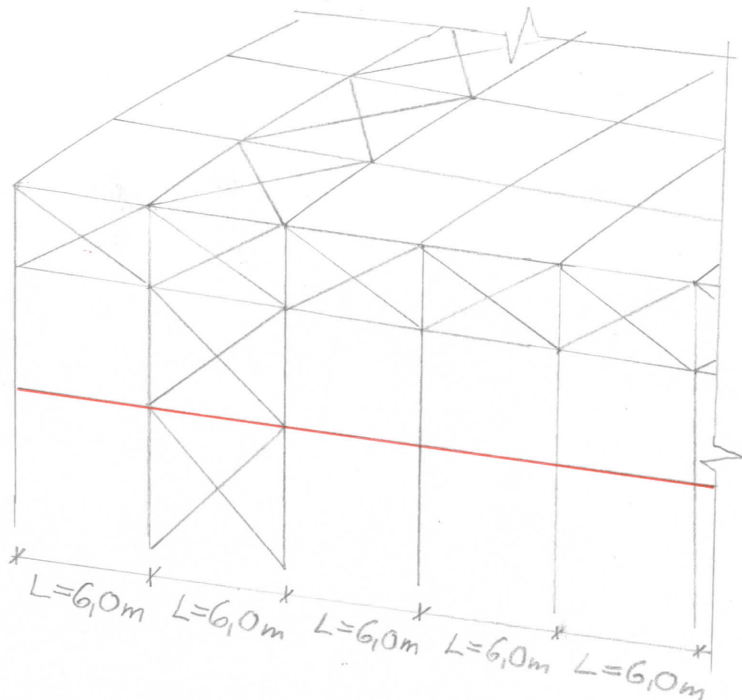
- NAVRHUJI PROFIL TR 4HR 300/200/16

OCELI S355

9. PAŽDÍK

9.1. PAŽDÍK - PODELNÝ SMĚR

- ve statickém modelu je uvažováno kloubové připojení paždíku. Vzpěrné délky se rovnají délkám systémovým.



$$L_{CR,y} = L_{CR,z} = L = 6,0\text{m}$$

NA'VRH: TR KR 101,6 x 10

průřezové charakteristiky: $A = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$

$$I_t = 6,0364 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$$

$$I_{yy} = 3,05 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$$

$$I_z = 3,05 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$$

$$I_w = 0 \text{m}^6$$

$$W_{el,yy} = 6,01 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$$

$$W_{el,z} = 6,01 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$$

$$W_{pl,yy} = 8,291 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$$

$$W_{pl,z} = 8,291 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$$

MATERIÁL S355

$$f_{ty} = 355 \text{MPa}$$

VNITŘNÍ SÍLY

$$N_{ed} = -70,39 \text{kN}$$

$$N_{ed} = 26,37 \text{kN}$$

KLASIFIKACE PRŮŘEZU

$$d = 101,6$$

$$t = 10$$

$$\epsilon = 0,81$$

$$50 \cdot \epsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 32,8$$

$$\frac{d}{t} = \frac{101,6}{10} = 10,16 \leq 50 \epsilon^2 = 32,8$$

VYHOVUJE

1. TRÍDA PRŮŘEZU

9.1.a MEZNI STAV ÚNOSNOSTI

ÚNOSNOST PRŮŘEZU

TLAK

$$N_{CRd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{Mo}} = \frac{2,88 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1022,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{CRd}} = \frac{70,39}{1022,4} = 0,0688 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

TAH

$$N_{pL,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{Mo}} = \frac{2,88 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1022,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{pL,Rd}} = \frac{26,37}{1022,4} = 0,026 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

VZPĚRNA ÚNOSNOST

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{yy}}{A}} = \sqrt{\frac{3,05 \cdot 10^{-6}}{2,88 \cdot 10^{-3}}} = 0,0325 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{zz}}{A}} = \sqrt{\frac{3,05 \cdot 10^{-6}}{2,88 \cdot 10^{-3}}} = 0,0325 \text{ m}$$

$$\lambda_{y,z} = \frac{L_{CR,y,z}}{i_{y,z}} = \frac{6}{0,0325} = 184,62$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 76,4$$

$$\bar{\lambda}_{y,z} = \frac{\lambda_{y,z}}{\lambda_1} = \frac{184,62}{76,4} = 2,41$$

KŘIVKY VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$y-y \dots a \Rightarrow \alpha_y = 0,21$$

$$z-z \dots a \Rightarrow \alpha_z = 0,21$$

$$\chi_{y,z} = \frac{1}{\phi_{y,z} + \sqrt{\phi_{y,z}^2 - \bar{\lambda}_{y,z}^2}} = \frac{1}{3,64 + \sqrt{3,64^2 - 2,41^2}} = 0,157$$

$$\begin{aligned} \phi_{y,z} &= 0,5 \cdot [1 + \alpha_{y,z} (\bar{\lambda}_{y,z} - 0,2) + \bar{\lambda}_{y,z}^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21 (2,41 - 0,2) + 2,41^2] = 3,64 \end{aligned}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 0,157 \cdot \frac{2,88 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 160,52 \text{ kN}$$

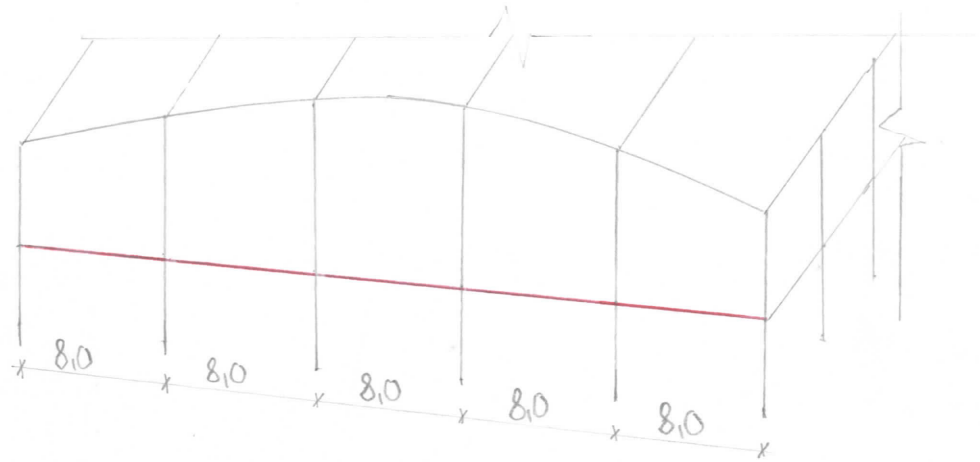
$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{70,39}{160,52} = 0,44 \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

- z důvodu dodržení štíhlosti pod 200
průřez navržen neekonomicky

NAVRHUJI PROFIL TR KR 101,6 x 10 OCELI S355

9.2. PAŽDÍK VE ŠTÍTOVÉ STĚNĚ

-ve statickém modelu je uvažováno kloubové připojení paždíku. Vzpěrné délky se rovnají délkám systémovým.



$$L_{CR,y} = L_{CR,z} = L = 8,0 \text{ m}$$

NAVRH: TR KR 127 x 12,5

průřezové charakteristiky: $A = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

$$I_y = 7,46 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_z = 7,46 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

MATERIÁL S355

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

VNITRNÍ SÍLY

$$N_{ed} = -38,44 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 12,94 \text{ kN}$$

KLASIFIKACE PRŮŘEZU

$$d = 127 \text{ mm} \quad t = 12,5 \text{ mm} \quad \epsilon = 0,81$$

$$50 \cdot \epsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 32,8$$

$$\frac{d}{t} = \frac{127}{12,5} = 10,16 \leq 50 \epsilon^2 = 32,8$$

VYHOVUJE

1. TŘÍDA PRŮŘEZU

9.2.a MEZNI' STAV ÚNOSNOSTI

ÚNOSNOST PRŮŘEZU

TLAK

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{Mo}} = \frac{4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1597,5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{38,44}{1597,5} = 0,02 \leq 1$$

VYHOVUJE

TAH

$$N_{p,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{Mo}} = 1597,5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{p,Rd}} = \frac{12,94}{1597,5} = 0,01 \leq 1$$

VYHOVUJE

VZPĚRNA' ÚNOSNOST

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{7,46 \cdot 10^{-6}}{4,5 \cdot 10^{-3}}} = 0,0407 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{7,46 \cdot 10^{-6}}{4,5 \cdot 10^{-3}}} = 0,0407 \text{ m}$$

$$\lambda_{y,z} = \frac{L_{CR,y,z}}{i_{y,z}} = \frac{8}{0,0407} = 196,56$$

$$\lambda_1 = 93 \cdot \epsilon = 93 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\bar{\lambda}_{y,z} = \frac{\lambda_{y,z}}{\lambda_1} = \frac{196,56}{76,4} = 2,57$$

KŘIVKA VZPĚRNÉ PEVNOSTI

$$y-y \dots a \Rightarrow \alpha_y = 0,21$$

$$z-z \dots a \Rightarrow \alpha_z = 0,21$$

$$\chi_{y,z} = \frac{1}{\phi_{y,z} + \sqrt{\phi_{y,z}^2 - \bar{\lambda}_{y,z}^2}} = \frac{1}{4,05 + \sqrt{4,05^2 - 2,57^2}} = 0,139$$

$$\phi_{y,z} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{y,z} \cdot (\bar{\lambda}_{y,z} - 0,2) + \bar{\lambda}_{y,z}^2] = \\ = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (2,57 - 0,2) + 2,57^2] = 4,05$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 0,139 \cdot \frac{4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 222,05 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{38,44}{222,05} = 0,17 \leq 1$$

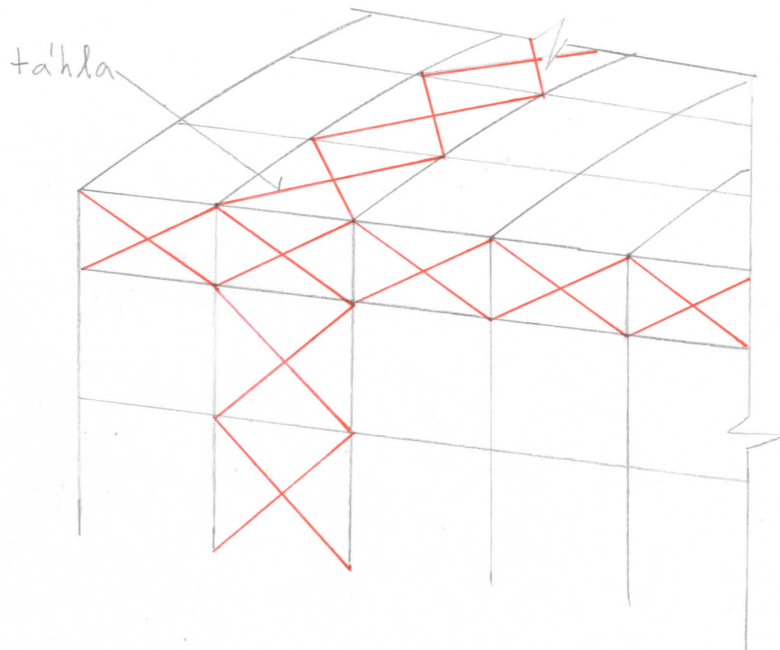
VYHOVUJE

- z důvodu dodržení štíhlosti pod 200
průřez navržen neekonomicky.

NAVRHUJI PROFIL TR KR 127x12,5 OCELI S355

10. ZTU ŽIDLO - TÁHLA

- ve statickém výpočtu bylo uvažováno kloubové připojení táhel. Při modelování různých zatěžovacích stavů byla použita funkce absence. Pruty (uvažované jako táhla) při působení v tlaku vybočí a nepodílí se tedy na přenosu zatížení. Táhla tedy nebudou ovlivňovat výsledky svojí tuhostí.



NAVRH - RD 25

průřezové charakteristiky: $A = 4,9062 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

MATERIÁL S355

$$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

VNITŘNÍ SÍLY

$$N_{ed} = 100,9 \text{ kN}$$

10.1. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- ÚNOSNOST PRŮŘEZU - TÁH

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{Mo}} = \frac{4,9062 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 174,17 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{100,9}{174,17} = \underline{0,58} \leq 1 \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

NAVRHUJI PROFIL RD25 OCELI S355



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

NOSNÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE SPORTOVNÍ

HALY

STATICKÝ VÝPOČET

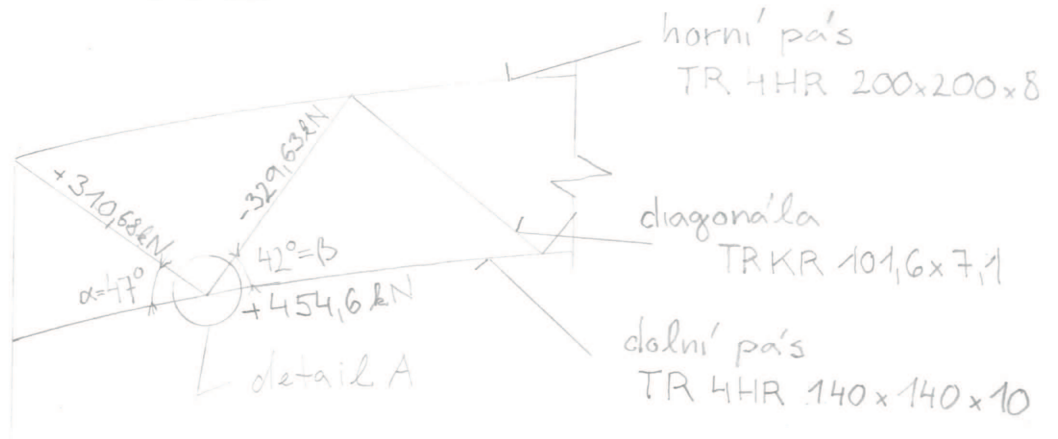
ŘEŠENÍ DETAILŮ

OBSAH

1.	DETAIL - VAZNÍK.....	1
1.1.	DETAL A	1
1.1.a	Styčnick s překrytím.....	1
1.1.b	Posouzení svaru.....	2
1.2.	MONTÁŽNÍ SPOJ.....	4
1.2.a	Návrh svaru na styčnickové desce u spodního pásu	4
1.2.b	Posouzení šroubu na tah	7
1.2.c	Únosnost v páčení.....	7
1.3.	NAPOJENÍ DIAGONÁLY	9
1.3.a	Únosnost v místě oslabení	9
1.3.b	Únosnost na smyk	9
1.3.c	Únosnost v otláčení	9
1.3.d	Návrh svaru – připojení diagonály na styčnickový plech	11
2.	DETAIL – PŘIPOJENÍ HORNÍHO PÁSU NA SLOUP POMOCÍ ČEPOVÉHO SPOJE	12
2.1.	KONCOVÉ ROZTEČE STYČNÍKOVÉHO PLECHU ČEPU	12
2.2.	NÁVRHOVÁ ÚNOSNOT ČEPU VE SMYKU	12
2.3.	NÁVRHOVÝ MOMENT ÚNOSNOSTI ČEPU	13
2.4.	OTLAČENÍ DESKY A ČEPU	13
2.5.	PŘÍDAVNÝ MOMENT VLIVEM EXCENTRICKÉHO MOMENTU	13
2.6.	SVAR Č. 1	15
2.7.	SVAR Č. 2.....	16
3.	PATKA A KOTVENÍ SLOUPU	17
3.1.	NÁVRH KOTEVNÍCH ŠROUBŮ	20
3.2.	POSOUZENÍ NAPĚTÍ V BETONU.....	20
3.3.	NÁVH A POSOUZENÍ TLOUŠTKY PATNÍ DESKY	20
3.4.	POSOUZENÍ PRŮŘEZU PATKY	21
3.5.	POSUDEK – POSUN MEZI PATNÍ DESKOU A PODKLADNÍ VRSTVOU	23
3.6.	NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU MEZI SLOUPEM A PATNÍ DESKOU.....	24
3.6.a	Posudek – Svar – Bod A	25
3.6.b	Posudek – Svar – Bod B	25

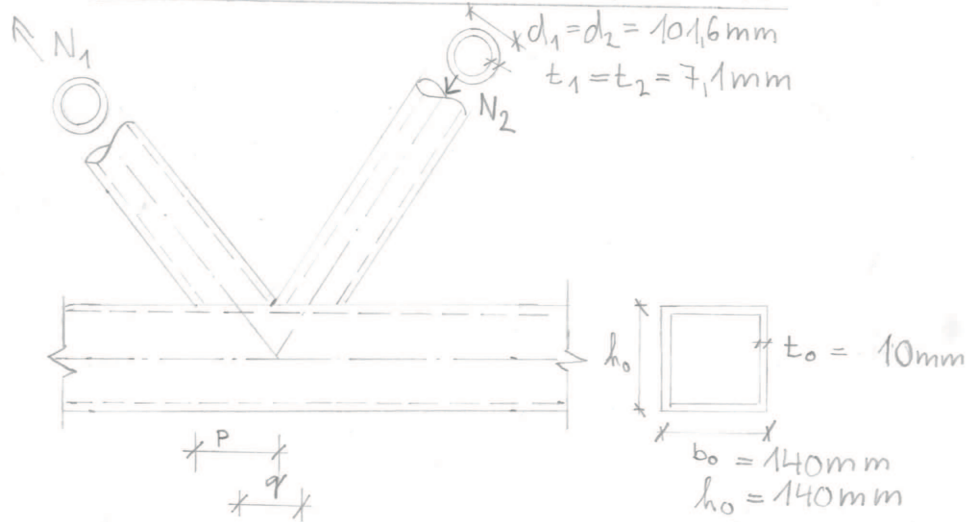
3.7.	KLOUBOVÁ PATKA	26
3.7.a	<i>Posudek – posun mezi patní deskou a podkladní vrstvou</i>	27

1. DETAILY - VAZNÍK



1.1 DETAIL A

1.1.a STYČNÍK S PŘEKRYTÍM



- je nutno posuzovat pouze překrývající mezipásový prut. Účinnost překrytého mezipásového prutu se má brát rovna účinnosti překrývajícího mezipásového prutu.

λ_{ov} poměr překrytí v procentech

$$\lambda_{ov} = \left(\frac{q}{p} \right) \cdot 100\% \quad p = 137,4 \text{ mm} \quad q = 121 \text{ mm}$$

- hodnoty p a q odměřeny v programu AUTOCAD

$$\lambda_{ov} = \left(\frac{121}{137,4} \right) \cdot 100 = 88\%$$

NAVRHOVÉ ÚNOSNOSTI SVAŘOVANÝCH STYČNÍKŮ ZE ČTVERCOVÝCH NEBO KRUHOVÝCH DUTÝCH PRŮŘEZŮ

- porušení mezipásového prutu $\lambda_{ov} \geq 80\%$

$$N_{1,Rd} = \lambda_{y1} t_1 (b_1 + b_{e,ov} + 2h_1 - 4t_1) / \gamma_{M5}$$

$$b_{e,ov} = \frac{10}{b_2/t_2} \cdot \frac{f_{y2} \cdot t_2}{f_{y1} \cdot t_1} \cdot b_1 \quad b_{e,ov} \leq b_1$$

- pro kruhové mezipásové pruty se výše uvedená únosnost vynásobí $\frac{\pi}{4}$, dále se b_1 a b_2 nahradí d_1 a b_2 a h_2 nahradí d_2 .

Úprava vztahů:

$$N_{1,Rd} = \frac{\pi}{4} \cdot f_{y1} \cdot t_1 \cdot (d_1 + b_{e,ov} + 2 \cdot d_1 - 4 \cdot t_1) / \gamma_{M5}$$

$$b_{e,ov} = \frac{10}{d_2/t_2} \cdot \frac{f_{y2} \cdot t_2}{f_{y1} \cdot t_1} \cdot d_1 \quad b_{e,ov} \leq d_1$$

$$\underline{b_{e,ov} = \frac{10}{101,6/7,1} \cdot \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 7,1}{355 \cdot 10^6 \cdot 7,1} \cdot 101,6 = 71 \text{ mm} \leq d_1 = 101,6 \text{ mm}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\pi}{4} \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 7,1 \cdot 10^{-3} \cdot [(101,6 + 71 + 2 \cdot 101,6 - 4 \cdot 7,1) \cdot 10^{-3}] / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 687,72 \text{ kN} = N_{2,Rd}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{310,66}{687,72} = 0,45 \leq 1$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{329,63}{687,72} = 0,48 \leq 1$$

VYHOVUJE

1.1.6 POSOUZENÍ SVARU

a) případ připojení diagonální namáhané tlakem
- jedná se o prut překrytý

$$N_{ed} = -329,63 \text{ kN}$$

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

l_w = elipsa (průnik trubky pod úhlem 42°

a čtvercového dutého průřezu)

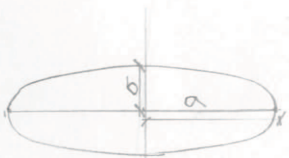
$a = 81 \text{ mm}$ (hlavní poloosa) $b = 50,8 \text{ mm}$ (vedlejší poloosa)
(hodnoty a, b odměřeny v programu AUTOCAD)

OBVOD ELIPSY - přibližný vzorec

$$l_w = l_0 = \pi \cdot \left[\frac{3}{2} \cdot (a+b) - \sqrt{a \cdot b} \right]$$

$$l_w = l_0 = \pi \cdot \left[\frac{3}{2} \cdot (81 + 50,8) - \sqrt{81 \cdot 50,8} \right] = 419,6 \text{ mm}$$

$$A_w = a_w \cdot l_w = 4 \cdot 419,6 = 1678,4 \text{ mm}^2$$



$$\sigma = \frac{N_{ed}}{A_w} = \frac{329,63 \cdot 10^3}{1678,4 \cdot 10^{-6}} = 196,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{||} = \sigma \cdot \cos \beta = 196,4 \cdot \cos 42^\circ = 146 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma \cdot \sin \beta = 196,4 \cdot \sin 42^\circ = 131,4 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{||}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{131,4^2 + 3 \cdot (131,4^2 + 146^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$364,7 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

β) v tomto případě se jedná o připojení krajní (tažené) diagonály, kde je sice menší osová síla než v případě α, ale z důvodu překrytí meziřádkových prutů je v tomto případě menší plocha A_w .

$$N_{ed} = 310,68 \text{ kN}$$

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

$$l_w = 380 \text{ mm (odměřeno v programu AUTOCAD)}$$

$$A_w = a_w \cdot l_w = 4 \cdot 380 = 1520 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N_{ed}}{A_w} = \frac{310,68 \cdot 10^3}{1520 \cdot 10^{-6}} = 204,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{||} = \sigma \cdot \cos \alpha = 204,4 \cdot \cos 47^\circ = 139,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma \cdot \sin \alpha = 204,4 \cdot \sin 47^\circ = 149,5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{||}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{149,5^2 + 3 \cdot (149,5^2 + 139,4^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$384,32 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

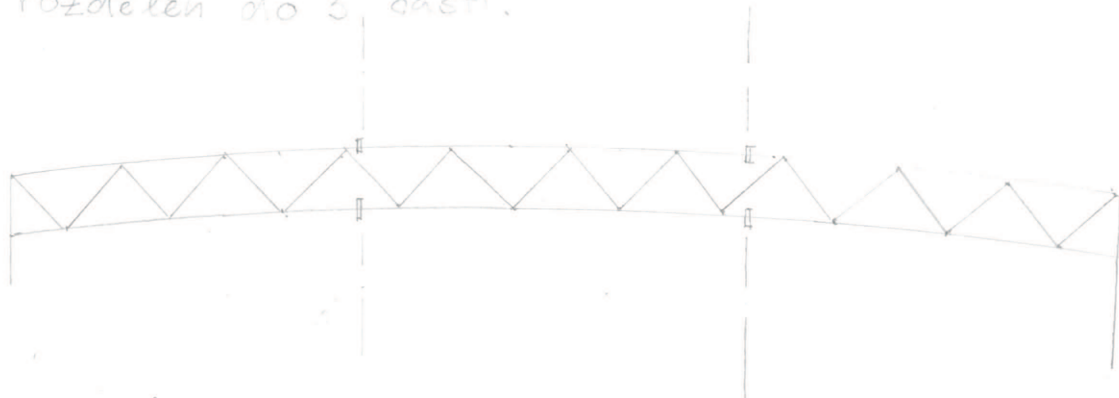
VYHOVUJE

NAVRHUJI SVAR O ÚČINNÉ TLOUŠŤCE

$$\underline{\underline{a_w = 4 \text{ mm}}}$$

1.2 MONTAŽNÍ SPOJ

- vazník bude z důvodu umožnění přepravy na stavbu rozdělen do 3 částí.



SPODNÍ PA'S

$$N_{ed} = 1055,44 \text{ kN}$$

DIAGONÁLA

$$N_{ed} = 114,26 \text{ kN}$$

HORNÍ PA'S

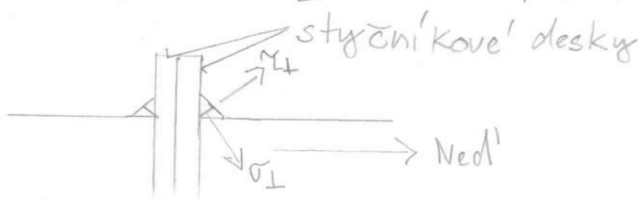
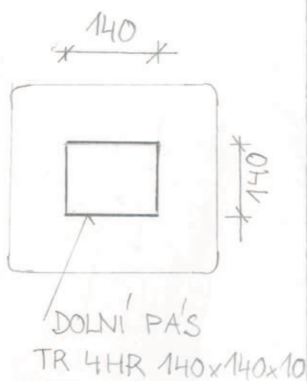
$$N_{ed} = -1148,56 \text{ kN}$$

1.2.a NÁVRH SVARU NA STYČNÍKOVÉ DESCE

U SPODNIHO PA'SU

$N_{ed} = 1055,44 \text{ kN}$ (budou 2 styčnickové desky) \Rightarrow

$$\Rightarrow N_{ed}' = \frac{N_{ed}}{2} = \frac{1055,44}{2} = 527,72 \text{ kN}$$



$$l_w = 4 \cdot 140 = 560$$

$$A_w = a_w \cdot l_w = 5 \cdot 560 = 2800 \text{ mm}^2 = 2800 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{N_{ed}'}{A_w} = \frac{527,72 \cdot 10^3}{2800 \cdot 10^{-6}} = 188,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\parallel} = \sin 45^\circ \cdot \sigma = 0,707 \cdot 188,5 = 133 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\sigma_{\parallel}^2 + \sigma_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad f_u = 490 \text{ MPa}$$

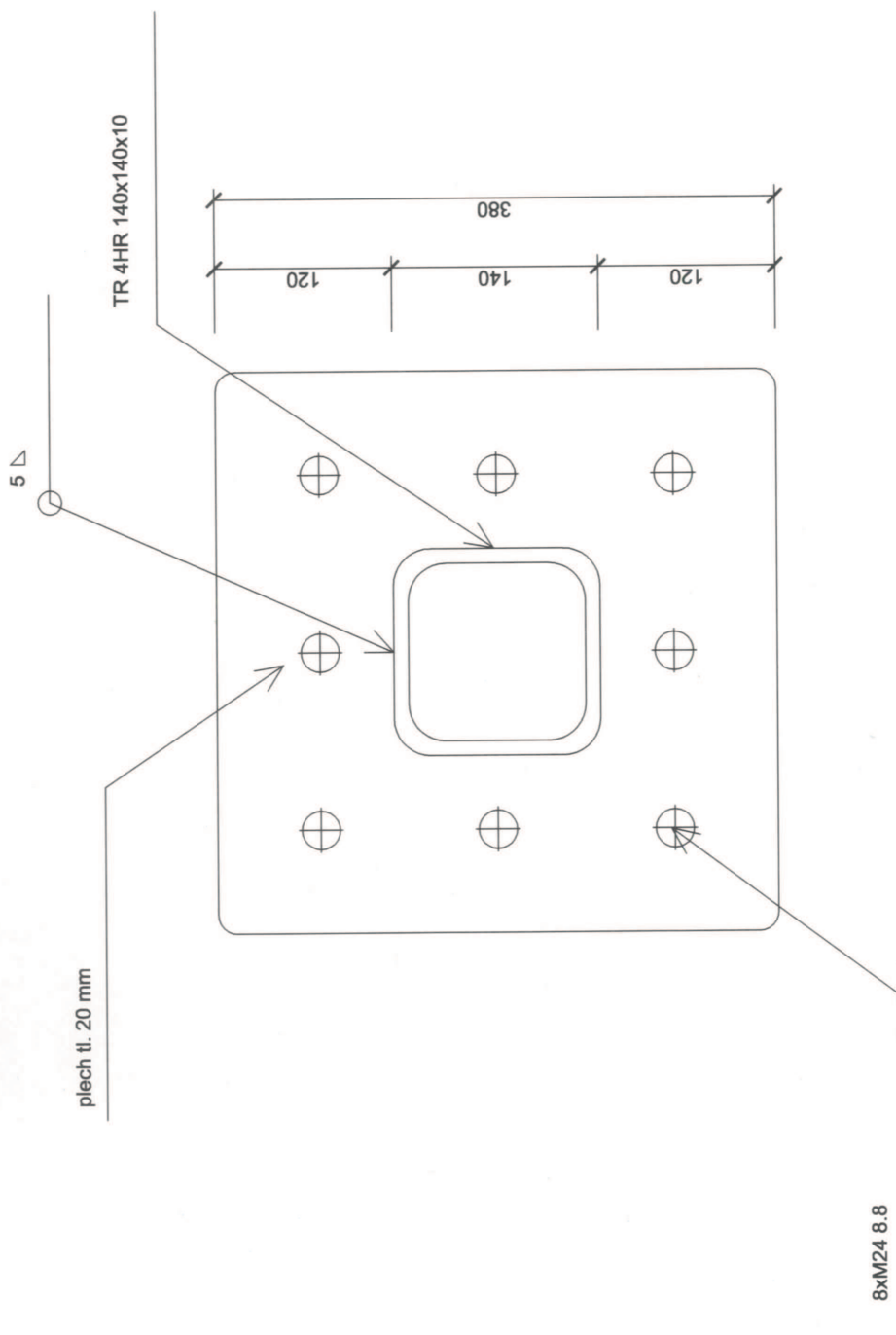
$$\sqrt{133^2 + 3 \cdot (133^2 + 0^2)} = 266 \leq \frac{510 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1,25} = 453,3 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

NAVRHUJI SVAR O ÚČINNÉ TLOUŠŤCE

$$\underline{a_w = 5 \text{ mm}}$$

SCHÉMA PŘIPOJENÍ



1.2.6 POSOUZENÍ ŠROUBU NA TAH

NÁVRH: 8 ŠROUBŮ M24-8.8

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

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

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2 = 353 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 353 \cdot 10^{-6} \cdot 800 \cdot 10^6}{1,25} = 203,3 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{ed}}{8} = \frac{1055,44}{8} = 131,93 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{131,93 \cdot 10^3}{203,3 \cdot 10^3} = 0,65 \leq 1$$

VYHOVUJE

1.2.c ÚNOSNOST V PAČENÍ

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

$$b_p = 380 \text{ mm}$$

$$l = l_x = 70 \text{ mm}$$

$$m_x = 50 - \sqrt{2} \cdot 0,8 \cdot 5 = 44 \text{ mm}$$

ÚČINNÉ DÉLKY PRO ČELNÍ DESKU

KRUHOVÉ PORUŠENÍ - $l_{ef,k,cp}$

$$l_{ef,k,cp} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot m_x \\ \pi \cdot m_x + w \\ \pi \cdot m_x + 2e \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot 44 \\ \pi \cdot 44 + 120 \\ \pi \cdot 44 + 2 \cdot 70 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 276,5 \\ 258 \\ 278 \end{array} \right\}$$

$$l_{ef,k,cp} = 258 \text{ mm}$$

NEKRUHOVÉ PORUŠENÍ - $l_{ef,k,nc}$

$$l_{ef,k,nc} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4m_x + 1,25 \cdot l_x \\ l + 2m_x + 0,625 \cdot l_x \\ 0,5 b_p \\ 0,5 w + 2m_x + 0,625 \cdot l_x \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4 \cdot 44 + 1,25 \cdot 70 \\ 70 + 2 \cdot 44 + 0,625 \cdot 70 \\ 0,5 \cdot 380 \\ 0,5 \cdot 120 + 2 \cdot 44 + 0,625 \cdot 70 \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 263,5 \\ 201,75 \\ 190 \\ 191,75 \end{array} \right\} = 190 \text{ mm}$$

$$l_{ef,k,nc} = 190 \text{ mm}$$

1. ZPŮSOB: $l_{ef,k,1} = l_{ef,k,nc} = 190 \text{ mm} \leq l_{ef,k,cp}$

$l_{ef,k,1} = 190 \text{ mm} \leq 258 \text{ mm}$ VYHOVUJE

2. ZPŮSOB: $l_{ef,k,2} = l_{ef,k,nc} = 190 \text{ mm}$ VYHOVUJE

$$M_{pe,1,2,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff,1,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

$$M_{pe,1,2,Rd} = 0,25 \cdot 0,19 \cdot 0,02^2 \cdot 355 \cdot 10^6 / 1,0 = 6,745 \text{ kNm}$$

NAVRHOVA' ÚNOSNOST $F_{t,Rd}$ PA'SNICE

NA'HRADNÍHO T PROFILU

1. ZPŮSOB: bez přiložek (uplná plastifikace pa'snice)

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pe,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 6,745 \cdot 10^3}{0,044} = 613,2 \text{ kN}$$

2. ZPŮSOB (porušení šroubu s plastifikací pa'snice)

$$F_{t,2,Rd} = \frac{2M_{pe,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 6,745 \cdot 10^3 + 0,055 \cdot 2 \cdot 203,3 \cdot 10^3}{0,044 + 0,055}$$

$$n = l_{min} \leq 1,25 \cdot m$$

$$n = 70 \text{ mm} \leq 1,25 \cdot 44 = 55 \quad \times$$

$$n = 55 \text{ mm}$$

$$F_{t,2,Rd} = 362,15 \text{ kN}$$

3. ZPŮSOB (porušení šroubu)

$$F_{t,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 203,3 \cdot 10^3 = 406,6 \text{ kN}$$

$$\min F_{t,Rd} = \min \begin{Bmatrix} 613,2 \\ 362,15 \\ 406,6 \end{Bmatrix} = \underline{362,15 \text{ kN}}$$

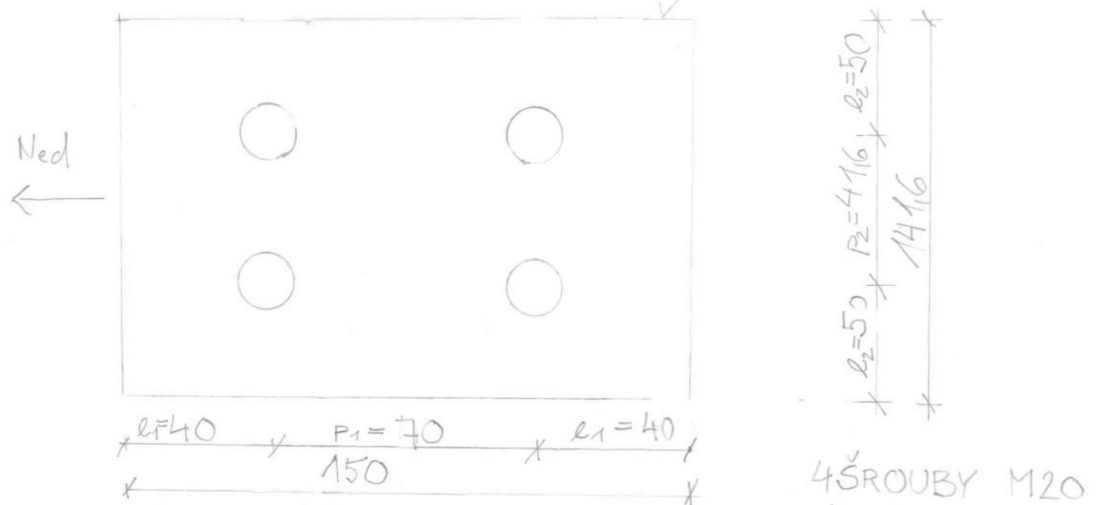
$$F_{t,Rd} \geq 362,15 \text{ kN} \geq \frac{F_{t,ed}}{3} = \frac{1055,44}{3} = 351,8 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

NAVRHNI 8 ŠROUBŮ M 24 8.8

1.3. NAPOJENÍ DIAGONÁLY

- NA SPODNÍ PAŘS PŘES STYENÍKOVOU DESKU
PL 20. 150 x 141,6



$$N_{ed} = 167,40 \text{ kN}$$

4 ŠROUBY M20
TŘÍDY 5.6

1.3.a ÚNOSNOST V MÍSTĚ OSLABENÍ

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1952 \cdot 10^{-6} \cdot 490 \cdot 10^6}{1,25} = 688,66 \text{ kN}$$

$$A_{net} = 20 \cdot 141,6 - 2 \cdot 20 \cdot 22 = 1952 \text{ mm}^2 = 1952 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$N_{u,Rd} = 688,66 \text{ kN} \geq N_{ed} = 167,4 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

1.3.b ÚNOSNOST NA SMYK

1 střižná plocha 4 ŠROUBY M20 TŘÍDY 5.6

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa} \quad f_{yb} = 300 \text{ MPa} \quad A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha \cdot A_s \cdot f_{yb}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 245 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 10^6}{1,25} = 58,8 \text{ kN}$$

$$\text{pro 4 šrouby: } 4 \cdot F_{v,Rd} = 4 \cdot 58,8 = 235,2 \text{ kN} \geq N_{ed} = 167,4 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

1.3.c ÚNOSNOST V OTLAČENÍ

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

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

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

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

součinitel α_b :

$$\alpha_b = \min \left\{ \alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \{ 0,61; 1,02; 1 \} = 0,61$$

pro šrouby na konci: $\alpha_d = \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{40}{3 \cdot 22} = 0,61$

pro vnitřní šrouby: $\alpha_d = \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{70}{3 \cdot 22} - \frac{1}{4} = 0,81$

$$\alpha_d = \min \{ 0,61; 0,81 \} = 0,61$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{490} = 1,02$$

součinitel k_1 :

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

$$2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{50}{22} - 1,7 = 4,66$$

$$1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7 = 1,4 \frac{41,6}{22} - 1,7 = 0,95$$

$$k_1 = \min \{ 4,66; 2,5; 0,95 \} = 0,95$$

$$F_{b,Rd} = \frac{0,95 \cdot 0,61 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 490 \cdot 10^6}{1,25} = 90,87 \text{ kN}$$

pro 4 šrouby $4 \cdot F_{b,Rd} = 4 \cdot 90,87 = 363,48 \text{ kN} \geq N_{ed} = 114,26 \text{ kN}$

VYHOVUJE

NAVRHUJI 4 ŠROUBY M20 TŘÍDY 5.6

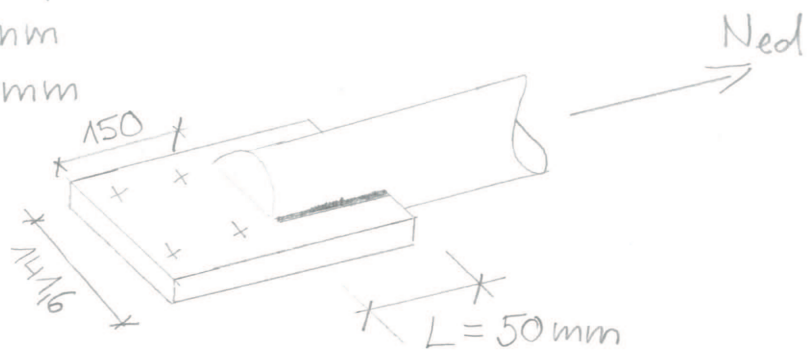
NAVRHUJI STYČNÍKOVOU DESKU OCELI S355

1.3. NÁVRH SVARU - PŘIPOJENÍ DIAGONÁLY NA STYČNÍKOVÝ PLECH

$$N_{ed} = 167,4 \text{ kN}$$

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

$$L = 50 \text{ mm}$$



$n = 4$... celkem 4 svary

$$A_w = n \cdot a_w \cdot L = 4 \cdot 4 \cdot 50 = 800 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\parallel} = \sigma = \frac{N}{A_w} = \frac{167,4 \cdot 10^3}{800 \cdot 10^{-6}} = 209,25 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

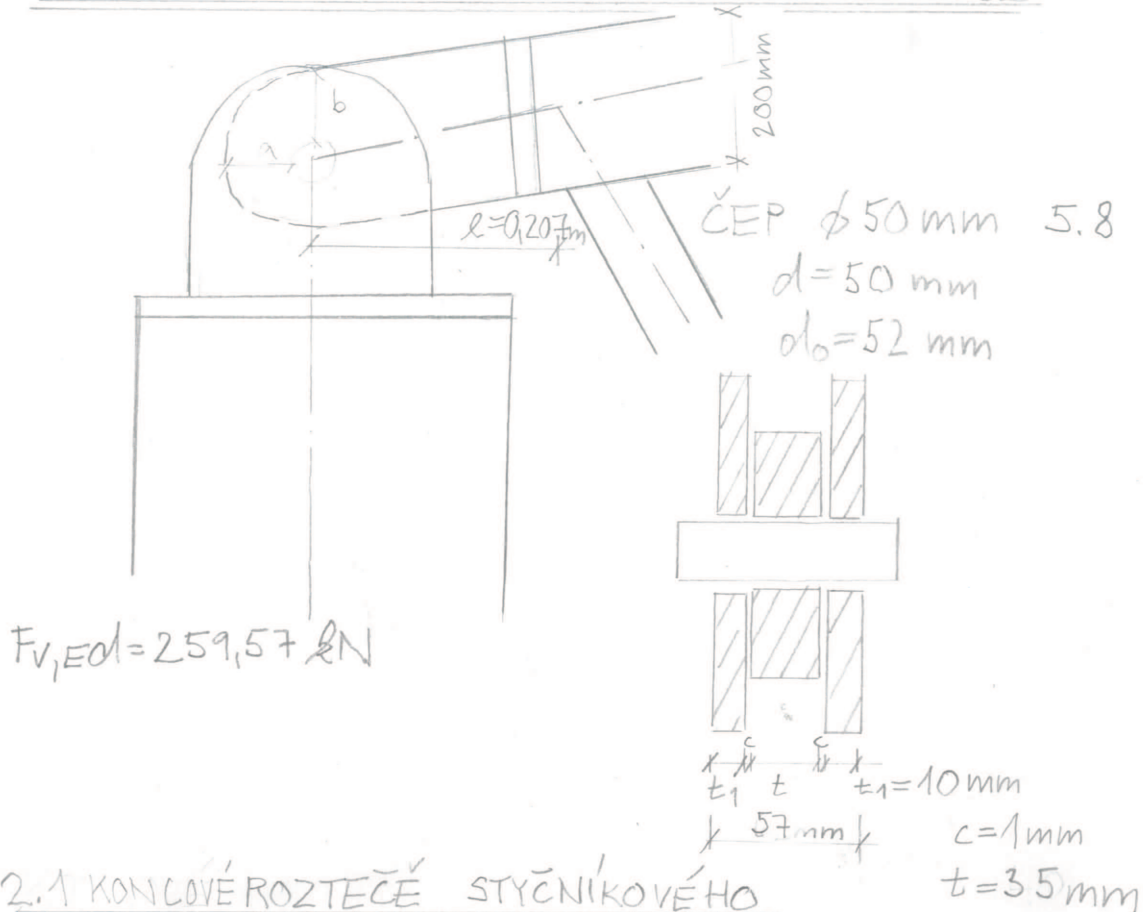
$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 209,25^2)} = 362,43 \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

NAVHRUJI SVAR O ÚČINNÉ TLOUŠŤCE

$$\underline{\underline{a_w = 4 \text{ mm.}}}$$

2. DETAIL - PŘÍPOJENÍ HORNÍHO PAŘSU NA SLOUP POMOCÍ ČEPOVÉHO SPOJE



$$F_{V,Ed} = 259,57 \text{ kN}$$

2.1 KONCOVÉ ROZTEČE STYČNÍKOVÉHO PLECHU ČEPU

$$a \geq \frac{F_{V,Ed} \cdot s_{m0}}{2 \cdot t \cdot k_{ty}} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{259,57 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,035 \cdot 355 \cdot 10^6} + \frac{2 \cdot 0,052}{3} =$$

$$a \geq 0,0104 + 0,035 = 0,0454 \text{ m} = 45,4 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm} \geq 45,4 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$b \geq \frac{F_{V,Ed} \cdot s_{m0}}{2 \cdot t \cdot k_{ty}} + \frac{d_0}{3} = \frac{259,57 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,04 \cdot 355 \cdot 10^6} + \frac{0,052}{3} =$$

$$b \geq 0,0104 + 0,017 = 0,027 \text{ m} = 27 \text{ mm}$$

$$b = 75 \text{ mm} \geq 27 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2.2 NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST ČEPU VE SMYKU

2 střižové roviny

$$F_{V,Rd} = 2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{up} / s_{m2} = 2 \cdot 0,6 \cdot \pi \cdot \frac{0,05^2}{4} \cdot 500 \cdot 10^6 / 1,25$$

$$F_{V,Rd} = 942,47 \text{ kN} \geq F_{V,Ed} = 259,57 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

2.3. NAVRHOVÝ MOMENT ÚNOSNOSTI ČEPU

$$M_{red} = 0,8 \cdot W_{el} \cdot f_{up} / \gamma_{M2} = 0,8 \cdot \frac{\pi \cdot d^3 \cdot f_{up}}{32 \cdot \gamma_{M2}}$$

$$M_{red} = 0,8 \cdot \frac{\pi \cdot 0,05^3 \cdot 500 \cdot 10^6}{32 \cdot 1,25} = 3927 \text{ kNm}$$

PŮSOBÍCÍ MOMENT

$$M_{Ed} = \frac{F_{V,Ed}}{8} \cdot (t + 4c + 2t_1) = \frac{259,57 \cdot 10^3}{8} \cdot (0,035 + 4 \cdot 0,001 + 0,01 \cdot 2)$$

$$= 1914,33 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{red}} = \frac{1914,33}{3927} = 0,49 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

KOMBINACE OHYBU A SMYKU

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{red}} \right]^2 + \left[\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} \right]^2 = \left[\frac{1914,33}{3927} \right]^2 + \left[\frac{259,57}{742,47} \right]^2 \leq 1$$

$$0,33 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

2.4. OTLAČENÍ DESKY A ČEPU

$$F_{B,Rd} = \frac{1,5 \cdot d \cdot t \cdot f_{ty}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 0,05 \cdot 0,02 \cdot 355}{1,0} = 532,5 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{B,Rd}} = \frac{259,57}{532,5} = 0,49 \leq 1$$

VYHOVUJE

2.5. PŘÍDAVNÝ MOMENT VLIVEM EXCENTRICKÉHO MOMENTU

$$N_{Ed} = F_{V,Ed} \cdot l = 259,57 \text{ kN} \quad l = 0,207 \text{ m}$$

$$M_{Ed} = F_{V,Ed} \cdot l = 259,57 \cdot 0,207 = 53,73 \text{ kNm}$$

$$W_{el,ty} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,035 \cdot 0,2^2 = 2,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$M_{red} = W_{el,ty} \cdot f_{ty} / \gamma_{M0} = 2,33 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 / 1,0 = 82,72 \text{ kNm}$$

$$N_{Rd} = A \cdot f_{ty} / \gamma_{M0} = 0,035 \cdot 0,2 \cdot 355 \cdot 10^6 = 2485 \text{ kN}$$

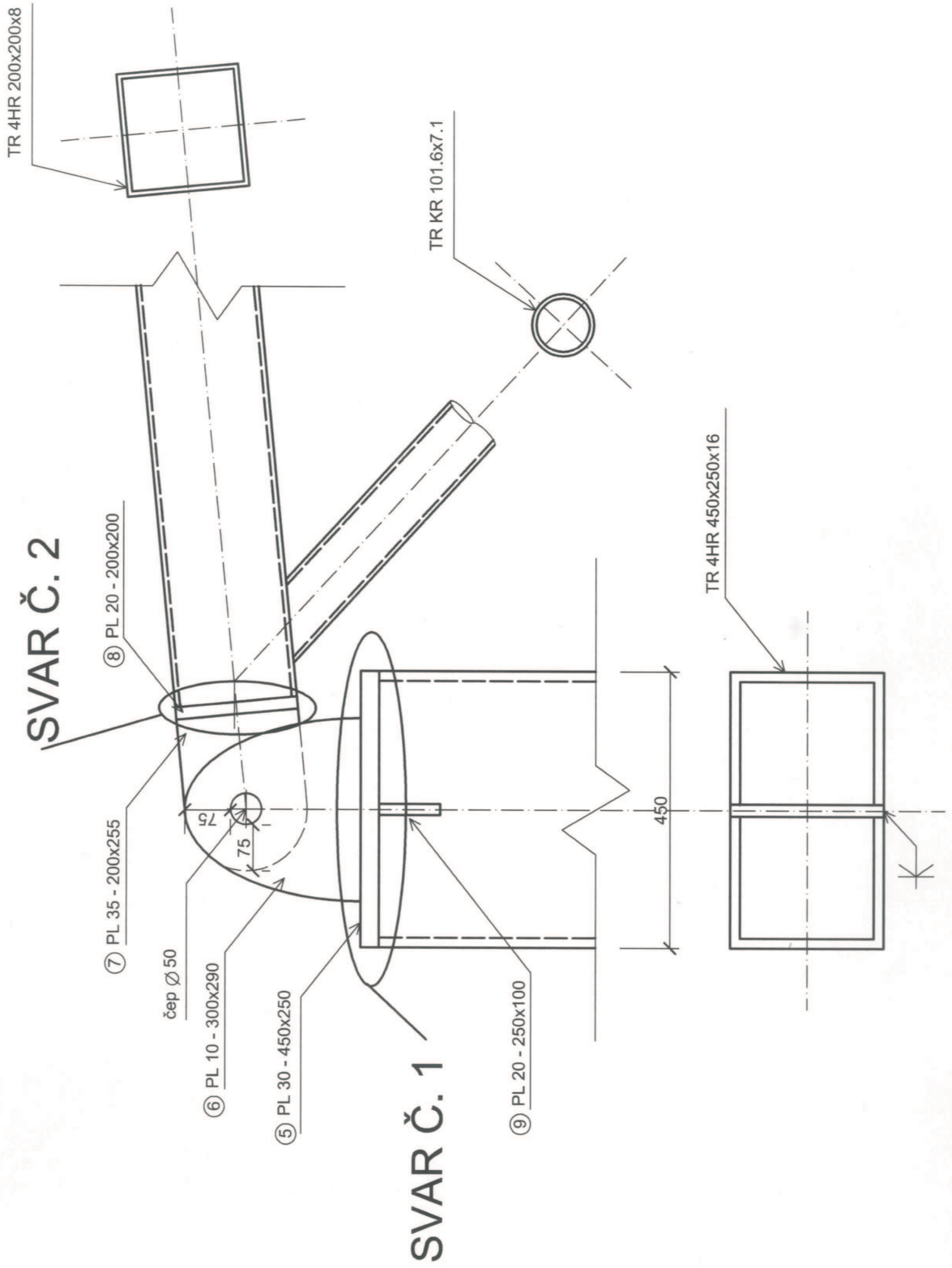
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{red}} = \frac{259,57}{2485} + \frac{53,73}{82,72} \leq 1$$

$$0,75 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

NAVRHUJI ČEP Ø 50mm JAKOSTI 5.8 str. 13

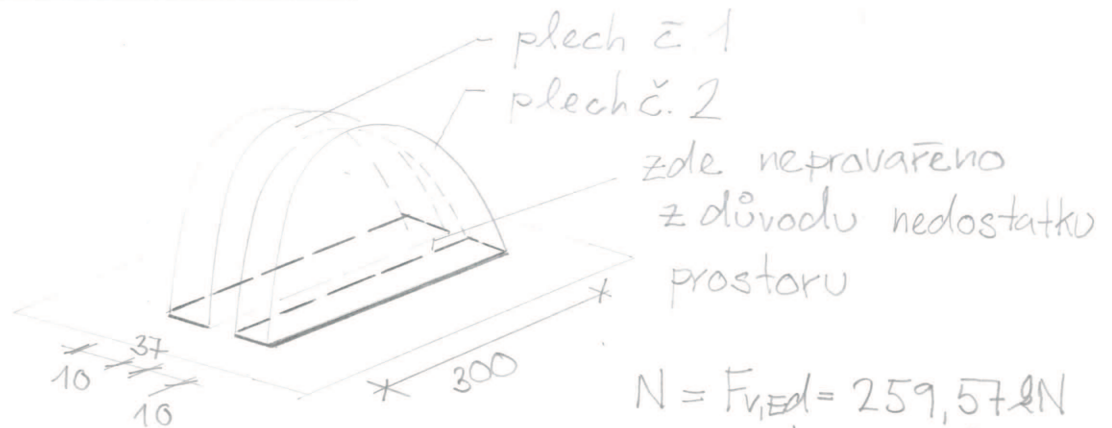


DETAIL - SVAR Č.1 - připojení plechu na sloup
SVAR Č.2 - připojení plechu na horní pás



DETAILY U ČEPU

2.6 SVAR Č. 1



$$N = F_{v,Ed} = 259,57 \text{ kN}$$

$$l = 2 \cdot (300 + 10 + 10) + 300 = 940 \text{ mm}$$

NAVRH $a_w = 4 \text{ mm}$

$$A = l \cdot a_w = 940 \cdot 4 = 3760 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_N = \frac{N}{A} = \frac{259,57 \cdot 10^3}{3760 \cdot 10^{-6}} = 69,03 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sin 45^\circ \cdot \sigma_N = 0,707 \cdot 69,03 = 48,8 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{48,8^2 + 3 \cdot (48,8^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$97,6 \text{ MPa} \leq 453,33 \text{ MPa}$$

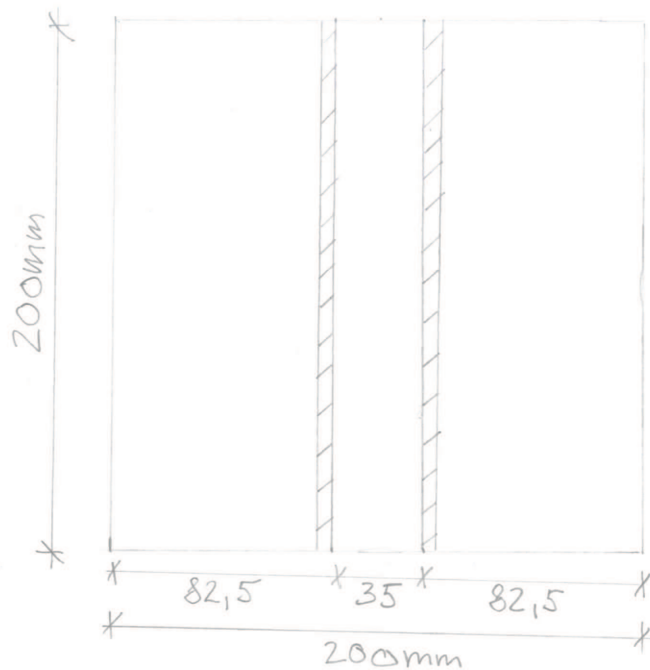
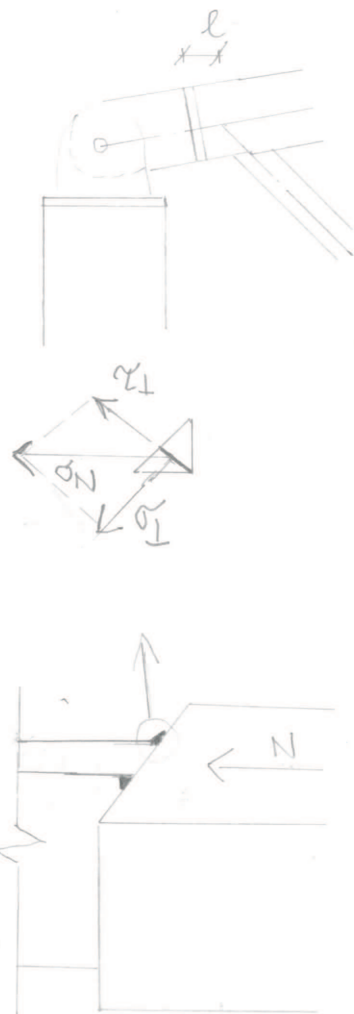
VYHOVUJE

NAVRHUJI SVAR O ÚČINNÉ TLOUŠŤCE

$a_w = 4 \text{ mm}$

2.7 SVAR Č.2

NAVRH: $a_w = 8\text{mm}$



$$N = 259,57 \text{ kN}$$

$$e = 0,053 \text{ m}$$

$$M = N \cdot e$$

$$M = 259,57 \cdot 0,053$$

$$M = 13,76 \text{ kNm}$$

VÝPOČET NAPĚTÍ: a) OD NORMÁLOVÉ SÍLY

$$A = 2 \cdot 8 \cdot 200 = 3200 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_N = \frac{N}{A} = \frac{259,57 \cdot 10^3}{3200 \cdot 10^{-6}} = 81,11 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sin 45^\circ \cdot \sigma_N = 81,11 \cdot 0,707 = 57,35 \text{ MPa}$$

b) OD OHYBVÉHO MOMENTU

$$W = 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 0,008 \cdot 0,2^2 = 10,66 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$\sigma_M = \frac{M}{W} = \frac{13,76 \cdot 10^3}{10,66 \cdot 10^{-5}} = 129,08 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sin 45^\circ \cdot \sigma_M = 0,707 \cdot 129,08 = 91,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\perp, N} + \sigma_{\perp, M} = 57,35 + 91,26 = 148,61 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \tau_{\perp, N} + \tau_{\perp, M} = 57,35 + 91,26 = 148,61 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{R_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{148,61^2 + 3 \cdot 148,61^2} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

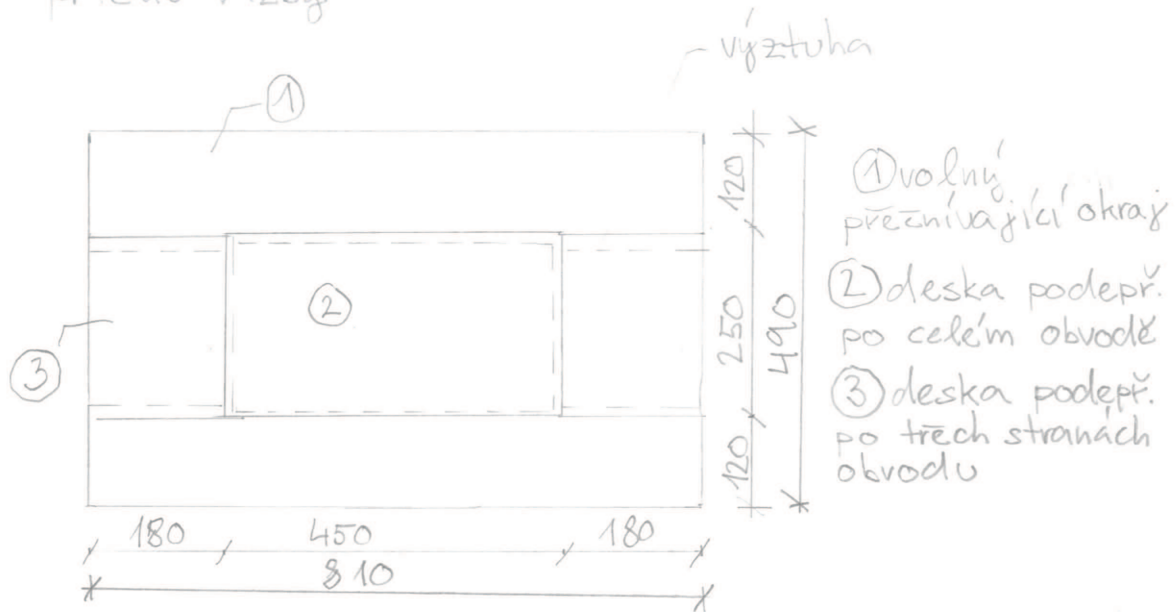
$$297,22 \leq 453,33 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

NAVRHUJI SVAR O TLOUSTICE $a_w = 8\text{mm}$ str. 16

3. PATKA A KOTVENÍ SLOUPU

patka uvažována jako vetknutá v směru příčné vazby



KOMBINACE: K1 - max $R_z \rightarrow$ odpov. M_{xy}

$$R_z = 365,21 \text{ kN} \rightarrow M_{xy} = -206,07 \text{ kN}$$

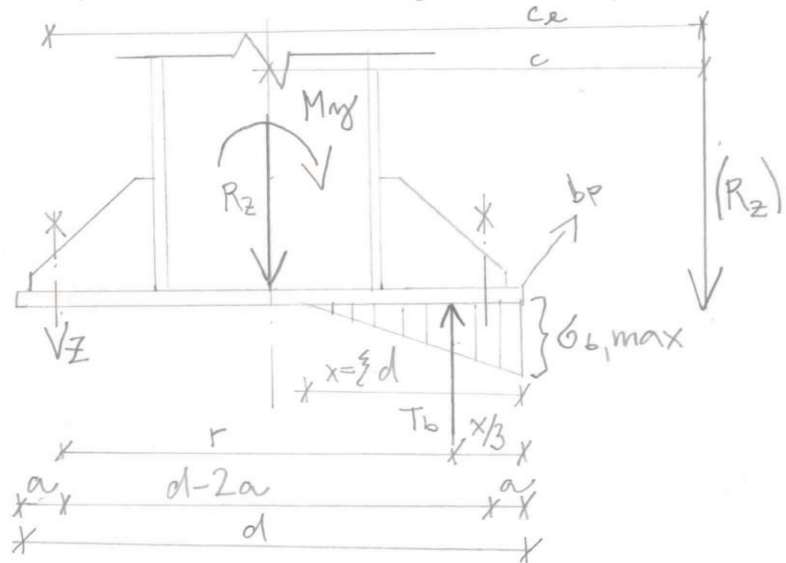
K2 - min $R_z \rightarrow$ odpov. M_{xy}

(zároveň kombinace s největším poměrem M_{xy}/R_z)

$$R_z = 7,89 \text{ kN} \rightarrow M_{xy} = -81,42 \text{ kN}$$

K3 - max $M_{xy} \rightarrow$ odpov. R_z

$$R_z = 73,49 \text{ kN} \rightarrow M_{xy} = -209,83$$



$$b_p = 490 \text{ mm}$$

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

$$d = 810 \text{ mm}$$

VÝPOČET PRO K1:

$$c = \frac{M}{R_z} = \frac{206,07}{365,21} = 0,564 \text{ m}$$

$$\frac{c}{d} = \frac{0,564}{0,81} = 0,7 \Rightarrow \xi = 0,333 \text{ (odčteno z grafu)}$$

$$x = \xi \cdot d = 0,333 \cdot 0,81 = 0,27 \text{ m}$$

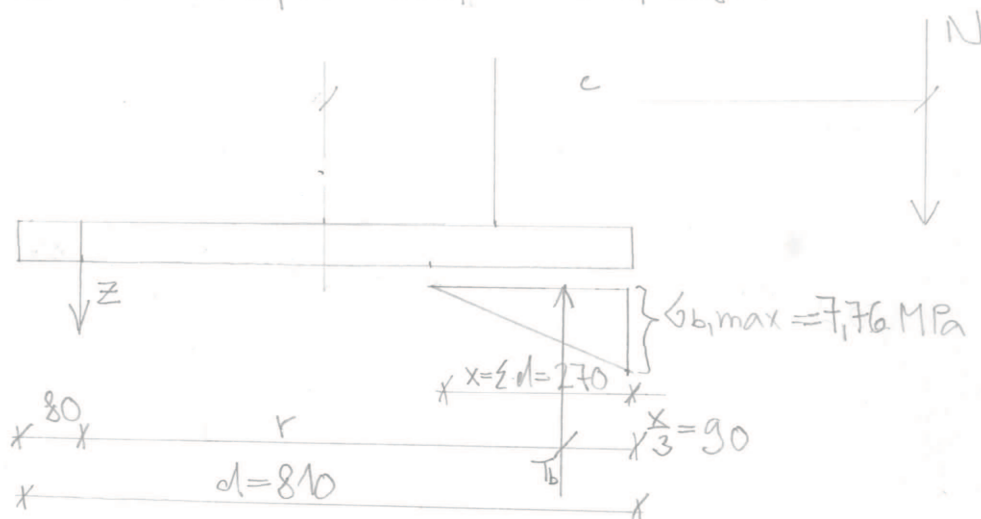
$$r = d - a - \frac{x}{3} = 0,81 - 0,08 - 0,09 = 0,64 \text{ m}$$

$$c_0 = c + \frac{d}{2} - a = 0,564 + \frac{0,81}{2} - 0,08 = 0,89 \text{ m}$$

$$T_b = \frac{R_z c_0}{r} = \frac{365,21 \cdot 10^3 \cdot 0,89}{0,64} = 506,73$$

$$\sigma_{b, \max} = \frac{2 \cdot T_b}{x \cdot b_p} = \frac{2 \cdot 506,73 \cdot 10^3}{0,27 \cdot 0,49} = \underline{\underline{7,76 \text{ MPa}}}$$

$$z = T_b - R_z = 506,73 - 365,21 = 141,52 \text{ kN}$$



síla na jeden šroub: $z_{1, \max} = \frac{1}{2} \cdot z \cdot 1,2$

$$z_{1, \max} = \frac{1}{2} \cdot 141,52 \cdot 1,2 = \underline{\underline{84,92 \text{ kN}}}$$

VÝPOČET PRO K2:

$$c = \frac{M}{R_z} = \frac{81,42}{7,89} = 10,32 \text{ m}$$

$$\frac{c}{d} = \frac{10,32}{0,81} = 12,74 \Rightarrow \xi = 0,333$$

$$x = \xi \cdot d = 0,333 \cdot 0,81 = 0,27 \text{ m}$$

$$r = d - a - \frac{x}{3} = 0,81 - 0,08 - \frac{0,27}{3} = 0,64 \text{ m}$$

$$c_0 = c + \frac{d}{2} - a = 10,32 + \frac{0,81}{2} - 0,08 = 10,65 \text{ m}$$

$$T_b = \frac{R_z \cdot c_0}{r} = \frac{7,89 \cdot 10^3 \cdot 10,65}{0,64} = 131,3 \text{ kN}$$

$$\underline{\underline{\sigma_{b, \max}}} = \frac{2 \cdot T_b}{x \cdot b_p} = \frac{2 \cdot 131,3 \cdot 10^3}{0,27 \cdot 0,49} = \underline{\underline{1,985 \text{ MPa}}}$$

$$z = T_b - R_z = 131,3 - 7,89 = 123,41 \text{ kN}$$

$$\underline{\underline{z_{1, \max}}} = \frac{1}{2} \cdot z \cdot 1,2 = \frac{1}{2} \cdot 123,41 \cdot 10^3 \cdot 1,2 = \underline{\underline{74,046 \text{ kN}}}$$

VÝPOČET PRO K2:

$$c = \frac{M}{R_z} = \frac{209,83}{73,49} = 2,86$$

$$\frac{c}{d} = \frac{2,86}{0,81} = 3,52 \Rightarrow \xi = 0,333$$

$$x = \xi \cdot d = 0,333 \cdot 0,81 = 0,27 \text{ m}$$

$$r = d - a - \frac{x}{3} = 0,81 - 0,08 - \frac{0,27}{3} = 0,64 \text{ m}$$

$$c_0 = c + \frac{d}{2} - a = 2,86 + \frac{0,81}{2} - 0,08 = 3,18 \text{ m}$$

$$T_b = \frac{R_z \cdot c_0}{r} = \frac{73,49 \cdot 3,18}{0,64} = 364,67 \text{ kN}$$

$$\underline{\underline{\sigma_{b, \max}}} = \frac{2 \cdot T_b}{x \cdot b_p} = \frac{2 \cdot 364,67 \cdot 10^3}{0,27 \cdot 0,49} = \underline{\underline{5,56 \text{ MPa}}}$$

$$z = T_b - R_z = 364,67 - 73,49 = 291,18 \text{ kN}$$

$$\underline{\underline{z_{1, \max}}} = \frac{1}{2} \cdot z \cdot 1,2 = \frac{1}{2} \cdot 291,18 \cdot 1,2 = \underline{\underline{174,7 \text{ kN}}}$$

$$\sigma_{b,max} = \max \{ 7,76; 1,985; 5,56 \}$$

$$\sigma_{b,max} = 7,76 \text{ MPa}$$

$$z_{1,max} = \max \{ 84,92; 74,046; 174,7 \}$$

$$z_{1,max} = 174,7 \text{ kN}$$

3.1 NÁVRH KOTEVNÍCH ŠROUBŮ

4x M27 8.8

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 459 \cdot 10^{-6} \cdot 800 \cdot 10^6}{1,25}$$

$$A_s = 459 \text{ mm}^2$$

$$F_{t,Rd} = 264,38 \text{ kN} \geq z_{1,max} = 174,7 \text{ kN}$$

VÝHOVUJE

3.2 POSOUZENÍ NAPĚTÍ V BETONU

C 20/25

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

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

$$\sigma_{b,max} = 7,76 \text{ MPa} \leq f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$$

3.3 NÁVRH A POSOUZENÍ TLOUŠTKY PATNÍ DESKY

① $e = 0,12 \text{ m}$

$$d_{p1,min} = 1,73 \cdot e \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{b,max}}{\lambda_{fy}}} = 1,73 \cdot 0,12 \cdot \sqrt{\frac{7,76}{355}}$$

$$d_{p1,min} = 30,69 \text{ mm}$$

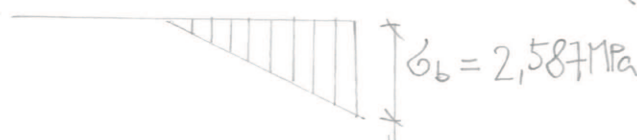
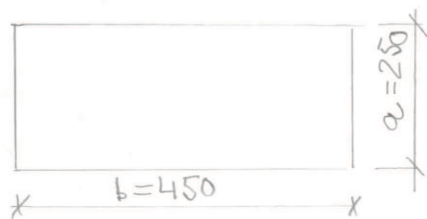
② DESKA PODEPŘENA PO CELEM OBVODĚ

$$h = \frac{b}{a} = \frac{450}{250} = 1,8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_1 = 0,094$$

$$\alpha_2 = 0,048$$

$$\alpha_3 = 0,748$$



$$d_{p2, \min} = \alpha_3 \cdot a \cdot \sqrt{\frac{\sigma_b}{f_{ty}}}$$

$$d_{p2, \min} = 0,748 \cdot 0,25 \cdot \sqrt{\frac{2,587}{355}} = 0,016 \text{ m}$$

$$d_{p2, \min} = 16 \text{ mm}$$

③ DESKA PODEPŘENA' PO TŘECH STRANÁCH OBVODU

$$m = \frac{b_1}{a} = \frac{180}{250} = 0,72$$

$$0,5 < m = 0,72 < 1,0 \quad \checkmark$$

$$d_{p3, \min} = \alpha_4 \cdot a \cdot \sqrt{\frac{\sigma_b}{f_{ty}}}$$

$$\alpha_4 = 0,726 + 0,2 \cdot 0,038 = 0,7336$$

$$d_{p3, \min} = 0,7336 \cdot 0,25 \cdot \sqrt{\frac{7,76}{355}} = 0,0271 \text{ m}$$

$$d_{p3, \min} = 27,1 \text{ mm}$$

$$d_{p \min} = \max \{ d_{p1, \min}; d_{p2, \min}; d_{p3, \min} \} = \max \{ 30,69; 16; 27,1 \} = 30,69 \text{ mm}$$

3.4. POSOUZENÍ PRŮŘEZU PATKY

návrh: $t = 35 \text{ mm}$

průřez s výztuhami

$$A = 2,21 \cdot 10^2 \text{ m}^2$$

$$I_{ty} = 5,139 \cdot 10^5 \text{ m}^4$$

$$W_{el,ty} = 3,2101 \cdot 10^4 \text{ m}^3$$

OHYBOVÝ MOMENT A POSOUVAJÍCÍ

SÍLA OD TLAKU V BETONU V ŘEZU A-A'

$$M_1 = \frac{\sigma_0 + \sigma_1}{2} \cdot d_1 \cdot \frac{d_1}{2} \cdot b_p$$

$$\sigma_0 = 7,76 \text{ MPa} \quad \sigma_1 = 2,587 \text{ MPa}$$

$$d_1 = 0,18 \quad b_p = 0,49$$

$$M_1 = \frac{776 \cdot 10^6 + 2,587 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,18 \cdot \frac{0,18}{2} \cdot 0,49$$

$$M_1 = 41,067 \text{ kNm}$$

$$T_1 = \frac{G_0 + G_1}{2} \cdot d \cdot b_p = \frac{776 \cdot 10^6 + 2,587 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,18 \cdot 0,49$$

$$T_1 = 456,302 \text{ kN}$$

OHYBOVÝ MOMENT A POSOUVAJÍCÍ SÍLA
OD TAHU V KOTEVNÍCH ŠROUBECH

$$M_1' = z \cdot r = 291,18 \cdot 0,09 = 26,2 \text{ kNm}$$

$$T_1' = z = 291,18 \text{ kN}$$

ROZHODUJÍCÍ SÍLY

$$M = \max(M_1; M_1') = \max(41,067; 26,2) = 41,067 \text{ kNm}$$

$$T = \max(T_1; T_1') = \max(456,302; 291,18) = 456,302 \text{ kN}$$

NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ

$$\sigma = \frac{M}{W_{el,y}} = \frac{41,067 \cdot 10^3}{3,2101 \cdot 10^4} = 127,93 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 127,93 \text{ MPa} \leq f_{ty} = 355 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

SMYKOVÉ NAPĚTÍ

$$A_v = 2 \cdot d \cdot (h - z) = 2 \cdot 15 \cdot (200 - 35) = 4950 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 4950 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{ty}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{mo}} = \frac{4950 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0}$$

$$V_{pl,Rd} = 1014,55 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{456,302}{1014,55} = 0,45 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

případ s tzv. malým smykem

3.5 POSUDEK - POSUN MEZI

PATNÍ DESKOU A PODKLADNÍ

VRSTVOU

rozhodující kombinace

$$R_x = -44,28 \text{ kN}$$

$$R_y = 80,19 \text{ kN}$$

$$R_z = 73,49 \text{ kN}$$

$$\sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(-44,28)^2 + 80,19^2} = 91,6 \text{ kN} = R'$$

$$F_z = \mu \cdot R_z = 0,2 \cdot 73,49 = 14,7 \text{ kN}$$

μ ... součinitel smykového tření

$$\mu = 0,2 \text{ (ocel x beton)}$$

$$F_z = 14,7 \text{ kN} \neq R' = 91,6 \text{ kN} \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

· pouze třecí síla nepřehes reakci \Rightarrow

\Rightarrow přenos 4 šrouby M27 8.8

PRO 1 ŠROUB VE STRŽHU

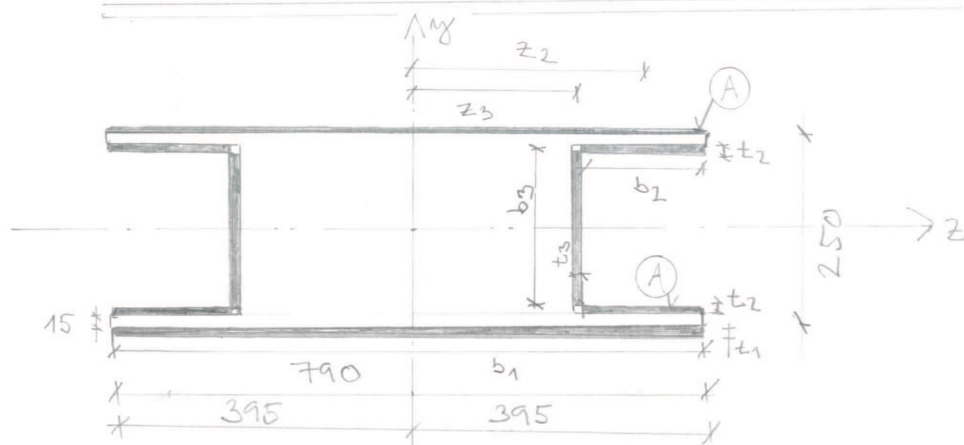
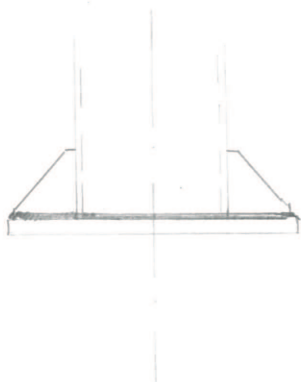
$$F_{v,rd} = \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 459 \cdot 10^6 \cdot 800 \cdot 10^6}{1,25}$$

$$F_{v,rd} = 176,256 \text{ kN}$$

$$\text{pro 4 šrouby} - \underline{4 F_{v,rd} = 705,024 \text{ kN} \geq R' = 91,6 \text{ kN}}$$

reakci přenesou šrouby

3.6 NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU MEZI SLOUPEM A PATNÍ DESKOU



$$t_1 = t_2 = t_3 = 4 \text{ mm} \quad z_2 = 312 \text{ mm} \quad z_3 = 227 \text{ mm}$$

$$b_1 = 790 \text{ mm} \quad b_2 = 166 \text{ mm} \quad b_3 = 212 \text{ mm}$$

$$A = 2 \cdot b_1 \cdot t_1 + 4 \cdot t_2 \cdot b_2 + 2 \cdot b_3 \cdot t_3 = 10'816 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} I_{yy} &= \frac{1}{12} \cdot t_1 \cdot b_1^3 + 4 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot t_2 \cdot b_2^3 + b_2 \cdot t_2 \cdot z_2^2 \right) \\ &\quad + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b_3 \cdot t_3^3 + b_3 \cdot t_3 \cdot z_3^2 \right) = \\ &= \frac{1}{12} \cdot 4 \cdot 790^3 + 4 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 4 \cdot 166^3 + 4 \cdot 166 \cdot 312^2 \right) \\ &\quad + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 212 \cdot 4^3 + 4 \cdot 212 \cdot 227^2 \right) = \\ &= 164,346 \cdot 10^6 + 264,64 \cdot 10^6 + 87,4 \cdot 10^6 = \\ &= 516,386 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 = 516,386 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$W_{yy} = \frac{I_{yy}}{z} = \frac{516,386 \cdot 10^{-6}}{0,395} = 13,07 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

vnitřní síly: $M_{ed} = 206,07 \text{ kNm}$

$N_{ed} = 364,24 \text{ kN}$

$V_{z,ed} = 43,85 \text{ kN}$

- napětí od normálové síly $\sigma_N = \frac{N_{ed}}{A}$

$$\sigma_N = \frac{364,24 \cdot 10^3}{10'816 \cdot 10^{-6}} = 33,676 \text{ MPa}$$

- napětí od posouvající síly $\sigma_V = \frac{V_{ed}}{A}$

$$\sigma_V = \frac{43,85 \cdot 10^3}{10'816 \cdot 10^{-6}} = 4,05 \text{ MPa}$$

- napětí od ohybového momentu $\sigma_M = \frac{M_{ed}}{W_{yy}}$

$$\sigma_M = \frac{206,07 \cdot 10^3}{13,07 \cdot 10^{-4}} = 157,67 \text{ MPa}$$

3.6.a POSUDEK - SVAR - BOD A:

od N: $\tau_{\perp, N} = \sigma_{\perp, N} = \sin 45^\circ \cdot \sigma_N = 0,707 \cdot 33,676$
 $\tau_{\perp, N} = \sigma_{\perp, N} = 23,81 \text{ MPa}$

od V: $\sigma_v = \tau_{\parallel, V} = 4,05 \text{ MPa}$

od M: $\tau_{\perp, M} = \sigma_{\perp, M} = \sin 45^\circ \cdot \sigma_M = 0,707 \cdot 157,67$
 $\tau_{\perp, M} = \sigma_{\perp, M} = 111,47 \text{ MPa}$

$$\tau_{\perp} = \tau_{\perp, N} + \tau_{\perp, M} = 23,81 \text{ MPa} + 111,47 \text{ MPa} = 135,28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\perp, N} + \sigma_{\perp, M} = 23,81 \text{ MPa} + 111,47 \text{ MPa} = 135,28 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \tau_{\parallel, V} = 4,05 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{R_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{135,28^2 + 3 \cdot (135,28^2 + 4,05^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$270,65 \text{ MPa} \leq 453,33 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

3.6.b POSUDEK - SVAR - BOD B:

od N - stejně jako BOD A $\tau_{\perp, N} = \sigma_{\perp, N} = 23,81 \text{ MPa}$

od V: $\tau_{\perp, V} = \sigma_{\perp, V} = \sin 45^\circ \cdot \sigma_v = 0,707 \cdot 4,05 \text{ MPa} = 2,86 \text{ MPa}$

od M: $\tau_{\perp, M} = \sigma_{\perp, M} = \sin 45^\circ \cdot \sigma_M = 0,707 \cdot 157,67 =$
 $= 111,47 \text{ MPa}$

$$\tau_{\perp} = \tau_{\perp, N} - \tau_{\perp, V} + \tau_{\perp, M} = 23,81 - 2,86 + 111,47 = 132,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{\perp, N} + \sigma_{\perp, V} + \sigma_{\perp, M} = 23,81 + 2,86 + 111,47 = 138,14 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{R_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{138,14^2 + 3 \cdot (132,42^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$267 \text{ MPa} \leq 453,33 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

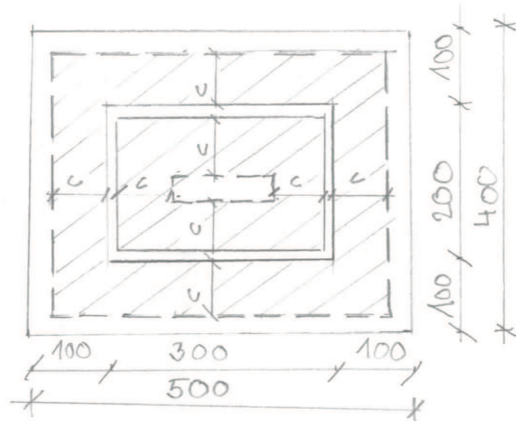
NAVRHUJI SVAR O ÚČINNÉ TLOUŠŤCE

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

37 KLOUBOVÁ PATKA

- sloupky ve štítové stěně jsou ve statickém modelu uvažovány jako kloubově uložené v obou směrech.

$$N_{ed} = -104,47 \text{ kN}$$



návrhová pevnost betonu ve spáře

$$f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd}$$

$$\beta_j = \frac{2}{3} \text{ (pevnost malty } f_{md} \geq 0,2 f_{cd})$$

k_j ... součinitel koncentrace napětí

uvažují konzervativní hodnotu $k_j = 1,0$

BETON C 20/25

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

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

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \cdot 1,0 \cdot 13,33 \cdot 10^6 = 8,89 \text{ MPa}$$

- efektivní plocha dána přibližně obrysem účinné konzoly patního plechu

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{k_j}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{no}}} = 0,02 \cdot \sqrt{\frac{355 \cdot 10^6}{3 \cdot 8,89 \cdot 10^6 \cdot 1,0}} = 0,073 \text{ m}$$

$$= 73 \text{ mm}$$

efektivní plocha A_{eff}

$$A_{eff} = (300 + 2 \cdot 73) \cdot (200 + 2 \cdot 73)$$

$$- (300 - 2 \cdot 16 - 2 \cdot 73) \cdot (200 - 16 \cdot 2 - 2 \cdot 73)$$

$$A_{eff} = 154'316 - 2'684 = 151'632 \text{ mm}^2$$

$$\underline{\underline{\sigma_c = \frac{N_{ed}}{A_{ef}} = \frac{104,47 \cdot 10^3}{151632 \cdot 10^{-6}} = 0,689 \text{ MPa}}}$$

$$\sigma_c = 0,689 \text{ MPa} \leq f_{jd} = 8,89 \text{ MPa}$$

3.7a POSUDEK - POSUN MEZI PATNÍ DESKOU A PODKLADNÍ VRSTVOU

rozhodující kombinace

$$R_x = -0,61 \text{ kN} \quad R_y = 42,9 \text{ kN}$$

$$R' = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{0,61^2 + 42,9^2} = 42,9 \text{ kN}$$

$$R_z = 65,91 \text{ kN}$$

$$F_t = \sigma_w R_z = 0,2 \cdot 65,91 = 13,182 \text{ kN}$$

$$F_t = 13,182 \text{ kN} \neq R' = 42,9 \text{ kN} \quad \text{NEVYHOVUJE} \Rightarrow$$

\Rightarrow přenos šrouby - navrh - $2 \times M20$ 5.6

dle ČSN EN 1993-1-8, článek 6.2.8.1 (5)

PRO 1 ŠROUB VE STRÍHU

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 245 \cdot 10^{-6} \cdot 500 \cdot 10^6}{1,25}$$

$$A_s = 245 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rd} = 58,8 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = 0,6$$

$$\text{pro šrouby - } 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 58,8 \cdot 10^3 = 117,6 \text{ kN} \geq R' = 42,9 \text{ kN}$$

reakci přenesou šrouby

VYHOVUJE

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

f_{kg}	mez kluzu
f_u	mez pevnosti
E	modul pružnosti v tahu a tlaku
G	modul pružnosti ve smyku
γ_s	objemová hmotnost
γ_{s0}	součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{s1}	součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{s2}	součinitel spolehlivosti materiálu
S	charakteristická hodnota zatížení sněhem
S_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi
$c_{w,i}$	tvarový součinitel zatížení sněhem
c_e	součinitel expozice
c_t	tepelný součinitel
V_b	základní rychlost větru
V_{b0}	výchozí základní rychlost větru
C_{dir}	součinitel směru větru
C_{season}	součinitel ročního období
$C_r(z)$	součinitel drsnosti terénu
$C_o(z)$	součinitel ortografie
z	výška nad zemí
z_{min}	minimální výška
z_0	parametr drsnosti terénu
V_m	střední rychlost větru
ρ	měrná hmotnost vzduchu
q_b	základní dynamický tlak větru
$q_p(z)$	maximální dynamický tlak větru
$I_v(z)$	intenzita turbulence
c_{pe}	součinitel vnějšího tlaku
W_e	tlak větru na vnější povrch
$C_{pe,10}$	součinitel tlaku větru
h	výška prvku
b	šířka prvku

A	průřezová plocha
I_y	moment setrvačnosti průřezu k ose y
I_z	moment setrvačnosti průřezu k ose z
I_t	moment tuhosti v prostém kroucení
I_w	výseřový moment setrvačnosti
$W_{el,y}$	elastický modul průřezu k ose y
$W_{el,z}$	elastický modul průřezu k ose z
$W_{pl,y}$	plastický modul průřezu k ose y
$W_{pl,z}$	plastický modul průřezu k ose z
N_{ed}	návrhová normálová síla
V_{ed}	návrhová posouvající síla
M_{ed}	návrhový ohybový moment
t_w	tloušťka stojiny
t_f	tloušťka pásnice
α	součinitel
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v prostém tlaku
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
$M_{pl,Rd}$	návrhová plastická únosnost v ohybu
$M_{el,Rd}$	návrhová elastická únosnost v ohybu
A_v	smyková plocha
$V_{pl,Rd}$	plastická smyková únosnost
r	poloměr zaoblení
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y
i_z	poloměr setrvačnosti k ose z
λ_y	poměrná štíhlost k ose y
λ_z	poměrná štíhlost k ose z
λ_{LT}	poměrná štíhlost při klopení
ϕ	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti
λ_T	poměrná štíhlost pro vzpěr z kroucením a prostorový vzpěr
χ_y	součinitel vzpěru k ose y
χ_z	součinitel vzpěru k ose z
χ_T	součinitel pro vzpěr z kroucením a prostorový vzpěr

X_{LT}	součinitel klopení
$N_{b,Rd}$	návrhová vzpěrná únosnost tlačného prutu
C_1	součinitel
C_2	součinitel
C_3	součinitel
K_w	součinitel vzpěrné délky
π	Ludolfovo číslo
K_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
z_g	souřadnice působisté zatížení vzhledem ke středu smyku
K_z	součinitel vzpěrné délky
ξ_g	bezrozměrný parametr působisté zatížení vzhledem ke středu smyku
M_{cr}	bezrozměrný kritický moment
M_{cr}	průžný kritický moment
K_{xy}	součinitel interakce
K_{zy}	součinitel interakce
K_{yz}	součinitel interakce
K_{zz}	součinitel interakce
C_{my}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{mz}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{mLT}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
f_{max}	největší průhyb vtažený k příince spojující podpory
f_0	nadvýšení nosníku v nezatíženém stavu
f_1	průhyb nosníku od stálých zatížení bezprostředně po zatížení - stav (1)
f_2	součet průhybů nosníku od proměnných zatížení a časový nárůst průhybu od stálých zatížení - stav (2)

$L_{CR,y}$	vzperná délka kolmo k ose y
$L_{CR,z}$	vzperná délka kolmo k ose z
ϵ	součinil závisující na ξ
t	tloušťka prvu
d	průměr prvu
λ_w	poměr překrytí v procentech
a_w	účinná výška svaru
l_w	délka svaru
σ	normálové napětí
τ	smykové napětí
A_w	plocha svaru
f_{ub}	mez pevnosti materiálu šroubu
f_{yb}	mez kluzu materiálu šroubu
l_{eff}	efektivní délka
A_{net}	průřezová plocha v místě oslabení
l_1	vzdálenost šroubů od okraje
p_1	vzdálenost mezi šrouby
l_2	vzdálenost šroubů od okraje
p_2	vzdálenost mezi šrouby
A_s	plocha šroubu
n	počet stříhových rovin
β_w	korelační součinitel
σ_{\perp}	normálové napětí kolmé na účinnou plochu svaru
τ_{\perp}	smykové napětí kolmé na osu svaru
$\tau_{ }$	smykové napětí rovnoběžné s osou svaru
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
γ_c	součinitel spolehlivosti
f_{yd}	navrhová pevnost betonu ve spáře
k_j	součinitel koncentrace napětí