



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 Michael Borkesz
Název Autoservis s čerpací stanicí

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

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2013

Datum odevzdání bakalářské práce 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


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


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



Podklady a literatura

- [1] ČSN EN 1990- Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991- Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1993- Navrhování ocelových konstrukcí
- [4] ČSN EN 1995- Navrhování dřevěných konstrukcí
- [5] Melcher J., Straka B.: Kovové konstrukce- Konstrukce průmyslových budov, SNTL Praha 1985

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

Vypracujte návrh nosné konstrukce objektu autoservisu s čerpacím stanicí v lokalitě města Uherské Hradiště. Minimální zastavěná půdorysná plocha je zadána rozměry 30x30 m. Minimální rozpon zastřešení 20 m. Minimální světlá výška je stanovena na 5 m. Dispoziční řešení navrhnete v souladu s architektonickými požadavky souvisejícími s účelem budovy. Pro nosnou konstrukci užitje primárně ocel běžných pevností. Vypracujte statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce včetně řešení směrných detailů. Vypracujte technickou zprávu a výkresovou dokumentaci v rozsahu specifikovaném vedoucím práce. Z výkresové dokumentace se předpokládá: dispoziční výkresy, plán kotvení, výkresy směrných detailů a konstrukční výkres vybraných nosných prvků. Popisná data (vkládá student před odevzdáním práce)

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

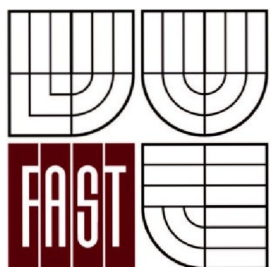
1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části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

3.


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



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

AUTOSERVIS S ČERPACÍ STANICÍ GARAGE WITH FUEL STATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAEL BORKESZ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

Abstrakt

Práce se zabývá statickým výpočtem a posouzením nosné ocelové konstrukce haly autoservisu s přilehlým zastřešením čerpací stanice pohonných hmot. Objekt se nachází na okraji obce Uherské Hradiště, poblíž městské části Jarošov. Půdorysné rozměry konstrukcí jsou následující: 36 x 32 m hala autoservisu; 20 x 20 m zastřešení čerpací stanice. Výška hřebenů střech obou konstrukcí je jednotná v hodnotě 10 m. Použitý materiál hlavních nosných prvků je ocel třídy S355. Nosnou část konstrukce tvoří sloupy, na které jsou kloubově uloženy vazníky. Střešní plášť haly je řešen jako izolovaný, podporovaný vaznicemi. Stěnový plášť tvoří podobná skladba materiálů, s výjimkou čelní stěny, která je částečně tvořena skleněným pláštěm. Po obou stranách haly jsou ve větším počtu umístěny vjezdy pro automobily. Střešní plášť přístřešku tvoří pouze trapézový plech, taktéž podporovaný vaznicemi. Ve výpočtu jsou posouzeny jednotlivé prvky a jejich spoje. Výpočty jsou provedeny v souladu s platnými normami ČSN EN.

Klíčová slova

Ocelová konstrukce, autoservis, čerpací stanice pohonných hmot, statický výpočet, ocel, dimenzování, zatížení, vazník

Abstract

Bachelor thesis presents the structural design of a load bearing steel structure of garage with roof construction of adjoining fuel station. The object is located in periphery area of Uherske Hradiste city, near Jarošov district. The ground plan dimensions are: 36 x 32 meters garage hall; 20 x 20 meters fuel station roofing. Heights of both construction tops are same – 10 meters above the surface. As the main material supporting elements was designed steel S355. The main supporting structure compose of trusses, which are hinged supported by columns. The roof deck is heat insulated, supported by purlins. The wall deck is simillar to roof deck, except of the front wall, which is partly composed of glass casing. At the both sides of garage hall are designed gates for vehicles. The roof deck of fuel station roof construction composes from one single trapezoidal sheet, also supported by purlins. The work contains structural design of individual elements, including mutual joints and anchoring. Calculations are performed according to standards of EN.

Key words

Steel structure, garage, fuel station, structural design, structural analysis, steel, truss, load

Bibliografická citace VŠKP

Michael Borkesz *Autoservis s čerpací stanicí*. Brno, 2014. 86 s., 6 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Barnat, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 29.5.2014

.....
podpis autora
Michael Borkešz

Poděkování

Děkuji panu Ing. Janu Barnatovi za vedení, rady a připomínky k mé bakalářské práci.
Dále děkuji svým rodičům a přítelkyni za velmi trpělivou podporu.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

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

V Brně dne 29.5.2014

.....
podpis autora

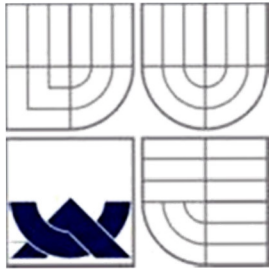
Michael Borkesz

Seznam použitých norem a literatury

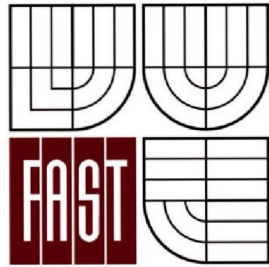
1. ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: český normalizační institut, 2003.
2. ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: český normalizační institut, 2004.
3. ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: český normalizační institut, 2005.
4. ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: český normalizační institut, 2007.
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 styčnicků. Praha: český normalizační institut, 2006.
7. ČSN EN 73 6060: Čerpací stanice pohonných hmot. Praha: český normalizační institut, 2006.
8. MELCHER J., STRAKA B.: Kovové konstrukce. Konstrukce průmyslových budov. Praha: SNTL. 1985, 217 s.
9. PILGR, Milan.: Kovové konstrukce: výpočet jeřábové dráhy pro mostové jeřáby podle ČSN EN 1991-3 a ČSN EN 1993-6. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012, 200 s. ISBN 978-80-7204-807-6.
10. MELCHER, J., PUCHNER J. a BUCHTA S. Kovové konstrukce I: MODUL BO04 - M02 Střešní konstrukce. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 48 s.
11. MELCHER, J., PILGR M. Kovové konstrukce I: MODUL BO04 - M04 Sloupy a větrové ztužidlo. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 48 s.

Seznam webových zdrojů

<http://detailyok.webnode.cz>
<http://server.kdk.fce.vutbr.cz>
<http://ocel.wz.cz>
<http://imaterialy.dumabyt.cz>
<http://stavba.tzb-info.cz>
<http://fast10.vsb.cz>
<http://homel.vsb.cz>
<http://people.fsv.cvut.cz>
<http://design-forms.scia-online.com>
<http://www.borga.cz>
<http://www.fce.vutbr.cz>
<http://www.furious.wz.cz>
<http://www.isover.cz>
<http://www.ocelbulky.cz>
<http://www.snihnastrese.cz>
<http://www.trapezove-plechy.cz>
<http://www.vutbr.cz>
<http://www.stavebniny-rychle.cz>
<http://www.levnestavebniny.cz>
<http://www.lehke-strechy.cz>
<http://www.statictools.eu>
<http://www.vitkovicepower.cz>
<http://www.personnel.cz>
<https://www.hilti.cz>



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

STATICKÝ VÝPOČET STRUCTURAL DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

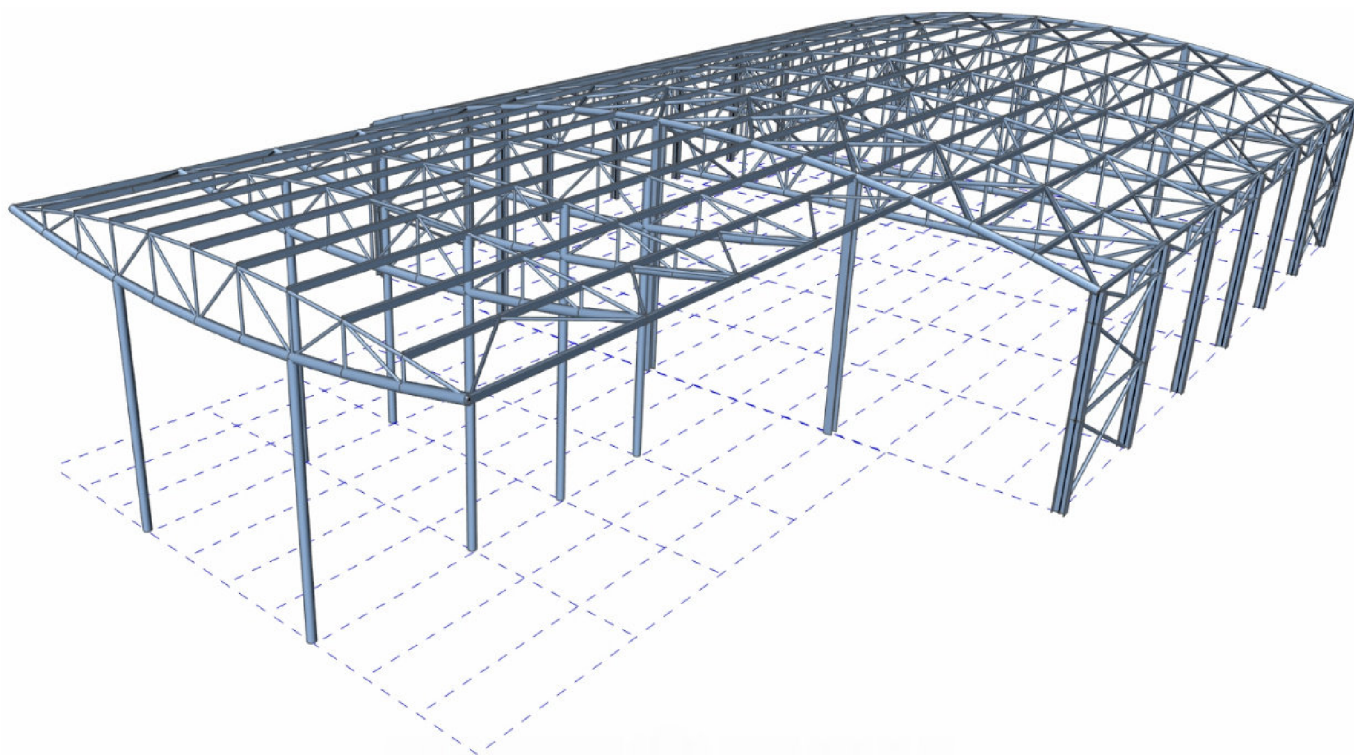
MICHAEL BORKESZ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

NÁVRH HALY AUTOSERVISU S PŘILEHLÝM ZASTŘEŠENÍM ČERPACÍ STANICE POHONNÝCH HMOT

LOKALITA UHERSKÉ HRADIŠTĚ



OBSAH

1. Geometrie konstrukce	1
1.1. Konstrukce.....	1
1.2. Opláštění.....	1
1.3. Vazníky.....	1
1.4. Sloupy.....	1
1.5. Ztužidla.....	1
2. Zatížení	2
2.1. Stálé	2
2.1.1. Vlastní tíha konstrukce	2
2.1.2. Střešní a stěnový plášť.....	2
2.2. Proměnné zatížení	2
2.2.1. Zatížení sněhem.....	2
2.2.2. Zatížení větrem.....	3
2.3. Poznámky	7
2.4. Shrnutí zatěžovacích stavů	7
3. Kombinace	8
3.1. Kombinační rovnice pro MSÚ	8
3.2. Kombinační rovnice pro MSP	8
3.3. Rozhodující kombinace pro MSÚ	9
3.4. Rozhodující kombinace pro MSP.....	9
4. Návrh průřezů	10
5. Posouzení profilů	11
5.1. Střešní a stěnový plášť.....	11
5.2. Orientační posudky.....	13
5.3. Ověření výpočtů prvků	15
5.3.1. Vaznice.....	16
5.3.2. Vazník haly – horní pás.....	20
5.3.3. Vazník haly – spodní pás.....	24
5.3.4. Vazník haly – krajní (atypický).....	26
5.3.5. Vazník zastřešení – horní pás.....	31
5.3.6. Vazník zastřešení – spodní pás	35
5.3.7. Diagonála vazníku.....	40
5.3.8. Svislice vazníku.....	42
5.3.9. Ztužidlo příčné	44
5.3.10. Ztužidlo svislé podélné.....	46
5.3.11. Ztužidlo okapové	48
5.3.12. Sloup haly - boční.....	50
5.3.13. Sloup zastřešení.....	56

6. Spoje	61
6.1. Připojení diagonál a svislice na horní pás vazníku	62
6.2. Připojení diagonál a svislice na spodní pás vazníku.....	66
6.3. Připojení vaznice k hornímu pásu vazníku	69
6.4. Uložení vazníku na sloup	71
7. Montážní spoje	73
7.1. Montážní spoj spodního pásu	73
7.2. Montážní spoj horního pásu	74
7.3. Montážní spoj diagonály	75
8. Kotvení sloupů	77
8.1. Kotvení kloubově uloženého sloupu	77
8.1. Kotvení sloupu vetknutého v jednom směru	80
9. Výkaz materiálu	86

1. Geometrie konstrukce

1.1. Konstrukce

Půdorysné rozměry haly autoservisu jsou 32 x 36 m. Vzdálenost ráků je 6 m, hala je tvořena 7 ráky. Výška konstrukce v místě nejnižších sloupů je 7,4 m a v hřebenu 10,0 m.

Půdorysné rozměry přístřešku jsou 20 x 20 m. Vzdálenosti ráků nejsou jednotné, jsou navrženy po 4 m i 6 m (viz výkresová dokumentace), přístřešek je tvořen 4 ráky. Výška konstrukce v hřebenu je shodná s výškou haly autoservisu, v hodnotě 10 m.

Objekt je umístěn v okrajové části města Uherské Hradiště.

1.2. Opláštění

Střešní systém haly (izolovaná varianta) se skládá z trapézového plechu, paropropustné folie, izolace tl.200 mm, parotěsné folie, druhého trapézového plechu a vaznic. Stěnový systém je tvořen taktéž trapézovým plechem, parotěsnou fólií, izolací tl.200 mm a druhým trapézovým plechem. Čelní stěna haly je částečně tvořena skleněným pláštěm tl.28 mm. Kotvení je provedeno přímo na obvodové sloupy. Hlavní funkcí pláště je tepelná izolace. Po obou stranách haly jsou umístěna vjezdová vrata s rozměry 4 x 5 m, v počtu 5 vrat na každé straně.

Střešní plášť přístřešku je tvořen pouze jedním trapézovým plechem a vaznicemi.

1.3. Vazníky

Horní pás vazníku je tvořen v obou částech konstrukce přímými pruty, které kopírují tvar části kružnice o poloměru 50,5 m. Spodní pás vazníku haly je vodorovný, tvar spodního pásu vazníku přístřešku je symetrický k hornímu pásu. V obou případech jsou vazníky tvořeny diagonálami s podružnými svislicemi. Rozpětí vazníku haly je 32 m, výška v místě okapové vaznice je 1,0 m, v hřebenu 3,6 m. Rozpětí vazníku přístřešku je 20 m, výška v hřebenu je 2,0 m.

1.4. Sloupy

Sloupy haly jsou umístěny po obvodu konstrukce. Sloupy bočních stěn jsou nosné, vazníky jsou uloženy na horním pásu. Sloupy čelní a zadní stěny slouží především k uchycení pláště.

Sloupy přístřešku podpírají vazníky přibližně ve třetinách jejich rozpětí (6,25 m od krajů vazníku; vzdáleny jsou 7,50 m od sebe). Vazníky jsou uloženy na spodním pásu.

1.5. Ztužidla

Hlavní ztužení konstrukce je provedeno v části „hala“, vždy v krajních polích mezi vazníky, probíhající celým příčným řezem konstrukce. Dále je provedeno svislé podélné ztužení i okapová ztužidla.

2. Zatížení

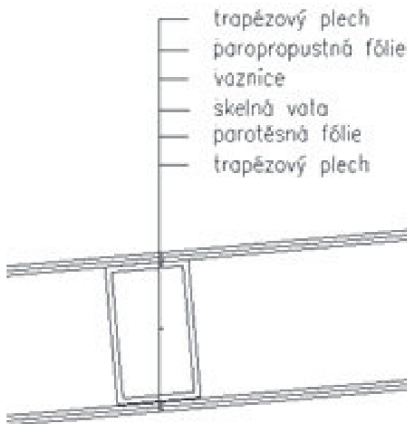
ČSN EN 1991-1-1, ČSN EN 1991-1-3, ČSN EN 1991-1-4

2.1. Stálé zatížení

2.1.1.ZS1a – vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha byla spočtena v softwaru SCIA ENGINEER 2013.1

2.1.2.ZS1b – střešní a stěnový plášť



a) Střešní plášť haly

Trapezový plech TR-45-333 tl.1,0 mm	0,096 kN/m ²
Paropropustná fólie	0,001 kN/m ²
Skelná vata	0,024 kN/m ²
Parotěsná fólie	0,001 kN/m ²
Trapezový plech TR-45-333 tl.1,0 mm	0,096 kN/m ²
<hr/>	<hr/>
	0,218 kN/m ²

b) Stěnový plášť haly

Trapezový plech TR-160-250 tl.0,88 mm	0,142 kN/m ²
Skelná vata	0,024 kN/m ²
Parotěsná fólie	0,001 kN/m ²
Trapezový plech TR-45-333 tl.1,0 mm	0,096 kN/m ²
<hr/>	<hr/>
	0,263 kN/m ²

Skleněný plášť tl.28mm	0,700 kN/m ²
<hr/>	<hr/>
	0,700 kN/m ²

c) Střešní plášť přístřešku

Trapezový plech TR-45-333 tl.1,0 mm	0,096 kN/m ²
<hr/>	<hr/>
	0,096 kN/m ²

2.2. Proměnné zatížení

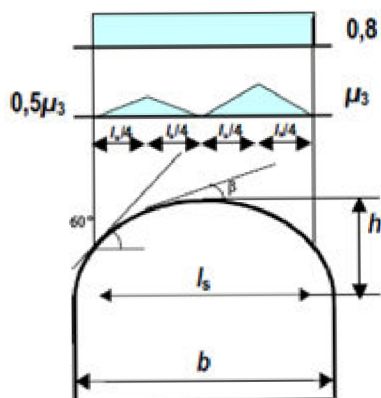
2.2.1. Zatížení sněhem

Sněhová oblast	II.
Charakteristická hodnota zatížení sněhem	$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$
Součinitel okolního prostředí	$C_e = 1,0$
...topografie normální, v okolí jsou otevřená pole, ale také stavby a porost	
Tepelný součinitel	$C_t = 1,0$
...střecha je izolovaná	

2.2.1.1. ZS2a – sníh rovnoměrný

$$\mu_1 = 0,8$$

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kNm}^{-2}$$



2.2.1.2. ZS2b – sníh levý

2.2.1.3. ZS2c – sníh pravý

2.2.1.4. ZS3a – sníh navátý levý

$$h = 2,6 \text{ m}$$

$$b = 32,0 \text{ m}$$

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot \frac{h}{b} = 0,2 + 10 \cdot \frac{2,6}{32,0} = 1,013$$

$$s = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,013 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,013 \text{ kNm}^{-2}$$

2.2.1.5. ZS3b – sníh navátý pravý

2.2.2. Zatížení větrem

Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25,00 \text{ ms}^{-1}$
...větrná oblast II

Součinitel směru větru $c_{dir} = 1,00$
...doporučená hodnota

Součinitel ročního období $c_{season} = 1,00$
...doporučená hodnota

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

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

Minimální výška nad zemí $z_{min} = 2,00 \text{ m}$

Maximální výška nad zemí $z_{max} = 200,00 \text{ m}$

Výška nad zemí $z = 10,00 \text{ m}$

Součinitel orografie $c_o(z) = 1,00$
...průměrný sklon návětrného terénu je menší než 3°

Měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kgm}^{-3}$
...doporučená hodnota

Součinitel tření větrem $c_{fr} = 0,04$
...trapezový plech

Součinitel turbulence $k_1 = 1,0$
...doporučená hodnota

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25,00 \text{ ms}^{-1}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,190$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,190 \cdot \ln \left(\frac{10,0}{0,05} \right) = 1,0067$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 1,0067 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25,17 \text{ ms}^{-1}$$

$$I_v(z) = \frac{kl}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{10,0}{0,05}\right)} = 0,1887$$

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

$$= [1 + 7 \cdot 0,1887] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 25,17^2 = 0,919 \text{ kNm}^{-2}$$

2.2.2.1. ZS4 – vítr levý

a) zatížení na stěny haly

$$b = 36,0 \text{ m}$$

$$h = 10,0 \text{ m}$$

$$d = 32,0 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{10}{32} = 0,3125$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(36,0; 2 \cdot 10,0) = \min(36,0; 20,0) = 20,0 \text{ m}$$

$$A = 32,1 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$B = 147,3 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$C = 108,0 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$D = E = 266,4 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$A: \quad c_{pe,10} = -1,20 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -1,20 \cdot 0,919 = -1,10 \text{ kN/m}^2$$

$$B: \quad c_{pe,10} = -0,84 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -0,84 \cdot 0,919 = -0,77 \text{ kN/m}^2$$

$$C: \quad c_{pe,10} = -0,50 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -0,50 \cdot 0,919 = -0,46 \text{ kN/m}^2$$

$$D: \quad c_{pe,10} = +0,71 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = +0,71 \cdot 0,919 = +0,65 \text{ kN/m}^2$$

$$E: \quad c_{pe,10} = -0,32 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -0,32 \cdot 0,919 = -0,29 \text{ kN/m}^2$$

b) zatížení na střechu haly

$$f = 2,6 \text{ m}$$

$$h = 7,4 \text{ m}$$

$$d = 32,0 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{7,4}{32} = 0,231$$

$$\frac{f}{d} = \frac{2,6}{32} = 0,081$$

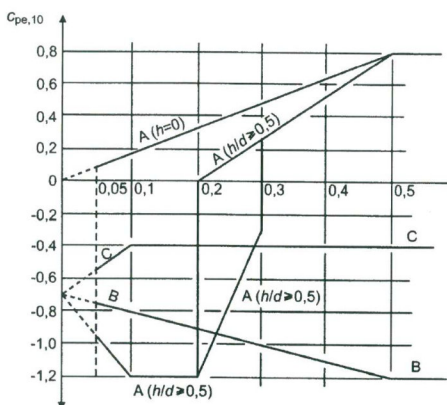
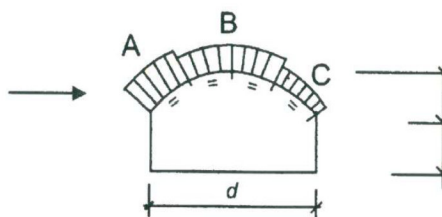
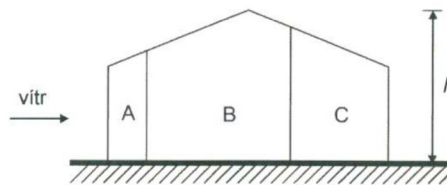
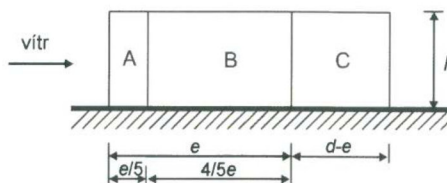
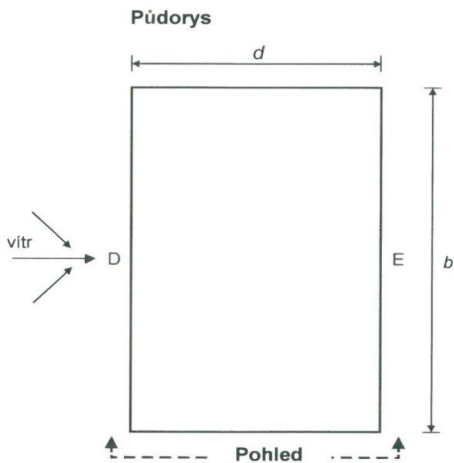
$$A = C = 293,0 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

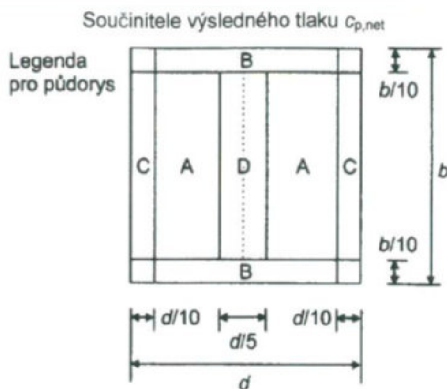
$$B = 585,0 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$A: \quad c_{pe,10} = -0,44 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -0,44 \cdot 0,919 = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

$$B: \quad c_{pe,10} = -0,79 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -0,79 \cdot 0,919 = -0,73 \text{ kN/m}^2$$

$$C: \quad c_{pe,10} = -0,46 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -0,46 \cdot 0,919 = -0,42 \text{ kN/m}^2$$





c) zatížení na střechu přístřešku

$\alpha = 5,7^\circ$...průměrný úhel sklonu střechy

$$h = 9,0 \text{ m}$$

$$d = 20,0 \text{ m}$$

$$b = 20,0 \text{ m}$$

max. rozměry automobilů (dle ČSN 30 0026): $2,60 \cdot 4,20 = 10,9 \text{ m}^2$

max. plocha průřezů vozidel pod přístřeškem: $4 \cdot 10,9 = 43,7 \text{ m}^2$

plocha průřezu pod přístřeškem: 180 m^2

$$\varphi = \frac{43,7}{180} = 0,242$$

$$A: \quad c_{pe,net} = -0,79 \quad w_e = c_{pe,net} \cdot q_p(z) = -0,79 \cdot 0,919 = -0,73 \text{ kN/m}^2$$

$$B: \quad c_{pe,net} = -1,57 \quad w_e = c_{pe,net} \cdot q_p(z) = -1,57 \cdot 0,919 = -1,44 \text{ kN/m}^2$$

$$C: \quad c_{pe,net} = -1,50 \quad w_e = c_{pe,net} \cdot q_p(z) = -1,50 \cdot 0,919 = -1,38 \text{ kN/m}^2$$

$$D: \quad c_{pe,net} = -1,26 \quad w_e = c_{pe,net} \cdot q_p(z) = -1,26 \cdot 0,919 = -1,16 \text{ kN/m}^2$$

2.2.2.2. ZS6a – vítr čelní

a) zatížení na stěny haly

$$b = 32,0 \text{ m}$$

$$h = 10,0 \text{ m}$$

$$d = 36,0 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{10}{36} = 0,2778$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(32,0; 2 \cdot 10,0) = \min(32,0; 20,0) = 20,0 \text{ m}$$

$$A = 25,6 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$B = 102,4 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$C = 102,4 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$D = E = 287,4 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$A: \quad c_{pe,10} = -1,20 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -1,20 \cdot 0,919 = -1,10 \text{ kN/m}^2$$

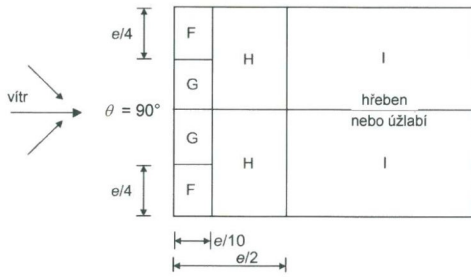
$$B: \quad c_{pe,10} = -0,81 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -0,81 \cdot 0,919 = -0,74 \text{ kN/m}^2$$

$$C: \quad c_{pe,10} = -0,50 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -0,50 \cdot 0,919 = -0,46 \text{ kN/m}^2$$

$$D: \quad c_{pe,10} = +0,70 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = +0,70 \cdot 0,919 = +0,64 \text{ kN/m}^2$$

$$E: \quad c_{pe,10} = -0,31 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -0,31 \cdot 0,919 = -0,28 \text{ kN/m}^2$$

obr. viz. 2.2.2.1. – ZS4 vítr levý (zatížení na stěny haly)



c) Směr větru $\theta = 90^\circ$

b) zatížení na střechu haly

$$b = 32,0 \text{ m}$$

$$h = 10,0 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(32,0; 2 \cdot 10,0) = \min(32,0; 20,0) = 20,0 \text{ m}$$

$$F = 10,0 \text{ m}^2 \geq 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$G = 22,0 \text{ m}^2 \geq 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$H = 128,0 \text{ m}^2 \geq 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$I = 416,0 \text{ m}^2 \geq 10 \text{ m}^2 \rightarrow \text{platí } c_{pe,10}$$

$$F: \quad c_{pe,10} = -1,39 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -1,39 \cdot 0,919 = -1,28 \text{ kN/m}^2$$

$$G: \quad c_{pe,10} = -1,25 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -1,25 \cdot 0,919 = -1,15 \text{ kN/m}^2$$

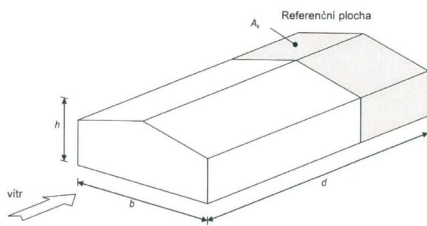
$$H: \quad c_{pe,10} = -0,70 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -0,70 \cdot 0,919 = -0,64 \text{ kN/m}^2$$

$$I: \quad c_{pe,10} = -0,60 \quad w_e = c_{pe,10} \cdot q_p(z) = -0,60 \cdot 0,919 = -0,55 \text{ kN/m}^2$$

c) zatížení na střechu přístřešku

...zatížení se shoduje se zatížením od větru levého (ZS4)

d) síly od tření



$$A_{fr} = (d - 4 \cdot h) \cdot o = (56 - 4 \cdot 10) \cdot 32,561 = 322,1 \text{ m}^2$$

$$c_{fr} = 0,04 \quad \dots \text{trapezový plech}$$

$$F_{rf} = c_{fr} \cdot q_p(z) \cdot A_{fr} = 0,04 \cdot 0,919 \cdot 322,1 = 11,84 \text{ kN}$$

→ Síly od tření budou vzhledem k jejich velikosti zanedbány.

2.2.2.3. ZS6b – vítr zadní

a) zatížení na stěny haly

...zatížení se shoduje se zatížením od větru čelního (ZS6)

b) zatížení na střechu haly

...zatížení se shoduje se zatížením od větru čelního (ZS6)

2.2.2.4. ZS7a – vnitřní tlak kladný (přetlak) od větru levého (+ vítr levý)



...všechna garážová vrata na návětrné straně jsou otevřena, na závětrné zavřena → maximální hodnota přetlaku

$$d = 32,0 \text{ m}$$

$$h = 10,0 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{10}{32} = 0,3125$$

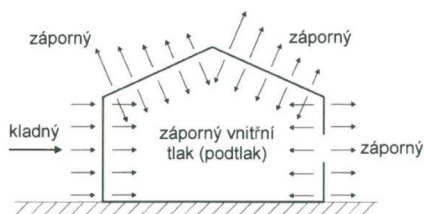
$$\text{rozhodující stěna: návětrná (D) } c_{pe,10} = +0,71$$

$$c_{pi} = 0,9 \cdot c_{pe,10} = 0,9 \cdot 0,71 = 0,64$$

...plocha otvorů je 3x větší než plocha otvorů na zbývajících stěnách

$$w_i = c_{pi} \cdot q_p(z) = 0,64 \cdot 0,919 = 0,59 \text{ kN/m}^2$$

2.2.2.5. ZS7b – vnitřní tlak záporný (podtlak) od větru levého (+ vítr levý)



...všechna garážová vrata na návětrné straně jsou zavřena, na závětrné otevřena → maximální hodnota podtlaku

$$d = 32,0 \text{ m}$$

$$h = 10,0 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{10}{32} = 0,3125$$

rozhodující stěna: závětrná (E) $c_{pe,10} = -0,32$

$$c_{pi} = 0,9 \cdot c_{pe,10} = 0,9 \cdot -0,32 = -0,29$$

...plocha otvorů je 3x větší než plocha otvorů na zbývajících stěnách

$$w_i = c_{pi} \cdot q_p(z) = -0,29 \cdot 0,919 = -0,26 \text{ kN/m}^2$$

2.3. Poznámky

Osamělé břemeno není uvažováno z důvodu nepochůznosti střešního pláště.

Náraz vozidla není uvažován z důvodu nereálných dimenzí průřezů sloupů, bude provedeno zabezpečení proti nárazu systémem svodidel.

2.4. Shrnutí

ZS1a	vlastní tíha	Stálé	stálé
ZS1b	střešní a stěnový plášť	Stálé	stálé
ZS2a	sníh rovnoměrný	Nahodilé	sníh
ZS2b	sníh levý	Nahodilé	sníh
ZS2c	sníh pravý	Nahodilé	sníh
ZS3a	sníh navátý nalevo	Nahodilé	sníh
ZS3b	sníh navátý napravo	Nahodilé	sníh
ZS4	vítr levý	Nahodilé	vítr
ZS6a	vítr čelní	Nahodilé	vítr
ZS6b	vítr zadní	Nahodilé	vítr
ZS7a	vítr levý s přetlakem	Nahodilé	vítr
ZS7b	vítr levý s podtlakem	Nahodilé	vítr

3. Kombinace

ČSN EN 1990

3.1. Kombinační rovnice pro MSÚ

a) rovnice 6.10a

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

$\gamma_{G,j} = 1,35$...nepříznivé působení

$\gamma_{G,j} = 1,00$...příznivé působení

$\gamma_{Q,1} = 1,50$...nepříznivé působení

$\gamma_{Q,i} = 1,50$...nepříznivé působení

$\psi_{0,1} = 0,5$...vedlejší proměnné zatížení sněhem; $H < 1000$ m.n.m

$\psi_{0,1} = 0,6$...vedlejší proměnné zatížení větrem

b) rovnice 6.10b

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

$\zeta_j = 0,85$

$\gamma_{G,j} = 1,35$...nepříznivé působení

$\gamma_{G,j} = 1,00$...příznivé působení

$\gamma_{Q,1} = 1,50$...nepříznivé působení

$\gamma_{Q,i} = 1,50$...nepříznivé působení

$\psi_{0,1} = 0,5$...vedlejší proměnné zatížení sněhem; $H < 1000$ m.n.m

$\psi_{0,1} = 0,6$...vedlejší proměnné zatížení větrem

3.2. Kombinační rovnice pro MSP

a) rovnice 6.14b

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$\psi_{0,1} = 0,5$...vedlejší proměnné zatížení sněhem; $H < 1000$ m.n.m

$\psi_{0,1} = 0,6$...vedlejší proměnné zatížení větrem

3.3. Rozhodující kombinace pro MSÚ

Jméno	Popis kombinací
1	ZS1a*1,15 +ZS2a*0,75 +ZS6a*1,50 +ZS1b*1,15
2	ZS1a*1,15 +ZS2c*0,75 +ZS7a*1,50 +ZS1b*1,15
3	ZS1a*1,15 +ZS2a*1,50 +ZS7a*0,90 +ZS1b*1,15
4	ZS1a*1,15 +ZS2a*1,50 +ZS1b*1,15
5	ZS1a*1,15 +ZS2c*0,75 +ZS6b*1,50 +ZS1b*1,15
6	ZS1a*1,15 +ZS2c*0,75 +ZS6a*1,50 +ZS1b*1,15
7	ZS1a*1,15 +ZS2a*0,75 +ZS7b*1,50 +ZS1b*1,15
8	ZS1a*1,15 +ZS2c*0,75 +ZS7b*1,50 +ZS1b*1,15
9	ZS1a*1,00 +ZS4*1,50 +ZS1b*1,00
10	ZS1a*1,00 +ZS2c*0,75 +ZS7b*1,50 +ZS1b*1,00
11	ZS1a*1,15 +ZS2a*0,75 +ZS7a*1,50 +ZS1b*1,15
12	ZS1a*1,15 +ZS2a*1,50 +ZS6a*0,90 +ZS1b*1,15

3.4. Rozhodující kombinace pro MSP

13	ZS1a*1,00 +ZS3b*0,50 +ZS7a*1,00 +ZS1b*1,00
14	ZS1a*1,00 +ZS2a*1,00 +ZS6b*0,60 +ZS1b*1,00
15	ZS1a*1,00 +ZS1b*1,00 +ZS3a*1,00
16	ZS1a*1,00 +ZS2a*0,50 +ZS7a*1,00 +ZS1b*1,00
17	ZS1a*1,00 +ZS6a*1,00 +ZS1b*1,00
18	ZS1a*1,00 +ZS2a*0,50 +ZS7b*1,00 +ZS1b*1,00
19	ZS1a*1,00 +ZS2b*0,50 +ZS7b*1,00 +ZS1b*1,00
20	ZS1a*1,00 +ZS2c*0,50 +ZS7a*1,00 +ZS1b*1,00
21	ZS1a*1,00 +ZS2c*0,50 +ZS6b*1,00 +ZS1b*1,00
22	ZS1a*1,00 +ZS2b*0,50 +ZS6a*1,00 +ZS1b*1,00
23	ZS1a*1,00 +ZS2a*1,00 +ZS6a*0,60 +ZS1b*1,00
24	ZS1a*1,00 +ZS2a*1,00 +ZS7a*0,60 +ZS1b*1,00
25	ZS1a*1,00 +ZS2a*1,00 +ZS1b*1,00
26	ZS1a*1,00 +ZS2a*0,50 +ZS6b*1,00 +ZS1b*1,00
27	ZS1a*1,00 +ZS3b*0,50 +ZS6b*1,00 +ZS1b*1,00
28	ZS1a*1,00 +ZS7a*1,00 +ZS1b*1,00
29	ZS1a*1,00 +ZS2a*1,00 +ZS7b*0,60 +ZS1b*1,00
30	ZS1a*1,00 +ZS2b*0,50 +ZS6b*1,00 +ZS1b*1,00
31	ZS1a*1,00 +ZS2b*1,00 +ZS1b*1,00
32	ZS1a*1,00 +ZS7b*1,00 +ZS1b*1,00
33	ZS1a*1,00 +ZS4*0,60 +ZS1b*1,00 +ZS3a*1,00
34	ZS1a*1,00 +ZS6b*0,60 +ZS1b*1,00 +ZS3a*1,00
35	ZS1a*1,00 +ZS2b*0,50 +ZS4*1,00 +ZS1b*1,00
36	ZS1a*1,00 +ZS4*1,00 +ZS1b*1,00
37	ZS1a*1,00 +ZS2b*1,00 +ZS4*0,60 +ZS1b*1,00
38	ZS1a*1,00 +ZS2b*1,00 +ZS6b*0,60 +ZS1b*1,00
39	ZS1a*1,00 +ZS2c*0,50 +ZS4*1,00 +ZS1b*1,00
40	ZS1a*1,00 +ZS2c*0,50 +ZS6a*1,00 +ZS1b*1,00

4. Návrh průřezů

Jméno	Typ	Materiál
sloupy A boční	HEA400	S 355
sloupy A rohové	HEA400	S 355
sloupy A čelní	HEA400	S 355
sloupy B	CHS273.0/5.0	S 355
vaznice A hřebenová	RHS200/100/6.3	S 355
vaznice A mezilehlá	RHS200/100/6.3	S 355
vaznice A okapová	RHS200/100/6.3	S 355
vaznice B hřebenová	RHS200/100/6.3	S 355
vaznice B mezilehlá	RHS200/100/6.3	S 355
vaznice B okapová	RHS200/100/6.3	S 355
vazník A atypický (krajní)	CHS273.0/5.0	S 355
vazník A diagonály	CHS114.3/5.0	S 355
vazník A horní pás	CHS139.7/5.0	S 355
vazník A spodní pás	CHS273.0/5.0	S 355
vazník A svislice	CHS88.9/4.0	S 355
vazník B diagonály	CHS76.1/4.0	S 355
vazník B horní pás	CHS88.9/4.0	S 355
vazník B spodní pás	CHS273.0/5.0	S 355
vazník B svislice	CHS76.1/4.0	S 355
ztužidlo A krajní podélné	CHS114.3/5.0	S 355
ztužidlo A okapové	CHS76.1/4.0	S 355
ztužidlo A příčné	CHS139.7/5.0	S 355
ztužidlo A stěnové	CHS114.3/5.0	S 355
ztužidlo A střední podélné	CHS114.3/5.0	S 355
ztužidlo B okapové	CHS76.1/4.0	S 355

Poznámka k označení:

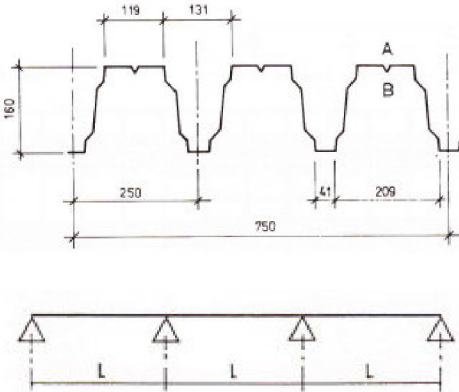
A – pruty v části „hala Autoservisu“

B – pruty v části „zastřešení Benzínové pumpy“

5. Posouzení

5.1. Posouzení střešního a stěnového pláště

5.1.1. Stěnový plášť haly



Plech TR-160-250 tl.0,88 mm:

- rozpětí sloupů 6,0 m (nosník tří polí)
- limitní průhyb $L/300$
- $R_d = 2,59 \text{ kN/m}^2$

Maximální zatížení od kombinace:

$$F_d = ZS7a \cdot 1,50 = -(1,10 + 0,59) \cdot 1,50 = -2,53 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{F_d}{R_d} = \frac{2,53}{2,59} = 0,98 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

Skleněný plášť:

- rozpětí sloupů 8,0 m; výška tabule 4,0 m
- limitní průhyb $L/300$



Minimální tloušťka skleněné tabule:

$$h = a \cdot \beta \cdot \sqrt{\frac{F \cdot k}{\sigma_{p0}}} = 4 \cdot 0,866 \cdot \sqrt{\frac{1190 \cdot 4}{120}} = 21,8 \text{ mm} \rightarrow 28,0 \text{ mm}$$

$a = 4,0 \text{ m}$nejkratší rozměr skleněné tabule

$\beta = 0,866$podepřeno na dvou stranách

$k = 4$tvrzené sklo

$\sigma_{p0} = 120 \text{ N/m}^2$tvrzené sklo

$$F = \gamma \cdot \rho \cdot q = 1,30 \cdot 1,0 \cdot 0,919 = 1,19 \text{ kN/m}^2 = 1190 \text{ N/m}^2$$

$\gamma = 1,30$součinitel místního tlaku

$\rho = 1,0$součinitel snížení

$q = 0,919 \text{ kN/m}^2$dynamický tlak větru

Průhyb tabule:

$$w = \frac{0,142 \cdot (0,9)^2 \cdot F \cdot a^4}{E \cdot h^3} = \frac{0,142 \cdot (0,9)^2 \cdot 1,19 \cdot 10^3 \cdot 4,0^4}{7,2 \cdot 10^{10} \cdot 0,028^3} = 0,0222 \text{ m} = 22,2 \text{ mm}$$

0,9.....koeficient shody s NIT113

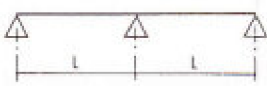
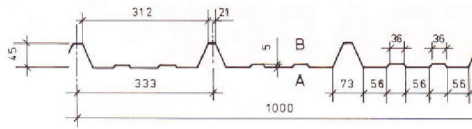
$E = 7,2 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$sklo

$$y_{\max} = \frac{L}{300} = \frac{8000}{300} = 26,7 \text{ mm}$$

$$\frac{y}{y_{\max}} = \frac{22,2}{26,7} = 0,83 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

- pro výpočet uvažován skleněný plášť tl.28,0 mm

5.1.2. Střešní plášť haly



Plech TR-45-333 tl.1,00 mm:

- rozpětí vaznic 2,0 m (nosník dvou polí)
- limitní průhyb $L/300$
- $R_d=2,40 \text{ kN/m}^2$

Maximální zatížení od kombinace:

$$F_d = ZS1b \cdot 1,00 + ZS7a \cdot 1,50 =$$

$$= 0,218 \cdot 1,00 - (0,73 + 0,59) \cdot 1,50 = -1,76 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{F_d}{R_d} = \frac{1,76}{2,40} = 0,73 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.1.3. Střešní plášť přístřešku

Plech TR-45-333 tl.1,00 mm:

- rozpětí vaznic 2,0 m (nosník dvou polí)
- limitní průhyb $L/300$
- $R_d=2,40 \text{ kN/m}^2$

obr. viz. 5.1.2. – střešní plášť haly

Maximální zatížení od kombinace:

$$F_d = ZS1b \cdot 1,00 + ZS4 \cdot 1,50 =$$

$$= 0,096 \cdot 1,00 - 1,44 \cdot 1,50 = -2,06 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{F_d}{R_d} = \frac{2,06}{2,40} = 0,86 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.2. Orientační posudky prvků (maximální)

Převzato ze softwaru SCIA ENGINEER 2013.1

5.2.1. MSÚ (jednotkový posudek)

sloupy A boční	HEA400	MSÚ/1	0,20
sloupy A čelní	HEA400	MSÚ/11	0,49
sloupy A rohové	HEA400	MSÚ/1	0,17
sloupy B	CHS273.0/5.0	MSÚ/6	0,43
vaznice A hřebenová	RHS 200/100/6.3	MSÚ/4	0,59
vaznice A mezilehlá	RHS 200/100/6.3	MSÚ/2	0,45
vaznice A okapová	RHS 200/100/6.3	MSÚ/6	0,17
vaznice B hřebenová	RHS 200/100/6.3	MSÚ/9	0,18
vaznice B mezilehlá	RHS 200/100/6.3	MSÚ/8	0,34
vaznice B okapová	RHS 200/100/6.3	MSÚ/8	0,17
vazník A atypický (krajní)	CHS273.0/5.0	MSÚ/2	0,95
vazník A diagonály	CHS114.3/5.0	MSÚ/3	0,43
vazník A horní pás	CHS139.7/5.0	MSÚ/3	0,89
vazník A spodní pás	CHS273.0/5.0	MSÚ/3	0,34
vazník A svislice	CHS88.9/4.0	MSÚ/4	0,83
vazník B diagonály	CHS76.1/4.0	MSÚ/8	0,60
vazník B horní pás	CHS88.9/4.0	MSÚ/10	0,63
vazník B spodní pás	CHS273.0/5.0	MSÚ/6	0,43
vazník B svislice	CHS76.1/4.0	MSÚ/8	0,08
ztužidlo A krajní podélné	CHS114.3/5.0	MSÚ/5	0,16
ztužidlo A okapové	CHS76.1/4.0	MSÚ/7	0,18
ztužidlo A příčné	CHS139.7/5.0	MSÚ/12	0,67
ztužidlo A stěnové	CHS114.3/5.0	MSÚ/6	0,39
ztužidlo A střední podélné	CHS114.3/5.0	MSÚ/4	0,45
ztužidlo B okapové	CHS76.1/4.0	MSÚ/7	0,34

5.2.2. MSP – relativní deformace (maximální posun v mm)

vaznice A hřebenová	RHS 200/100/6.3	MSP/25	10,3
vaznice A mezilehlá	RHS 200/100/6.3	MSP/16	18,4
vaznice A okapová	RHS 200/100/6.3	MSP/21	0,5
vaznice B hřebenová	RHS 200/100/6.3	MSP/25	9,1
vaznice B mezilehlá	RHS 200/100/6.3	MSP/18	16,0
vaznice B okapová	RHS 200/100/6.3	MSP/39	9,5
vazník A diagonály	CHS114.3/5.0	MSP/26	0,4
vazník A svislice	CHS88.9/4.0	MSP/23	0,0
vazník B diagonály	CHS76.1/4.0	MSP/40	0,3
vazník B svislice	CHS76.1/4.0	MSP/18	0,0
ztužidlo A krajní podélné	CHS114.3/5.0	MSP/26	2,1
ztužidlo A okapové	CHS76.1/4.0	MSP/22	1,3
ztužidlo A příčné	CHS139.7/5.0	MSP/20	13,1
ztužidlo A stěnové	CHS114.3/5.0	MSP/40	4,1
ztužidlo A střední podélné	CHS114.3/5.0	MSP/25	6,6
ztužidlo B okapové	CHS76.1/4.0	MSP/17	1,2

5.2.3. MSP – globální deformace (maximální posun v mm)

vazník A horní pás	CHS139.7/5.0	MSP/25	37,1
vazník A spodní pás	CHS273.0/5.0	MSP/25	36,8
vazník A atypický (krajní)	CHS273.0/5.0	MSP/20	31,1
vazník B horní pás	CHS88.9/4.0	MSP/40	17,7
vazník B spodní pás	CHS273.0/5.0	MSP/40	17,7
sloupy A boční	HEA400	MSP/40	16,9
sloupy A čelní	HEA400	MSP/40	17,3
sloupy A rohové	HEA400	MSP/40	16,1
sloupy B	CHS273.0/5.0	MSP/22	24,0

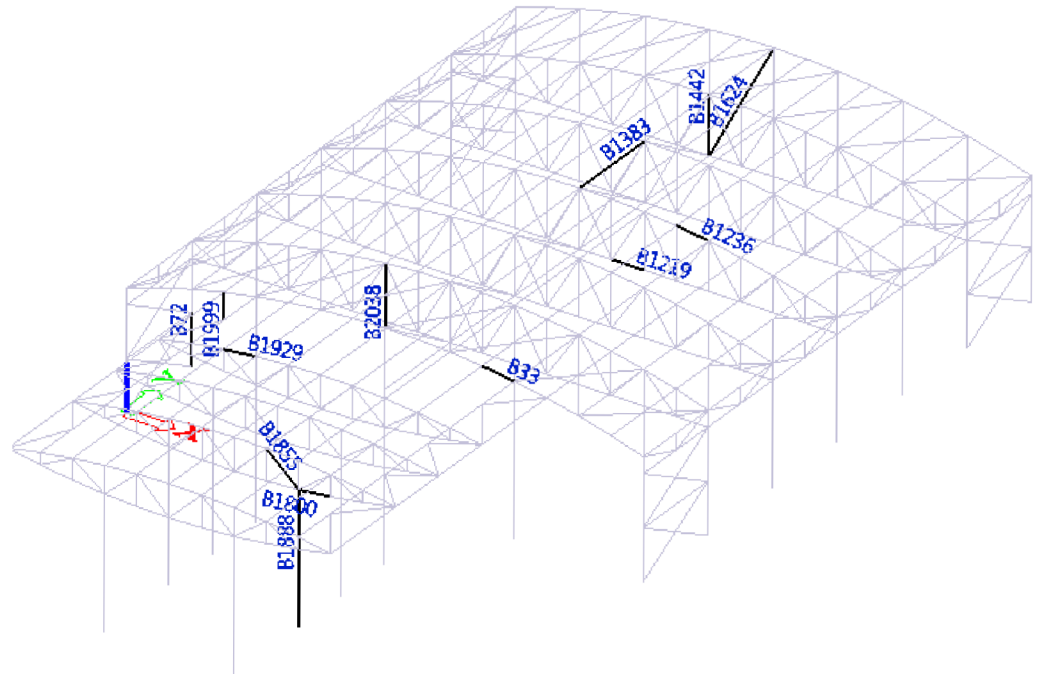
5.3. Ověření výpočtů prvků

ČSN EN 1993-1-1

Vnitřní síly jsou převzaty ze softwaru SCIA ENGINEER 2013.1

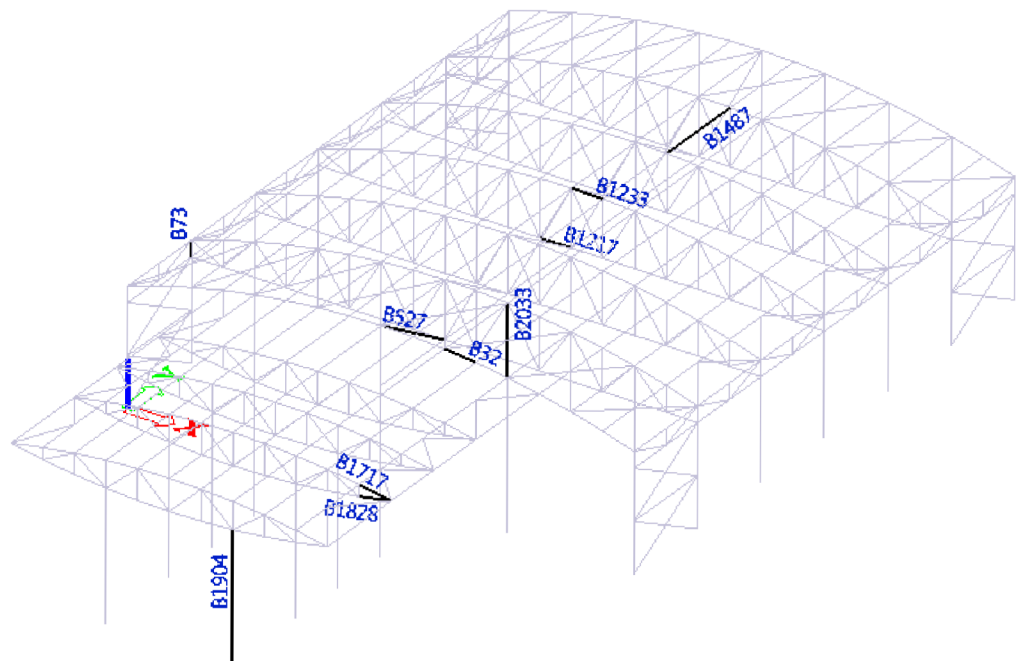
- Z hlediska MSÚ budou ověřeny tyto prvky:

Vaznice – B1383
Vazník A horní pás – B1236
Vazník A spodní pás – B1219
Vazník A krajní – B33
Vazník B horní pás - B1929
Vazník B spodní pás – B1800
Diagonála vazníku – B1855
Svislice vazníku – B1442
Ztužidlo příčné – B2038
Ztužidlo svislé podélné – B1624
Ztužidlo okapové – B1999
Sloup A boční – B72
Sloup B – B1888



- Z hlediska MSP budou ověřeny tyto prvky:

Vaznice – B1487
Vazník A horní pás – B1233
Vazník A spodní pás – B1217
Vazník A krajní – B32
Vazník B horní pás - B1717
Vazník B spodní pás – B1828
Ztužidlo příčné – B2033
Ztužidlo svislé podélné – B527
Sloup A boční – B73
Sloup B – B1904



5.3.1. VAZNICE

Maximální orientační posudek pro MSÚ je na průřezu „vaznice A hřebenová“ od kombinace MSÚ/4; na prvku B1383 v místě 3,000 m.

Maximální orientační posudek pro MSP je na průřezu „vaznice A mezilehlá“ od kombinace MSP/16; na prvku B1487 v místě 3,000 m.

5.3.1.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N_{,Ed} = -149,93 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{x,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

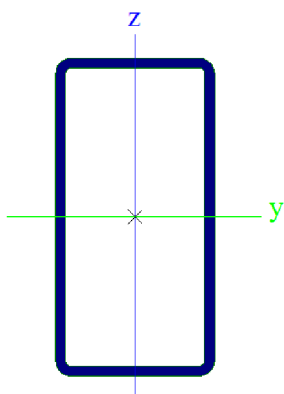
$$M_{y,Ed} = 14,60 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

5.3.1.2. Vstupní hodnoty pro MSP

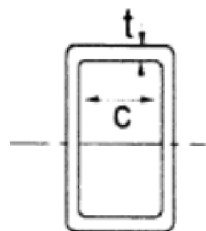
$$u_{z,rel} = 18,4 \text{ mm}$$

5.3.1.3. Průřezové charakteristiky



RHS200/100/6.3		
A [m ²]	3,5800e-03	
Ay [m ²], Az [m ²]	1,1839e-03	2,3679e-03
Iy [m ⁴], Iz [m ⁴]	1,8290e-05	6,1300e-06
Welz [m ³], Wely [m ³]	1,2300e-04	1,8300e-04
Wplz [m ³], Wply [m ³]	1,3876e-04	2,2582e-04
Iw [m ⁶], It [m ⁴]	3,1500e-08	1,4750e-05
cYUSS [mm], cZUSS [mm]	50	100
iy [mm], iz [mm]	71	41

5.3.1.4. Klasifikace průřezu



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

Pásnice: $c = 90,0 \text{ mm}$

$$t = 6,3 \text{ mm}$$

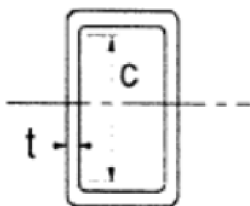
$$\frac{c}{t} = \frac{90,0}{6,3} = 14,3 \leq 33\varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,9 \rightarrow \text{tř.1}$$

Stojina: $c = 187,4 \text{ mm}$

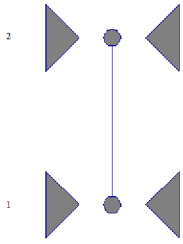
$$t = 6,3 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{187,4}{6,3} = 29,7 \leq 38\varepsilon = 38 \cdot 0,81 = 30,8 \rightarrow \text{tř.2}$$

Celková třída průřezu \rightarrow tř.2



yy zz



5.3.1.5. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 6000}{71,5} = 83,9 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{1,0 \cdot 6000}{41,4} = 144,9 \leq 200$$

→ Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu

5.3.1.6. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Ohyb

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,258 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 80,17 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{14,60}{80,17} = 0,18 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

2) Prostý tlak

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{3,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1270,90 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{149,93}{1270,90} = 0,12 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

3) Ohyb + osová síla

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{149,93}{1270,90} = 0,12$$

$$a_w = \frac{A - 2 \cdot b \cdot t}{A} = \frac{3,58 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 0,100 \cdot 0,0063}{3,58 \cdot 10^{-3}} = 0,65$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot \left(\frac{1-n}{1-0,5 \cdot a_w} \right) = 80,17 \cdot \left(\frac{1-0,12}{1-0,5 \cdot 0,65} \right) =$$

$$= 104,52 \text{ kNm}$$

$$\leq M_{pl,y,Rd} = 80,17 \text{ kNm}$$

$$M_{N,y,Rd} = 80,17 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{14,60}{80,17} = 0,18 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

4) Vzpěrný tlak

$$L_{cr,y} = 6,0 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,829 \cdot 10^{-5}}{6,0^2} = 1053,00 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1053,00 \cdot 10^3}} = 1,10$$

$\alpha = 0,21 \dots$ křivka a

$$\begin{aligned}\phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,10 - 0,2) + 1,10^2] = 1,20\end{aligned}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,20 + \sqrt{1,20^2 - 1,10^2}} = 0,60 \leq 1,0$$

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

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 6,13 \cdot 10^{-6}}{6,0^2} = 352,92 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{352,92 \cdot 10^3}} = 1,90$$

$\alpha = 0,21 \dots$ křivka a

$$\begin{aligned}\phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,90 - 0,2) + 1,90^2] = 2,48\end{aligned}$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{2,48 + \sqrt{2,48^2 - 1,90^2}} = 0,25 \leq 1,0$$

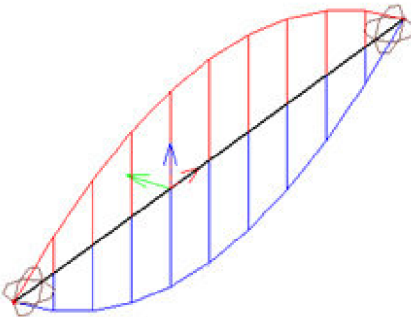
$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,60; 0,25) = 0,25$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,25 \cdot 3,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 311,99 \text{ kN}$$

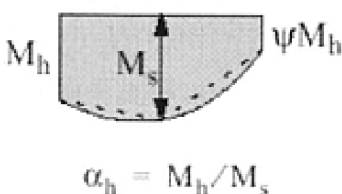
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{149,93}{311,99} = 0,48 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5) Tlak s ohybem

obr. – průběh momentu M_y



obr. – idealizovaný průběh momentu M_y pro výpočet



$$\alpha_{h,y} = \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} = \frac{0}{14,6} = 0$$

$$\alpha_{h,z} = 1$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{h,y} = 0,95 + 0,05 \cdot 0 = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{h,z} = 0,95 + 0,05 \cdot 1 = 1,00$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 3,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1270,90 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{y,pl} \cdot f_y = 2,258 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 80,17 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{z,pl} \cdot f_y = 1,388 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 49,26 \text{ kNm}$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 0,95 \cdot \left(1 + (1,10 - 0,2) \cdot \frac{149,93}{0,60 \cdot 1270,90} \right) = 1,118$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,95 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{149,93}{0,60 \cdot 1270,90} \right) = 1,10$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 1,00 \cdot \left(1 + (1,90 - 0,2) \cdot \frac{149,93}{0,25 \cdot 1270,90} \right) = 1,802$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 0,95 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{149,93}{0,25 \cdot 1270,90} \right) = 1,38$$

$$k_{yy} = 1,10$$

$$k_{zz} = 1,38$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,099 = 0,659$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,378 = 0,827$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} =$$

$$\frac{149,93}{0,60 \cdot 1270,90} + 1,099 \cdot \frac{14,60 + 0}{1,0 \cdot 80,17} + 0,827 \cdot \frac{0 + 0}{49,26} =$$

$$\frac{149,93}{1,0} + 1,099 \cdot \frac{14,60 + 0}{1,0} + 0,827 \cdot \frac{0 + 0}{1,0} =$$

$$= 0,197 + 0,200 + 0,0 = 0,40 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

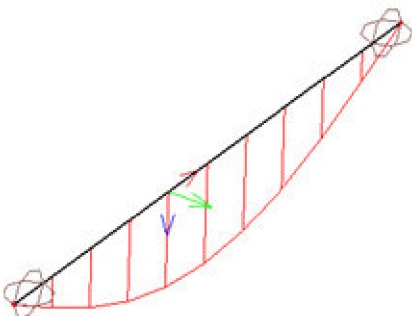
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} =$$

$$\frac{149,93}{0,25 \cdot 1270,90} + 0,659 \cdot \frac{14,60 + 0}{1,0 \cdot 80,17} + 1,378 \cdot \frac{0 + 0}{49,26} =$$

$$\frac{149,93}{1,0} + 0,659 \cdot \frac{14,60 + 0}{1,0} + 1,378 \cdot \frac{0 + 0}{1,0} =$$

$$= 0,472 + 0,120 + 0,0 = 0,59 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. – deformace prvku ve směru z



5.3.1.7. Posouzení na 2.MS (MSP)

$$u_{z,\max} = \frac{L}{200} = \frac{6000}{200} = 30,0 \text{ mm}$$

$$u_{z,\text{rel}} \leq u_{z,\max}$$

$$18,4 \text{ mm} \leq 30,0 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.1.8. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení.....0,59
- SCIA ENGINEER.....0,59

5.3.2. VAZNÍK A – HORNÍ PÁS

Maximální orientační posudek pro MSÚ je od kombinace MSÚ/3; na prvku B1236 v místě 2,020 m.

Maximální orientační posudek pro MSP je od kombinace MSP/25; na prvku B1233 v místě 0,400 m.

5.3.2.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N, Ed = -380,03 \text{ kN}$$

$$V_{y, Ed} = -0,07 \text{ kNm}$$

$$V_{z, Ed} = -0,87 \text{ kNm}$$

$$M_{x, Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

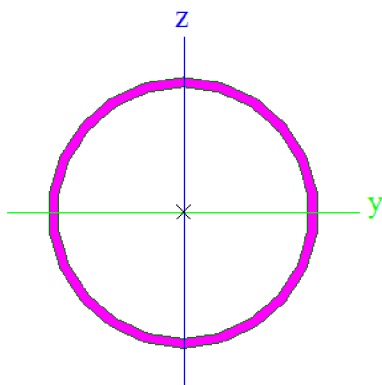
$$M_{y, Ed} = -0,25 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Ed} = -0,21 \text{ kNm}$$

5.3.2.2. Vstupní hodnoty pro MSP

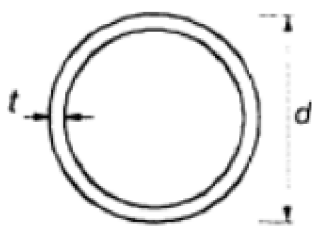
$$u_{z, glob} = 37,1 \text{ mm}$$

5.3.2.3. Průřezové charakteristiky



CHS139.7/5.0		
A [m ²]	2,1200e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	1,4158e-03	1,4158e-03
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	4,8100e-06	4,8100e-06
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	6,8800e-05	6,8800e-05
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	8,9331e-05	8,9331e-05
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	5,7209e-41	9,6100e-06
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	70	70
i _y [mm], i _z [mm]	48	48

5.3.2.4. Klasifikace průřezu



$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

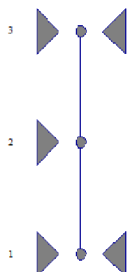
$$d = 139,7 \text{ mm}$$

$$t = 5,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{139,7}{5,0} = 27,9 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 32,8 \rightarrow \text{tř.1}$$

Celková třída průřezu \rightarrow tř.1

yy zz



5.3.2.5. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr, y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 2020}{47,7} = 42,3 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr, z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{2,0 \cdot 2020}{47,7} = 84,6 \leq 200$$

\rightarrow Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu

5.3.2.6. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Vzpěrný tlak

$$L_{cr,y} = 2,020 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,81 \cdot 10^{-6}}{2,020^2} = 2444,41 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{2444,41 \cdot 10^3}} = 0,55$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned}\phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(0,55 - 0,2) + 0,55^2] = 0,69\end{aligned}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,69 + \sqrt{0,69^2 - 0,55^2}} = 0,91 \leq 1,0$$

$$L_{cr,z} = 4,040 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,81 \cdot 10^{-6}}{4,040^2} = 611,10 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{611,10 \cdot 10^3}} = 1,11$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned}\phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,11 - 0,2) + 1,11^2] = 1,21\end{aligned}$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,21 + \sqrt{1,21^2 - 1,11^2}} = 0,59 \leq 1,0$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,91; 0,59) = 0,59$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,59 \cdot 2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 443,55 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{380,03}{443,55} = 0,86 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

2) Tlak s ohybem

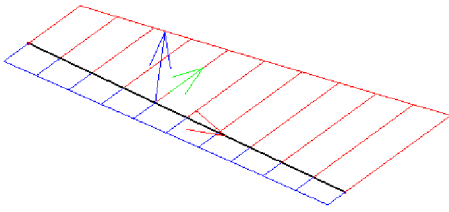
$$\psi_z = \frac{-0,07}{-0,21} = 0,333$$

$$\alpha_{h,y} = \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} = \frac{1,13}{1,13} = 1,0$$

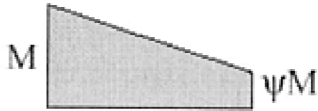
$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{h,y} = 0,95 + 0,05 \cdot 1,0 = 1,00$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi_z = 0,6 + 0,4 \cdot 0,333 = 0,733 \geq 0,4$$

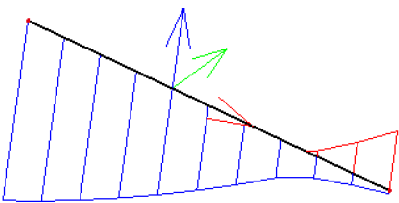
obr. – průběh momentu M_z



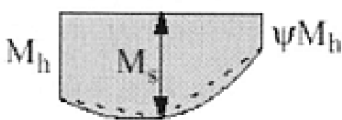
obr. – idealizovaný průběh momentu M_z pro výpočet



obr. – průběh momentu M_y



obr. – idealizovaný průběh momentu M_y pro výpočet



$$\alpha_h = M_h / M_s$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 752,60 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{y,pl} \cdot f_y = 8,933 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6 = 31,71 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{z,pl} \cdot f_y = 8,933 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6 = 31,71 \text{ kNm}$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 1,00 \cdot \left(1 + (0,55 - 0,2) \cdot \frac{380,03}{0,91 \cdot 752,60} \right) = 1,194$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 1,00 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{380,03}{0,91 \cdot 752,60} \right) = 1,44$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 0,733 \cdot \left(1 + (1,11 - 0,2) \cdot \frac{380,03}{0,59 \cdot 752,60} \right) = 1,304$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 0,733 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{380,03}{0,59 \cdot 752,60} \right) = 1,24$$

$$k_{yy} = 1,194$$

$$k_{zz} = 1,24$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,194 = 0,716$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,235 = 0,741$$

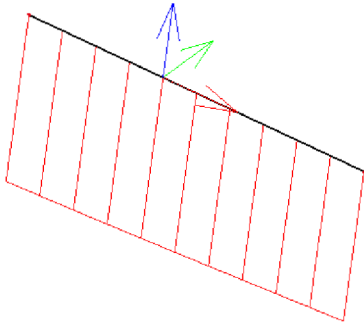
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} =$$

$$= \frac{380,03}{0,91 \cdot 752,60} + 1,194 \cdot \frac{0,25 + 0}{1,0 \cdot 31,71} + 0,741 \cdot \frac{0,21 + 0}{31,71} =$$

$$= 0,555 + 0,010 + 0,005 = 0,57 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = \\ & \frac{380,03}{0,59 \cdot 752,60} + 0,716 \cdot \frac{0,25+0}{1,0 \cdot 31,71} + 1,235 \cdot \frac{0,21+0}{31,71} = \\ & \frac{1,0}{1,0} = 0,856 + 0,006 + 0,008 = 0,87 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.} \end{aligned}$$

obr. – deformace prvku ve směru z



5.3.2.7. Posouzení na 2.MS (MSP)

$$u_{z,\max} = \frac{L}{250} = \frac{32560}{250} = 130,2 \text{ mm}$$

$$u_{z,\text{glob}} \leq u_{z,\max}$$

$$37,1 \text{ mm} \leq 130,2 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.2.8. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení.....0,87
- SCIA ENGINEER.....0,89

Rozdíl je způsoben odlišnou hodnotou součinitele vzpěrné délky k_y .

5.3.3. VAZNÍK A – SPODNÍ PÁS

Maximální orientační posudek pro MSÚ je od kombinace MSÚ/3; na prvku B1219 v místě 2,000 m.

Maximální orientační posudek pro MSP je od kombinace MSP/25; na prvku B1217 v místě 0,400 m.

5.3.3.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N_{,Ed} = 376,47 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = -3,21 \text{ kNm}$$

$$M_{x,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

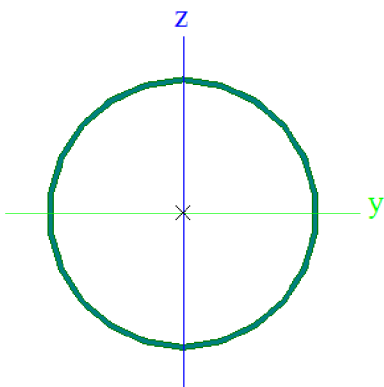
$$M_{y,Ed} = 8,35 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,06 \text{ kNm}$$

5.3.3.2. Vstupní hodnoty pro MSP

$$u_{z, glob} = 36,8 \text{ mm}$$

5.3.3.3. Průřezové charakteristiky



CHS273.0/5.0		
A [m ²]	4,2100e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	2,8101e-03	2,8101e-03
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	3,7810e-05	3,7810e-05
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	2,7700e-04	2,7700e-04
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	3,5350e-04	3,5350e-04
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	8,3275e-40	7,5620e-05
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	137	137
i _y [mm], i _z [mm]	95	95

5.3.3.4. Klasifikace průřezu

obr. viz. 5.3.2.4. – klasifikace kruhového průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

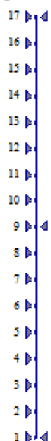
$$d = 273,0 \text{ mm}$$

$$t = 5,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{273,0}{5,0} = 54,6 \leq 90\varepsilon^2 = 90 \cdot 0,81^2 = 59,0 \rightarrow \text{tř.3}$$

Celková třída průřezu → tř.3

yy zz



5.3.3.5. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 2000}{94,8} = 21,1 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{8,0 \cdot 2000}{94,8} = 168,8 \leq 200$$

→ Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu

5.3.3.6. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1494,55 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{376,47}{1494,55} = 0,25 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

2) Ohyb

$$M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 98,34 \text{ kNm}$$

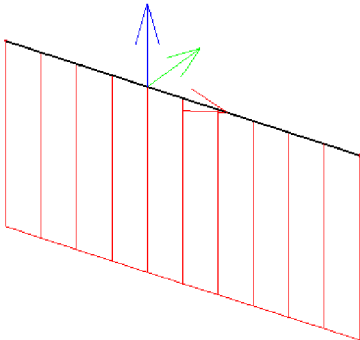
$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} = \frac{8,35}{98,34} = 0,08 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

3) Ohyb + osová síla

$$\begin{aligned} \sigma_{X,Ed} &= \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot z = \\ &= \frac{376,47 \cdot 10^3}{4,21 \cdot 10^{-3}} + \frac{8,35 \cdot 10^3}{3,781 \cdot 10^{-5}} \cdot (0,273/2) = 119,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_{X,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} = \frac{119,5}{355/1,0} = 0,34 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. – deformace prvku ve směru z



5.3.3.7. Posouzení na 2.MS (MSP)

$$u_{z,max} = \frac{L}{250} = \frac{32000}{250} = 128,0 \text{ mm}$$

$$u_{z,glob} \leq u_{z,max}$$

$$36,8 \text{ mm} \leq 128,0 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.3.8. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení.....0,34
- SCIA ENGINEER.....0,34

5.3.4. VAZNÍK A KRAJNÍ

Maximální orientační posudek pro MSÚ je od kombinace MSÚ/2; na prvku B33 v místě 2,020 m.

Maximální orientační posudek pro MSP je od kombinace MSP/20; na prvku B32 v místě 0,000 m.

5.3.4.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N, Ed = -37,66 \text{ kN}$$

$$V_y, Ed = 3,90 \text{ kNm}$$

$$V_z, Ed = -57,65 \text{ kNm}$$

$$M_x, Ed = 0,03 \text{ kNm}$$

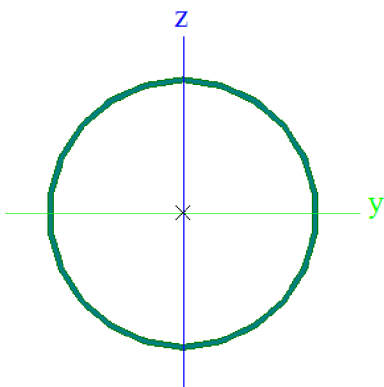
$$M_y, Ed = -91,43 \text{ kNm}$$

$$M_z, Ed = 1,54 \text{ kNm}$$

5.3.4.2. Vstupní hodnoty pro MSP

$$u_{z, glob} = 31,1 \text{ mm}$$

5.3.4.3. Průřezové charakteristiky



CHS273.0/5.0		
A [m ²]	4,2100e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	2,8101e-03	2,8101e-03
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	3,7810e-05	3,7810e-05
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	2,7700e-04	2,7700e-04
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	3,5350e-04	3,5350e-04
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	8,3275e-40	7,5620e-05
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	137	137
i _y [mm], i _z [mm]	95	95

5.3.4.4. Klasifikace průřezu

obr. viz. 5.3.2.4. – klasifikace kruhového průřezu

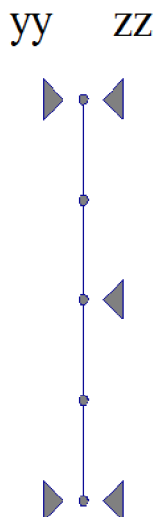
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$d = 273,0 \text{ mm}$$

$$t = 5,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{273,0}{5,0} = 54,6 \leq 90\varepsilon^2 = 90 \cdot 0,81^2 = 59,0 \rightarrow \text{tř.3}$$

Celková třída průřezu \rightarrow tř.3



5.3.4.5. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr, y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{4,0 \cdot 2020}{94,8} = 85,2 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr, z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{2,0 \cdot 2020}{94,8} = 42,6 \leq 200$$

\rightarrow Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu

5.3.4.6. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Šikmý ohyb

$$M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 98,34 \text{ kNm}$$

$$M_{el,z,Rd} = \frac{W_{el,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 98,34 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 2,0$$

$$\beta = 2,0$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \right)^\beta = \left(\frac{91,43}{98,34} \right)^{2,0} + \left(\frac{1,54}{98,34} \right)^{2,0} =$$
$$= 0,859 + 0,001 = 0,86 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

2) Prostý tlak

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1494,55 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{37,66}{1494,55} = 0,03 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

3) Smyk

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 4,21 \cdot 10^{-3}}{\pi} = 2,68 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_{pl,y,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2,68 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 549,33 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{3,90}{549,33} = 0,01 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{57,65}{549,33} = 0,10 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

4) Ohyb + osová síla

$$\sigma_{X,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot z + \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot z =$$
$$= \frac{37,66 \cdot 10^3}{4,21 \cdot 10^{-3}} + \frac{91,43 \cdot 10^3}{3,781 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{0,273}{2} + \frac{1,54 \cdot 10^3}{3,781 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{0,273}{2} =$$
$$= 339,0 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{X,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} = \frac{339,0}{355 / 1,0} = 0,95 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5) Vzpěrný tlak

$$L_{cr,y} = 8,080 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3,781 \cdot 10^{-5}}{8,080^2} = 1200,93 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1200,93 \cdot 10^3}} = 1,12$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,12 - 0,2) + 1,12^2] = 1,22 \end{aligned}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,22 + \sqrt{1,22^2 - 1,12^2}} = 0,59 \leq 1,0$$

$$L_{cr,z} = 4,040 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3,781 \cdot 10^{-5}}{4,040^2} = 4803,70 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{4803,70^3}} = 0,56$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(0,56 - 0,2) + 0,56^2] = 0,70 \end{aligned}$$

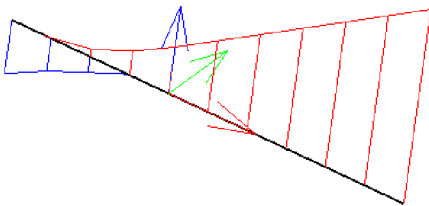
$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,70 + \sqrt{0,70^2 - 0,56^2}} = 0,89 \leq 1,0$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,59; 0,89) = 0,59$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,59 \cdot 4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 881,78 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{37,66}{881,78} = 0,04 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. – průběh momentu M_y



obr. – idealizovaný průběh momentu M_y pro výpočet



6) Tlak s ohybem

$$\psi_y = \frac{24,25}{-91,43} = -0,265$$

$$\psi_z = \frac{1,54}{-6,33} = -0,243$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi_y = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,265) = 0,494 \geq 0,4$$

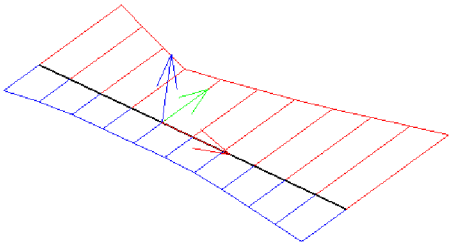
$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi_z = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,243) = 0,503 \geq 0,4$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1494,55 \text{ kN}$$

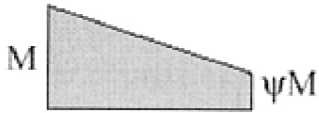
$$M_{y,Rk} = W_{y,el} \cdot f_y = 2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 98,34 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{z,el} \cdot f_y = 2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 98,34 \text{ kNm}$$

obr. – průběh momentu M_z



obr. – idealizovaný průběh momentu M_z pro výpočet



$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 0,494 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot 1,12 \cdot \frac{37,66}{0,59 \cdot 1494,55} \right) = 0,508$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,494 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{37,66}{0,59 \cdot 1494,55} \right) =$$

$$= 0,507$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 0,503 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot 0,56 \cdot \frac{37,66}{0,89 \cdot 1494,55} \right) = 0,508$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 0,503 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{37,66}{0,89 \cdot 1494,55} \right) =$$

$$= 0,512$$

$$k_{yy} = 0,507$$

$$k_{zz} = 0,508$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,507 = 0,406$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0,508$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} =$$

$$= \frac{37,66}{0,59 \cdot 1494,55} + 0,507 \cdot \frac{91,43 + 0}{1,0 \cdot 98,34} + 0,508 \cdot \frac{1,54 + 0}{98,34} =$$

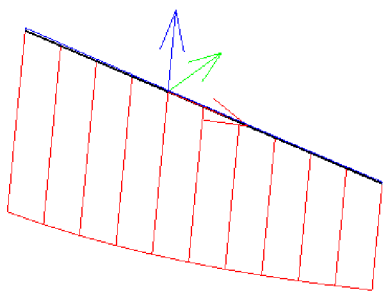
$$= 0,043 + 0,471 + 0,008 = 0,52 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} =$$

$$= \frac{37,66}{0,89 \cdot 1494,55} + 0,406 \cdot \frac{91,43 + 0}{1,0 \cdot 98,34} + 0,508 \cdot \frac{1,54 + 0}{98,34} =$$

$$= 0,028 + 0,378 + 0,008 = 0,41 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. – deformace prvku ve směru z



5.3.4.7. Posouzení na 2.MS (MSP)

$$u_{z,\max} = \frac{L}{250} = \frac{8034}{250} = 32,1 \text{ mm}$$

$$u_{z,\text{glob}} \leq u_{z,\max}$$

$$31,1 \text{ mm} \leq 32,1 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.4.8. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení.....0,95
- SCIA ENGINEER.....0,95

5.3.5. VAZNÍK B – HORNÍ PÁS

Maximální orientační posudek pro MSÚ je od kombinace MSÚ/10; na prvku B1929 v místě 0,000 m.

Maximální orientační posudek pro MSP je od kombinace MSP/40; na prvku B1717 v místě 0,000 m.

5.3.5.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N, Ed = -61,56 \text{ kN}$$

$$V_{y, Ed} = -0,17 \text{ kNm}$$

$$V_{z, Ed} = 0,71 \text{ kNm}$$

$$M_{x, Ed} = 0,01 \text{ kNm}$$

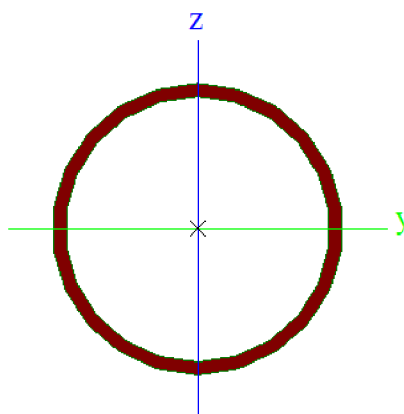
$$M_{y, Ed} = -0,63 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Ed} = 0,11 \text{ kNm}$$

5.3.5.2. Vstupní hodnoty pro MSP

$$u_{z, glob} = 17,7 \text{ mm}$$

5.3.5.3. Průřezové charakteristiky



CHS88.9/4.0		
A [m ²]	1,0700e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	7,1431e-04	7,1431e-04
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	9,6300e-07	9,6300e-07
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	2,1700e-05	2,1700e-05
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	2,8398e-05	2,8398e-05
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	1,5887e-42	1,9300e-06
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	44	44
i _y [mm], i _z [mm]	30	30

5.3.5.4. Klasifikace průřezu

obr. viz. 5.3.2.4. – klasifikace kruhového průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

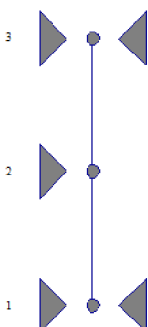
$$d = 88,9 \text{ mm}$$

$$t = 4,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{88,9}{4,0} = 22,2 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 33,1 \rightarrow \text{tř.1}$$

Celková třída průřezu \rightarrow tř.1

yy ZZ



5.3.5.5. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr, y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 2010}{30,0} = 67,0 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr, z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{2,0 \cdot 2010}{30,0} = 134,0 \leq 200$$

\rightarrow Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu

5.3.5.6. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Vzpěrný tlak

$$L_{cr,y} = 2,010m$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 9,63 \cdot 10^{-7}}{2,010^2} = 494,09 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,07 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{494,09 \cdot 10^3}} = 0,88$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned}\phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(0,88 - 0,2) + 0,88^2] = 0,96\end{aligned}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,96 + \sqrt{0,96^2 - 0,88^2}} = 0,75 \leq 1,0$$

$$L_{cr,z} = 4,040 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 9,63 \cdot 10^{-7}}{4,020^2} = 123,52 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,07 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{123,52 \cdot 10^3}} = 1,75$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned}\phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,75 - 0,2) + 1,75^2] = 2,19\end{aligned}$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{2,19 + \sqrt{2,19^2 - 1,75^2}} = 0,28 \leq 1,0$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,75; 0,28) = 0,28$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,28 \cdot 1,07 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 284,51 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{61,56}{284,51} = 0,57 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

2) Tlak s ohybem

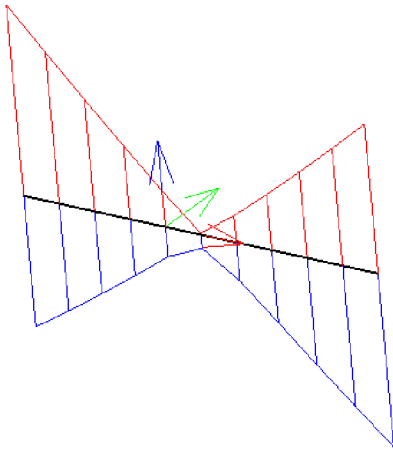
$$\psi_z = \frac{0,11}{-0,24} = -0,458$$

$$\alpha_{h,y} = \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} = \frac{0,63}{0,63} = 1,0$$

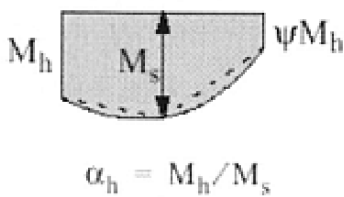
$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{h,y} = 0,95 + 0,05 \cdot 1,0 = 1,00$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi_z = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,458) = 0,417 \geq 0,4$$

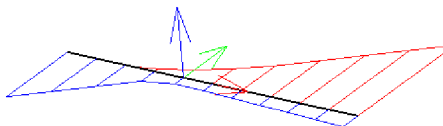
obr. – průběh momentu M_y



obr. – idealizovaný průběh momentu M_y pro výpočet



obr. – průběh momentu M_z



obr. – idealizovaný průběh momentu M_z pro výpočet



$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 1,07 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 379,85 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{y,pl} \cdot f_y = 2,840 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6 = 10,8 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{z,pl} \cdot f_y = 2,840 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6 = 10,8 \text{ kNm}$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 1,00 \cdot \left(1 + (0,88 - 0,2) \cdot \frac{61,56}{0,75 \cdot 379,85} \right) = 1,147$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 1,00 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{61,56}{0,75 \cdot 379,85} \right) = 1,17$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 0,417 \cdot \left(1 + (1,75 - 0,2) \cdot \frac{61,56}{0,28 \cdot 379,85} \right) = 0,791$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 0,417 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{61,56}{0,28 \cdot 379,85} \right) =$$

$$= 0,610$$

$$k_{yy} = 1,147$$

$$k_{zz} = 0,610$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,147 = 0,688$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,610 = 0,366$$

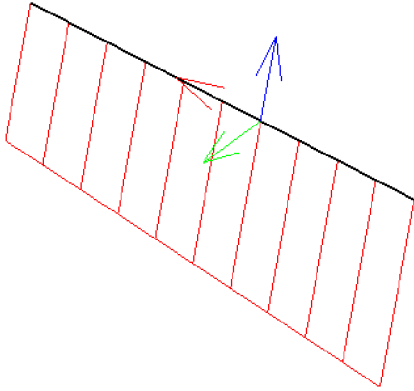
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} =$$

$$= \frac{61,56}{0,75 \cdot 379,85} + 1,147 \cdot \frac{0,63 + 0}{1,0 \cdot 10,8} + 0,366 \cdot \frac{0,11 + 0}{10,8} =$$

$$= 0,216 + 0,067 + 0,004 = 0,29 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = \\ & \frac{61,56}{0,28 \cdot 379,85} + 0,688 \cdot \frac{0,63+0}{1,0 \cdot 10,8} + 0,610 \cdot \frac{0,11+0}{10,8} = \\ & \frac{1,0}{1,0} + 0,040 + 0,006 = 0,63 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.} \end{aligned}$$

obr. – deformace prvku ve směru z



5.3.5.7. Posouzení na 2.MS (MSP)

$$u_{z,\max} = \frac{L}{250} = \frac{6062}{250} = 24,2 \text{ mm}$$

$$u_{z,\text{glob}} \leq u_{z,\max}$$

$$17,7 \text{ mm} \leq 24,2 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.5.8. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení.....0,63
- SCIA ENGINEER.....0,63

5.3.6. VAZNÍK B – SPODNÍ PÁS

Maximální orientační posudek pro MSÚ je od kombinace MSÚ/6; na prvku B1800 v místě 2,010 m.

Maximální orientační posudek pro MSP je od kombinace MSP/40; na prvku B1828 v místě 0,000 m.

5.3.6.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N, Ed = -96,71 \text{ kN}$$

$$V_{y, Ed} = 0,08 \text{ kNm}$$

$$V_{z, Ed} = 16,96 \text{ kNm}$$

$$M_{x, Ed} = 0,05 \text{ kNm}$$

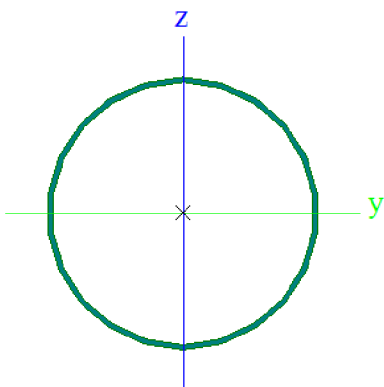
$$M_{y, Ed} = 29,31 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Ed} = 0,27 \text{ kNm}$$

5.3.6.2. Vstupní hodnoty pro MSP

$$u_{z, glob} = 17,7 \text{ mm}$$

5.3.6.3. Průřezové charakteristiky



CHS273.0/5.0		
A [m ²]	4,2100e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	2,8101e-03	2,8101e-03
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	3,7810e-05	3,7810e-05
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	2,7700e-04	2,7700e-04
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	3,5350e-04	3,5350e-04
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	8,3275e-40	7,5620e-05
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	137	137
i _y [mm], i _z [mm]	95	95

5.3.6.4. Klasifikace průřezu

obr. viz. 5.3.2.4. – klasifikace kruhového průřezu

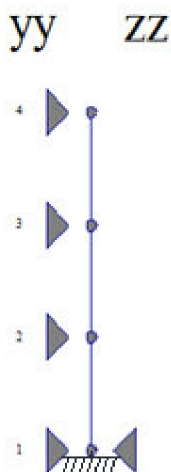
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$d = 273,0 \text{ mm}$$

$$t = 5,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{273,0}{5,0} = 54,6 \leq 90\varepsilon^2 = 90 \cdot 0,81^2 = 59,0 \rightarrow \text{tř.3}$$

Celková třída průřezu \rightarrow tř.3



5.3.6.5. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr, y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 2010}{94,8} = 21,2 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr, z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{6,0 \cdot 2010}{94,8} = 127,2 \leq 200$$

\rightarrow Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu

5.3.6.6. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Šikmý ohyb

$$M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 98,34 \text{ kNm}$$

$$M_{el,z,Rd} = \frac{W_{el,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 98,34 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 2,0$$

$$\beta = 2,0$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \right)^\beta = \left(\frac{29,31}{98,34} \right)^{2,0} + \left(\frac{0,27}{98,34} \right)^{2,0} =$$
$$= 0,09 + 0,01 = 0,10 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

2) Prostý tlak

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1494,55 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{96,71}{1494,55} = 0,06 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

3) Smyk

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 4,21 \cdot 10^{-3}}{\pi} = 2,68 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2,68 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 549,33 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{16,96}{549,33} = 0,03 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

4) Ohyb + smyk + osová síla

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{16,96}{549,33} = 0,03 \leq 0,50$$

→ Vliv smyku na únosnost v ohybu se zanedbává.

$$\sigma_{X,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot z + \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot z =$$
$$= \frac{96,71 \cdot 10^3}{4,21 \cdot 10^{-3}} + \frac{29,31 \cdot 10^3}{3,781 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{0,273}{2} + \frac{0,27 \cdot 10^3}{3,781 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{0,273}{2} =$$
$$= 128,8 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{X,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} = \frac{128,8}{355 / 1,0} = 0,36 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5) Vzpěrný tlak

$$L_{cr,y} = 2,010 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3,781 \cdot 10^{-5}}{2,010^2} = 19399,35 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{19399,35 \cdot 10^3}} = 0,28$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(0,28 - 0,2) + 0,28^2] = 0,55 \end{aligned}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,55 + \sqrt{0,55^2 - 0,28^2}} = 0,98 \leq 1,0$$

$$L_{cr,z} = 12,060 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3,781 \cdot 10^{-5}}{12,060^2} = 538,87 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{538,87 \cdot 10^3}} = 1,67$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,67 - 0,2) + 1,67^2] = 2,05 \end{aligned}$$

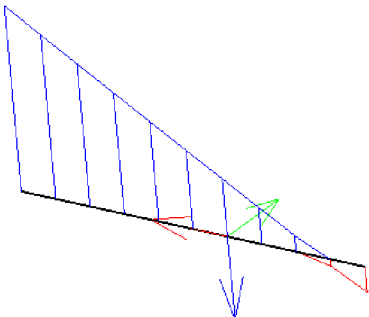
$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{2,05 + \sqrt{2,05^2 - 1,67^2}} = 0,31 \leq 1,0$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,98; 0,31) = 0,31$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,31 \cdot 4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 464,17 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{96,71}{464,17} = 0,21 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. – průběh momentu M_y



obr. – idealizovaný průběh momentu M_y pro výpočet



6) Tlak s ohybem

$$\psi_y = \frac{-4,03}{29,31} = -0,137$$

$$\psi_z = \frac{0,12}{0,27} = 0,444$$

$C_{my} = 0,90$ ve směru y-y je styčnick posuvný

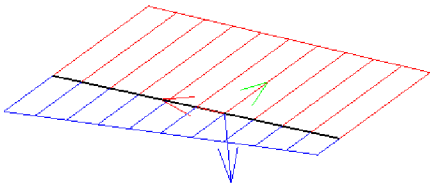
$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi_z = 0,6 + 0,4 \cdot (0,444) = 0,777 \geq 0,4$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1494,55 \text{ kN}$$

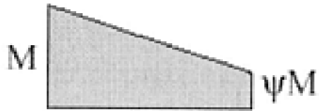
$$M_{y,Rk} = W_{y,el} \cdot f_y = 2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 98,34 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{z,el} \cdot f_y = 2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 98,34 \text{ kNm}$$

obr. – průběh momentu M_z



obr. – idealizovaný průběh momentu M_z pro výpočet



$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 0,90 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot 0,28 \cdot \frac{96,71}{0,98 \cdot 1494,55} \right) = 0,909$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,90 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{96,71}{0,98 \cdot 1494,55} \right) =$$

$$= 0,936$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 0,777 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot 1,67 \cdot \frac{96,71}{0,31 \cdot 1494,55} \right) = 0,940$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 0,777 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{96,71}{0,31 \cdot 1494,55} \right) =$$

$$= 0,874$$

$$k_{yy} = 0,909$$

$$k_{zz} = 0,874$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,909 = 0,727$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0,874$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} =$$

$$= \frac{96,71}{0,98 \cdot 1494,55} + 0,909 \cdot \frac{29,31+0}{1,0 \cdot 98,34} + 0,874 \cdot \frac{0,27+0}{98,34} =$$

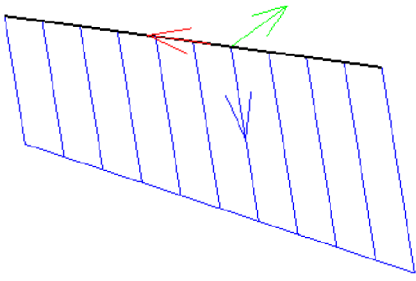
$$= 0,066 + 0,270 + 0,002 = 0,34 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} =$$

$$= \frac{96,71}{0,31 \cdot 1494,55} + 0,727 \cdot \frac{29,31+0}{1,0 \cdot 98,34} + 0,874 \cdot \frac{0,27+0}{98,34} =$$

$$= 0,208 + 0,217 + 0,006 = 0,43 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. – deformace prvku ve směru z



5.3.6.7. Posouzení na 2.MS (MSP)

$$u_{z,\max} = \frac{L}{250} = \frac{6062}{250} = 24,2 \text{ mm}$$

$$u_{z,\text{glob}} \leq u_{z,\max}$$

$$17,7 \text{ mm} \leq 24,2 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.6.8. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení.....0,43
- SCIA ENGINEER.....0,43

5.3.7. DIAGONÁLA VAZNÍKU

Maximální orientační posudek pro MSÚ je na průřezu „vazník B diagonály“ od kombinace MSÚ/8; na prvku B1855 v místě 0,000 m.

5.3.7.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N, Ed = -81,56 \text{ kN}$$

$$V_{y, Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_{z, Ed} = 0,08 \text{ kNm}$$

$$M_{x, Ed} = 0,01 \text{ kNm}$$

$$M_{y, Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

5.3.7.2. Průřezové charakteristiky

CHS76.1/4.0		
A [m ²]	9,0600e-04	
A _y [m ²], A _z [m ²]	6,0778e-04	6,0778e-04
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	5,9100e-07	5,9100e-07
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	1,5500e-05	1,5500e-05
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	2,0487e-05	2,0487e-05
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	1,4158e-42	1,1800e-06
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	38	38
i _y [mm], i _z [mm]	26	26

5.3.7.3. Klasifikace průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$d = 76,1 \text{ mm}$$

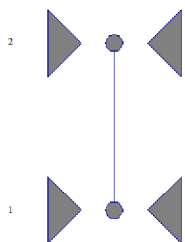
$$t = 4,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{76,1}{4,0} = 19,0 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 33,1 \rightarrow \text{tř.1}$$

Celková třída průřezu \rightarrow tř.1

obr. viz. 5.3.2.4. – klasifikace kruhového průřezu

yy zz



5.3.7.4. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr, y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 2691}{25,5} = 105,5 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr, z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{1,0 \cdot 2691}{25,5} = 105,5 \leq 200$$

\rightarrow Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu

5.3.7.5. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Vzpěrný tlak

$$L_{cr,y} = 2,691 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 5,91 \cdot 10^{-7}}{2,691^2} = 169,10 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{9,06 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{169,10 \cdot 10^3}} = 1,38$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,38 - 0,2) + 1,38^2] = 1,58 \end{aligned}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,58 + \sqrt{1,58^2 - 1,38^2}} = 0,43 \leq 1,0$$

$$\chi = \chi_y = \chi_z = 0,43$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,43 \cdot 9,06 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 137,74 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{81,56}{137,74} = 0,59 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.7.6. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení.....0,59
- SCIA ENGINEER.....0,59

5.3.8. SVISLICE VAZNÍKU

Maximální orientační posudek pro MSÚ je na průřezu „vazník A svislice“ od kombinace MSÚ/4; na prvku B1442 v místě 0,000 m.

5.3.8.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N, Ed = -109,04 \text{ kN}$$

$$V_{y, Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_{z, Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{x, Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{y, Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

5.3.8.2. Průřezové charakteristiky

CHS88.9/4.0		
A [m ²]	1,0700e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	7,1431e-04	7,1431e-04
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	9,6300e-07	9,6300e-07
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	2,1700e-05	2,1700e-05
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	2,8398e-05	2,8398e-05
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	1,5887e-42	1,9300e-06
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	44	44
i _y [mm], i _z [mm]	30	30

5.3.8.3. Klasifikace průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$d = 88,9 \text{ mm}$$

$$t = 4,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{88,9}{4,0} = 22,2 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 33,1 \rightarrow \text{tř.1}$$

Celková třída průřezu → tř.1

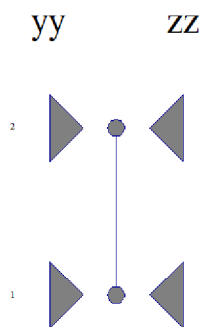
obr. viz. 5.3.2.4. – klasifikace kruhového průřezu

5.3.8.4. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr, y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 3602}{30,0} = 120,1 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr, z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{1,0 \cdot 3602}{30,0} = 120,1 \leq 200$$

→ Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu



5.3.8.5. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Vzpěrný tlak

$$L_{cr,y} = 3,602 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 9,63 \cdot 10^{-7}}{3,602^2} = 153,84 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,07 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{153,84 \cdot 10^3}} = 1,57$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,57 - 0,2) + 1,57^2] = 1,88 \end{aligned}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,88 + \sqrt{1,88^2 - 1,57^2}} = 0,34 \leq 1,0$$

$$\chi = \chi_y = \chi_z = 0,34$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,34 \cdot 1,07 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 130,62 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{109,04}{130,62} = 0,83 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.8.6. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení.....0,83
- SCIA ENGINEER.....0,83

5.3.9. ZTUŽIDLO PŘÍČNÉ

Maximální orientační posudek pro MSÚ je od kombinace MSÚ/12; na prvku B2038 v místě 0,000 m.

Maximální orientační posudek pro MSP je od kombinace MSP/20; na prvku B2033 v místě 3,614 m.

5.3.9.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N, Ed = -105,36 \text{ kN}$$

$$V_{y, Ed} = 0,04 \text{ kNm}$$

$$V_{z, Ed} = 0,64 \text{ kNm}$$

$$M_{x, Ed} = 0,51 \text{ kNm}$$

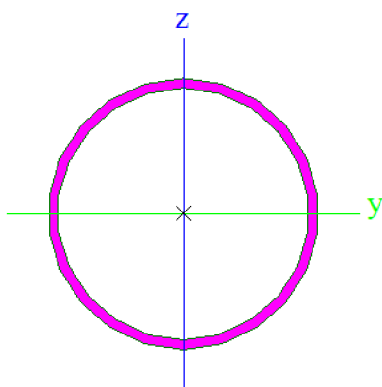
$$M_{y, Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

5.3.9.2. Vstupní hodnoty pro MSP

$$u_{z, rel} = 13,1 \text{ mm}$$

5.3.9.3. Průřezové charakteristiky



CHS139.7/5.0		
A [m ²]	2,1200e-03	
Ay [m ²], Az [m ²]	1,4158e-03	1,4158e-03
Iy [m ⁴], Iz [m ⁴]	4,8100e-06	4,8100e-06
Welz [m ³], Wely [m ³]	6,8800e-05	6,8800e-05
Wplz [m ³], Wply [m ³]	8,9331e-05	8,9331e-05
Iw [m ⁶], It [m ⁴]	5,7209e-41	9,6100e-06
cYUSS [mm], cZUSS [mm]	70	70
iy [mm], iz [mm]	48	48

5.3.9.4. Klasifikace průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

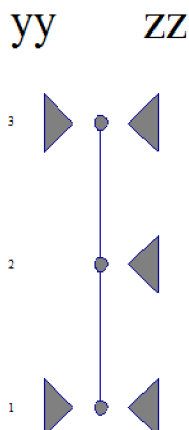
$$d = 139,7 \text{ mm}$$

$$t = 5,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{139,7}{5,0} = 27,9 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 32,8 \rightarrow \text{tř.1}$$

Celková třída průřezu \rightarrow tř.1

obr. viz. 5.3.2.4. – klasifikace kruhového průřezu



5.3.9.5. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr, y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 7213}{47,7} = 151,2 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr, z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{0,5 \cdot 7213}{47,7} = 75,6 \leq 200$$

\rightarrow Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu

5.3.9.6. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Vzpěrný tlak

$$L_{cr,y} = 7,213 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,81 \cdot 10^{-6}}{7,213^2} = 191,62 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{153,84 \cdot 10^3}} = 1,98$$

$\alpha = 0,21$křivka a

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

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,98 - 0,2) + 1,98^2] = 2,65$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{2,65 + \sqrt{2,65^2 - 1,98^2}} = 0,23 \leq 1,0$$

$$L_{cr,z} = 3,606 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,81 \cdot 10^{-6}}{3,606^2} = 766,50 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{766,50 \cdot 10^3}} = 0,99$$

$\alpha = 0,21$křivka a

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

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,21(0,99 - 0,2) + 0,99^2] = 1,07$$

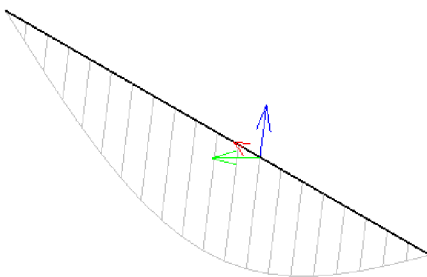
$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,07 + \sqrt{1,07^2 - 0,99^2}} = 0,67 \leq 1,0$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,23; 0,67) = 0,23$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,23 \cdot 2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 170,61 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{105,36}{170,61} = 0,62 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. – deformace prvku ve směru z



5.3.9.7. Posouzení na 2.MS (MSP)

$$u_{z,max} = \frac{L}{250} = \frac{3606}{250} = 14,4 \text{ mm}$$

$$u_{z,rel} \leq u_{z,max}$$

$$13,1 \text{ mm} \leq 14,4 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.9.8. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení.....0,62
- SCIA ENGINEER.....0,62

5.3.10. ZTUŽIDLO SVISLÉ PODÉLNÉ

Maximální orientační posudek pro MSÚ je na průřezu „ztužidlo A střední“ od kombinace MSÚ/4; na prvku B1624 v místě 0,000 m.

Maximální orientační posudek pro MSP je od kombinace MSP/25; na prvku B527 v místě 3,499 m.

5.3.10.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N_{,Ed} = 273,46 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 0,46 \text{ kNm}$$

$$M_{x,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

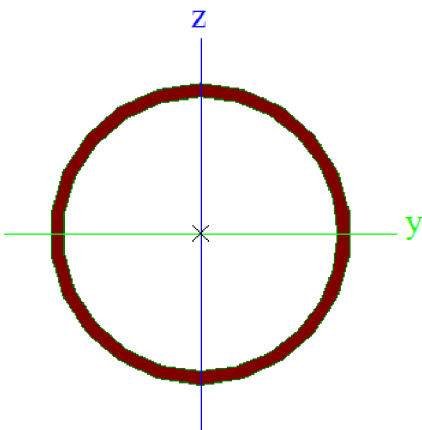
$$M_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

5.3.10.2. Vstupní hodnoty pro MSP

$$u_{z,rel} = 6,6 \text{ mm}$$

5.3.10.3. Průřezové charakteristiky



CHS114.3/5.0		
A [m ²]	1,7200e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	1,1494e-03	1,1494e-03
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	2,5700e-06	2,5700e-06
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	4,5000e-05	4,5000e-05
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	5,8832e-05	5,8832e-05
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	5,6080e-42	5,1400e-06
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	57	57
i _y [mm], i _z [mm]	39	39

5.3.10.4. Klasifikace průřezu

obr. viz. 5.3.2.4. – klasifikace kruhového průřezu

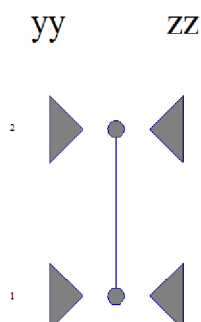
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$d = 114,3 \text{ mm}$$

$$t = 5,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{114,3}{5,0} = 22,9 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 32,8 \rightarrow \text{tř.1}$$

Celková třída průřezu → tř.1



5.3.10.5. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 6998}{38,7} = 180,8 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{1,0 \cdot 6998}{38,7} = 180,8 \leq 200$$

→ Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu

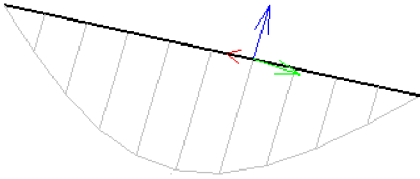
5.3.10.6. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,72 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 610,60 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{273,46}{610,60} = 0,45 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. – deformace prvku ve směru z



5.3.10.7. Posouzení na 2.MS (MSP)

$$u_{z,max} = \frac{L}{250} = \frac{6998}{250} = 27,9 \text{ mm}$$

$$u_{z,rel} \leq u_{z,max}$$

$$6,6 \text{ mm} \leq 27,9 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.10.8. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení.....0,45
- SCIA ENGINEER.....0,45

5.3.11. ZTUŽIDLO OKAPOVÉ

Maximální orientační posudek pro MSÚ je na průřezu „ztužidlo B okapové“ od kombinace MSÚ/7; na prvku B1999 v místě 0,000 m.

5.3.11.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N, Ed = -26,06 \text{ kN}$$

$$V_{y, Ed} = 0,02 \text{ kNm}$$

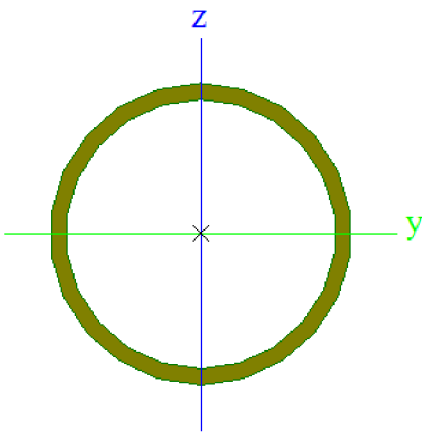
$$V_{z, Ed} = 0,14 \text{ kNm}$$

$$M_{x, Ed} = 0,04 \text{ kNm}$$

$$M_{y, Ed} = 0,13 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Ed} = 0,02 \text{ kNm}$$

5.3.11.2. Průřezové charakteristiky



CHS76.1/4.0		
A [m ²]	9,0600e-04	
A _y [m ²], A _z [m ²]	6,0778e-04	6,0778e-04
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	5,9100e-07	5,9100e-07
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	1,5500e-05	1,5500e-05
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	2,0487e-05	2,0487e-05
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	1,4158e-42	1,1800e-06
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	38	38
i _y [mm], i _z [mm]	26	26

5.3.11.3. Klasifikace průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$d = 76,1 \text{ mm}$$

$$t = 4,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{76,1}{4,0} = 19,0 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 33,1 \rightarrow \text{tř.1}$$

Celková třída průřezu → tř.1

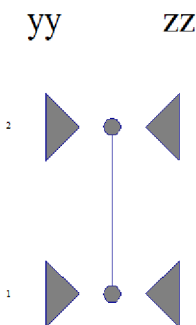
obr. viz. 5.3.2.4. – klasifikace kruhového průřezu

5.3.11.4. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr, y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{1,0 \cdot 3624}{25,5} = 142,1 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr, z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{1,0 \cdot 3624}{25,5} = 142,1 \leq 200$$

→ Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu



5.3.11.5. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Vzpěrný tlak

$$L_{cr,y} = 3,624 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 5,91 \cdot 10^{-7}}{3,624^2} = 93,28 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{9,06 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{93,28 \cdot 10^3}} = 1,86$$

$\alpha = 0,21$křivka a

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

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,86 - 0,2) + 1,86^2] = 2,40$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{2,40 + \sqrt{2,40^2 - 1,86^2}} = 0,26 \leq 1,0$$

$$\chi = \chi_y = \chi_z = 0,26$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,26 \cdot 9,06 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 82,15 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{26,06}{82,15} = 0,32 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.11.6. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení.....0,32
- SCIA ENGINEER.....0,34

Rozdíl je způsoben zanedbáním vlivu ohybových momentů na únosnost prvku v tlaku.

5.3.12. SLOUP A – BOČNÍ

Maximální orientační posudek pro MSÚ je od kombinace MSÚ/1; na prvku B72 v místě 3,199 m.

Maximální orientační posudek pro MSP je od kombinace MSP/40; na prvku B73 v místě 1,000 m.

5.3.12.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N, Ed = -120,21 \text{ kN}$$

$$V_y, Ed = -0,01 \text{ kNm}$$

$$V_z, Ed = -51,92 \text{ kNm}$$

$$M_x, Ed = -0,05 \text{ kNm}$$

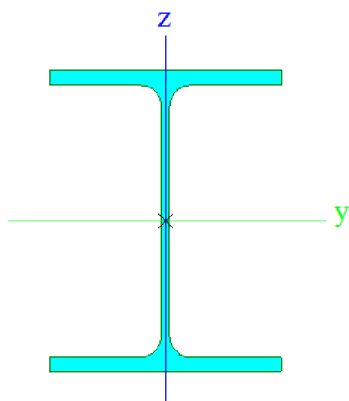
$$M_y, Ed = 180,06 \text{ kNm}$$

$$M_z, Ed = 0,00 \text{ kNm}$$

5.3.12.2. Vstupní hodnoty pro MSP

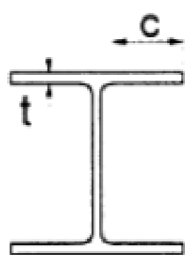
$$u_{z, glob} = 16,9 \text{ mm}$$

5.3.12.3. Průřezové charakteristiky



HEA400		
A [m ²]	1,5900e-02	
Ay [m ²], Az [m ²]	1,1006e-02	4,4726e-03
Iy [m ⁴], Iz [m ⁴]	4,5100e-04	8,5600e-05
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	5,7100e-04	2,3100e-03
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	8,7083e-04	2,5625e-03
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	2,9421e-06	1,8900e-06
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	150	195
i _y [mm], i _z [mm]	168	73

5.3.12.4. Klasifikace průřezu



$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

Pásnice: $c = 144,5 \text{ mm}$

$$t = 19,0 \text{ mm}$$

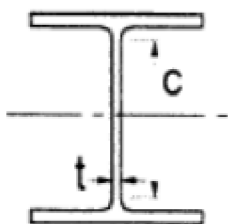
$$\frac{c}{t} = \frac{144,5}{19,0} = 7,6 \leq 33\varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,9 \rightarrow \text{tř.1}$$

Stojina: $c = 298,0 \text{ mm}$

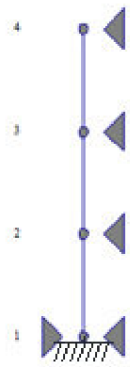
$$t = 11,0 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{298,0}{11,0} = 27,1 \leq 38\varepsilon = 38 \cdot 0,81 = 30,8 \rightarrow \text{tř.2}$$

Celková třída průřezu \rightarrow tř.2



yy zz



5.3.12.5. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{2,0 \cdot 7398}{168,4} = 87,9 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{1,0 \cdot 3199}{73,4} = 43,6 \leq 200$$

→ Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu

5.3.12.6. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Ohyb

$$M_{el,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,563 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 909,69 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{180,06}{909,69} = 0,20 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

2) Prostý tlak

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,59 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 5644,50 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{120,21}{5644,50} = 0,02 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

3) Smyk

$$\begin{aligned} A_v &= A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = \\ &= 1,59 \cdot 10^{-2} - 2 \cdot 0,300 \cdot 0,019 + (0,011 + 2 \cdot 0,027) \cdot 0,019 = \\ &= 5,735 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{5,735 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 1175,44 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{51,92}{1175,44} = 0,04 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

4) Ohyb + smyk + osová síla

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{51,92}{1175,44} = 0,04 \leq 0,50$$

→ Vliv smyku na únosnost v ohybu se zanedbává.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{120,21}{5644,50} = 0,02 \leq 0,25$$

$$\frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \cdot 0,298 \cdot 0,011 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 581,85 \text{ kN}$$

$$\geq N_{Ed} = 120,21 \text{ kN}$$

→ Vliv osové síly na únosnost v ohybu se zanedbává.

5) Vzpěrný tlak

$$L_{cr,y} = 14,796 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,51 \cdot 10^{-4}}{14,796^2} = 4269,79 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,59 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{4269,79 \cdot 10^3}} = 1,15$$

$$\frac{h}{b} = \frac{390}{300} = 1,30 \geq 1,20; t_f = 19,0 \text{ mm} \leq 40,0 \text{ mm}$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,15 - 0,2) + 1,15^2] = 1,26 \end{aligned}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,26 + \sqrt{1,26^2 - 1,15^2}} = 0,56 \leq 1,0$$

$$L_{cr,z} = 3,199 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 8,56 \cdot 10^{-5}}{3,199^2} = 17336,62 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,59 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{17336,62 \cdot 10^3}} = 0,57$$

$\alpha = 0,34$křivka b

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,34(0,57 - 0,2) + 0,57^2] = 0,73 \end{aligned}$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,73 + \sqrt{0,73^2 - 0,57^2}} = 0,84 \leq 1,0$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,56; 0,84) = 0,56$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,56 \cdot 1,59 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 3160,92 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{120,21}{3160,92} = 0,04 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

6) Klopení

$$L = 3,199 \text{ m}$$

$$k_z = 1,0$$

$$z_j = 0,0 \text{ mm}$$

$$\zeta_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0}{1,0 \cdot 6,0} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,48 \cdot 10^{-6}}{81 \cdot 10^9 \cdot 1,19 \cdot 10^{-7}}} = 0$$

$$z_a = 100,0 \text{ mm}; \quad z_s = 0,0 \text{ mm}$$

$$z_g = z_a - z_s = 100,0 - 0,0 = 100,0 \text{ mm}$$

$$\zeta_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0,1}{1,0 \cdot 6,0} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,48 \cdot 10^{-6}}{81 \cdot 10^9 \cdot 1,19 \cdot 10^{-7}}} = 0,298$$

$$k_w = 1,0$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 6,0} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,0499 \cdot 10^{-8}}{81 \cdot 10^9 \cdot 1,19 \cdot 10^{-7}}} = 0,251$$

$$C_{1,0} = 1,13$$

$$C_{1,1} = 1,13$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_{wt} = 1,13 + (1,13 - 1,13) \cdot 0,251 = 1,13$$

$$\leq C_{1,1} = 1,13$$

$$\psi_f = 0 \rightarrow C_2 = 0,46$$

$$\psi_f = 0 \rightarrow C_3 = 0,53$$

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

$$= \frac{1,13}{1,0} \cdot \left[\sqrt{1 + 0,251^2 + (0,46 \cdot 0,298 - 0,53 \cdot 0)^2} - (0,46 \cdot 0,298 - 0,53 \cdot 0) \right] = 1,02$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} =$$

$$= 1,02 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 1,48 \cdot 10^{-6} \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 1,19 \cdot 10^{-7}}}{0,5} = 350,1 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{L_t} = \sqrt{\frac{W_{y,pl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,28 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{350,1 \cdot 10^3}} = 0,481$$

$$\alpha_{L_t} = 0,76 \dots \text{křivka d}$$

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

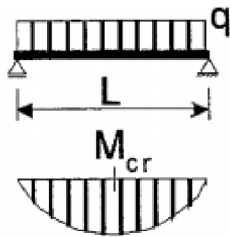
$$= 0,5 \cdot \left[1 + 0,76 (0,481 - 0,2) + 0,481^2 \right] = 0,722$$

$$\chi_{L_t} = \frac{1}{\phi_{L_t} + \sqrt{\phi_{L_t}^2 - \bar{\lambda}_{L_t}^2}} = \frac{1}{0,722 + \sqrt{0,722^2 - 0,481^2}} = 0,79 \leq 1,0$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{L_t} \cdot W_{y,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,79 \cdot 2,28 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 63,94 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{9,96}{63,94} = 0,16 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

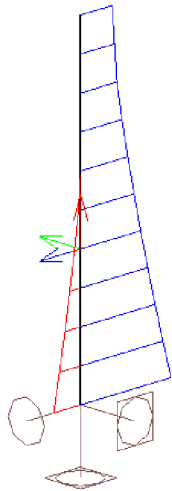
obr. – schéma zatížení pro určení součinitelů C



$$\text{I I I}$$

$$-0,9 \leq \psi_f \leq 0,$$

obr. – průběh momentu M_y



7) Tlak s ohybem

$$\psi_y = \frac{51,97}{180,06} = 0,289$$

$$\psi_z = \frac{0,0}{-0,05} = 0,0$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi_y = 0,6 + 0,4 \cdot (0,289) = 0,716 \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi_z = 0,6 + 0,4 \cdot (0,0) = 0,600 \geq 0,4$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 1,59 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6 = 5644,50 \text{ kN}$$

$$M_{y, Rk} = W_{y, pl} \cdot f_y = 2,563 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 909,69 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Rk} = W_{z, pl} \cdot f_y = 8,708 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 309,15 \text{ kNm}$$

obr. – idealizovaný průběh momentu M_y pro výpočet



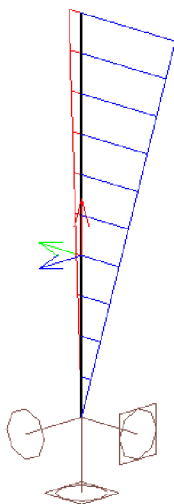
$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 0,716 \cdot \left(1 + (1,15 - 0,2) \cdot \frac{120,21}{0,56 \cdot 5644,50} \right) = 0,742$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,716 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{120,21}{0,56 \cdot 5644,50} \right) =$$

$$= 0,738$$

obr. – průběh momentu M_z



$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 0,600 \cdot \left(1 + (0,57 - 0,2) \cdot \frac{120,21}{0,84 \cdot 5644,50} \right) = 0,606$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 0,600 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{120,21}{0,84 \cdot 5644,50} \right) =$$

$$= 0,612$$

$$k_{yy} = 0,738$$

$$k_{zz} = 0,606$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,738 = 0,443$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,612 = 0,367$$

obr. – idealizovaný průběh momentu M_y pro výpočet



$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} =$$

$$\frac{120,21}{0,56 \cdot 5644,50} + 0,738 \cdot \frac{180,06+0}{0,79 \cdot 909,69} + 0,367 \cdot \frac{0,00+0}{309,15} =$$

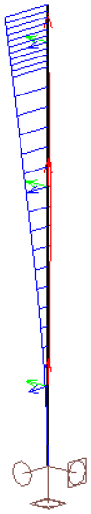
$$\frac{1,0}{1,0} + 0,185 + 0,00 = 0,22 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} =$$

$$\frac{120,21}{0,84 \cdot 5644,50} + 0,443 \cdot \frac{180,06+0}{0,79 \cdot 909,69} + 0,606 \cdot \frac{0,00+0}{309,15} =$$

$$\frac{1,0}{1,0} + 0,111 + 0,00 = 0,14 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. – deformace prvku ve směru z



5.3.12.7. Posouzení na 2.MS (MSP)

$$u_{z,\max} = \frac{L}{300} = \frac{7400}{300} = 24,7 \text{ mm}$$

$$u_{z,\text{glob}} \leq u_{z,\max}$$

$$16,9 \text{ mm} \leq 24,7 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.12.8. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

- ruční posouzení 0,22
- SCIA ENGINEER 0,20

Rozdíl je způsoben odlišnou hodnotou součinitele vzpěrné délky k_y .

5.3.13. SLOUP B

Maximální orientační posudek pro MSÚ je od kombinace MSÚ/6; na prvku B1888 v místě 0,000 m.

Maximální orientační posudek pro MSP je od kombinace MSP/22; na prvku B1904 v místě 8,159 m.

5.3.13.1. Vstupní hodnoty pro MSÚ

$$N_{,Ed} = -134,97 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = -0,06 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = -6,21 \text{ kNm}$$

$$M_{x,Ed} = -0,01 \text{ kNm}$$

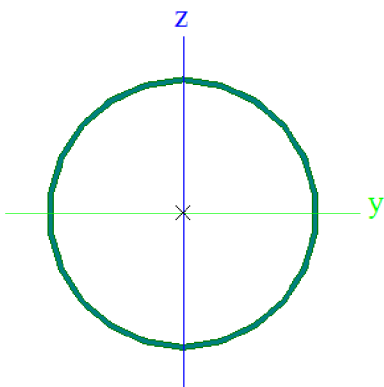
$$M_{y,Ed} = 24,86 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,68 \text{ kNm}$$

5.3.13.2. Vstupní hodnoty pro MSP

$$u_{z, glob} = 24,0 \text{ mm}$$

5.3.13.3. Průřezové charakteristiky



CHS273.0/5.0		
A [m ²]	4,2100e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	2,8101e-03	2,8101e-03
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	3,7810e-05	3,7810e-05
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	2,7700e-04	2,7700e-04
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	3,5350e-04	3,5350e-04
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	8,3275e-40	7,5620e-05
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	137	137
i _y [mm], i _z [mm]	95	95

5.3.13.4. Klasifikace průřezu

$$\varepsilon = 0,81$$

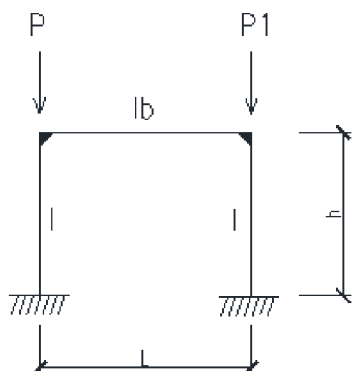
$$d = 273,0 \text{ mm}$$

$$t = 5,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{273,0}{5,0} = 54,6 \leq 90\varepsilon^2 = 90 \cdot 0,81^2 = 59,0 \rightarrow \text{tř.3}$$

Celková třída průřezu \rightarrow tř.3

obr. viz. 5.3.2.4. – klasifikace kruhového průřezu



5.3.13.5. Výpočet součinitele vzpěrné délky k_y

$$\beta_1 = 0,7 \cdot \sqrt{1 + P_1 / P} = 0,7 \cdot \sqrt{1 + 1} = 0,9899$$

$$x = \frac{I_{sloup} \cdot L}{I_{vazník} \cdot h} = \frac{3,78 \cdot 10^{-5} \cdot 8,0}{3,93 \cdot 10^{-5} \cdot 8,159} = 0,942$$

$$k_y = \beta = \beta_1 \cdot \sqrt{1 + 0,35 \cdot x - 0,017 \cdot x^2} = 0,9899 \cdot \sqrt{1 + 0,35 \cdot 0,942 - 0,017 \cdot 0,942^2} = 1,14$$

5.3.13.6. Štíhlost prvku

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{k_y \cdot L}{i_y} = \frac{1,14 \cdot 8159}{94,8} = 98,1 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{k_z \cdot L}{i_z} = \frac{0,7 \cdot 8159}{94,8} = 60,2 \leq 200$$

→ Není nutné posuzovat na účinky 2.řádu

5.3.13.7. Posouzení na 1.MS (MSÚ)

1) Šikmý ohyb

$$M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 98,34 \text{ kNm}$$

$$M_{el,z,Rd} = \frac{W_{el,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 98,34 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 2,0$$

$$\beta = 2,0$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \right)^\beta = \left(\frac{24,86}{98,34} \right)^{2,0} + \left(\frac{0,68}{98,34} \right)^{2,0} = \\ = 0,06 + 0,00 = 0,06 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

2) Prostý tlak

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1494,55 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{134,97}{1494,55} = 0,09 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

3) Smyk

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 4,21 \cdot 10^{-3}}{\pi} = 2,68 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2,68 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 549,33 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{6,21}{549,33} = 0,01 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

4) Ohyb + smyk + osová síla

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{6,21}{549,33} = 0,01 \leq 0,50$$

→ Vliv smyku na únosnost v ohybu se zanedbává.

$$\begin{aligned}\sigma_{X,Ed} &= \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot z + \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \cdot z = \\ &= \frac{134,97 \cdot 10^3}{4,21 \cdot 10^{-3}} + \frac{24,86 \cdot 10^3}{3,781 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{0,273}{2} + \frac{0,68 \cdot 10^3}{3,781 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{0,273}{2} = \\ &= 121,8 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_{X,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} = \frac{121,8}{355 / 1,0} = 0,34 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5) Vzpěrný tlak

$$L_{cr,y} = 9,301 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3,781 \cdot 10^{-5}}{9,301^2} = 905,87 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{905,87 \cdot 10^3}} = 1,28$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned}\phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(1,28 - 0,2) + 1,28^2] = 1,43\end{aligned}$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,28^2}} = 0,48 \leq 1,0$$

$$L_{cr,z} = 5,711 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3,781 \cdot 10^{-5}}{5,711^2} = 2402,7 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{2402,7 \cdot 10^3}} = 0,79$$

$\alpha = 0,21$křivka a

$$\begin{aligned}\phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21(0,79 - 0,2) + 0,79^2] = 0,87\end{aligned}$$

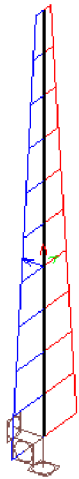
$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,87 + \sqrt{0,87^2 - 0,79^2}} = 0,81 \leq 1,0$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z) = \min(0,48; 0,81) = 0,48$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,48 \cdot 4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 717,38 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{134,97}{717,38} = 0,19 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. – průběh momentu M_z



obr. – idealizovaný průběh momentu M_z pro výpočet



6) Tlak s ohybem

$$\psi_z = \frac{0,16}{0,68} = 0,235$$

$$C_{my} = 0,90$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi_z = 0,6 + 0,4 \cdot (0,235) = 0,694 \geq 0,4$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 4,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1494,55 \text{ kN}$$

$$M_{y, Rk} = W_{y, el} \cdot f_y = 2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 98,34 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Rk} = W_{z, el} \cdot f_y = 2,77 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 98,34 \text{ kNm}$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 0,90 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot 1,28 \cdot \frac{134,97}{0,48 \cdot 1494,55} \right) = 1,03$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,90 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{134,97}{0,48 \cdot 1494,55} \right) =$$

$$= 1,00$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) =$$

$$= 0,694 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot 0,79 \cdot \frac{134,97}{0,81 \cdot 1494,55} \right) = 0,730$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 0,694 \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{134,97}{0,81 \cdot 1494,55} \right) =$$

$$= 0,740$$

$$k_{yy} = 1,00$$

$$k_{zz} = 0,73$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 1,00 = 0,80$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0,73$$

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = \\ & \frac{134,97}{0,48 \cdot 1494,55} + 1,00 \cdot \frac{24,86 + 0}{1,0 \cdot 98,34} + 0,730 \cdot \frac{0,68 + 0}{98,34} = \\ & \frac{1,0}{1,0} = 0,188 + 0,251 + 0,005 = 0,44 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = \\ & \frac{134,97}{0,81 \cdot 1494,55} + 0,80 \cdot \frac{24,86 + 0}{1,0 \cdot 98,34} + 0,730 \cdot \frac{0,68 + 0}{98,34} = \\ & \frac{1,0}{1,0} = 0,112 + 0,202 + 0,005 = 0,32 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.} \end{aligned}$$

obr. – deformace prvku ve směru z



5.3.13.8. Posouzení na 2.MS (MSP)

$$u_{z,\max} = \frac{L}{300} = \frac{8159}{300} = 27,2 \text{ mm}$$

$$u_{z,\text{glob}} \leq u_{z,\max}$$

$$24,0 \text{ mm} \leq 27,2 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

5.3.13.9. Srovnání

Maximální posudek MSÚ:

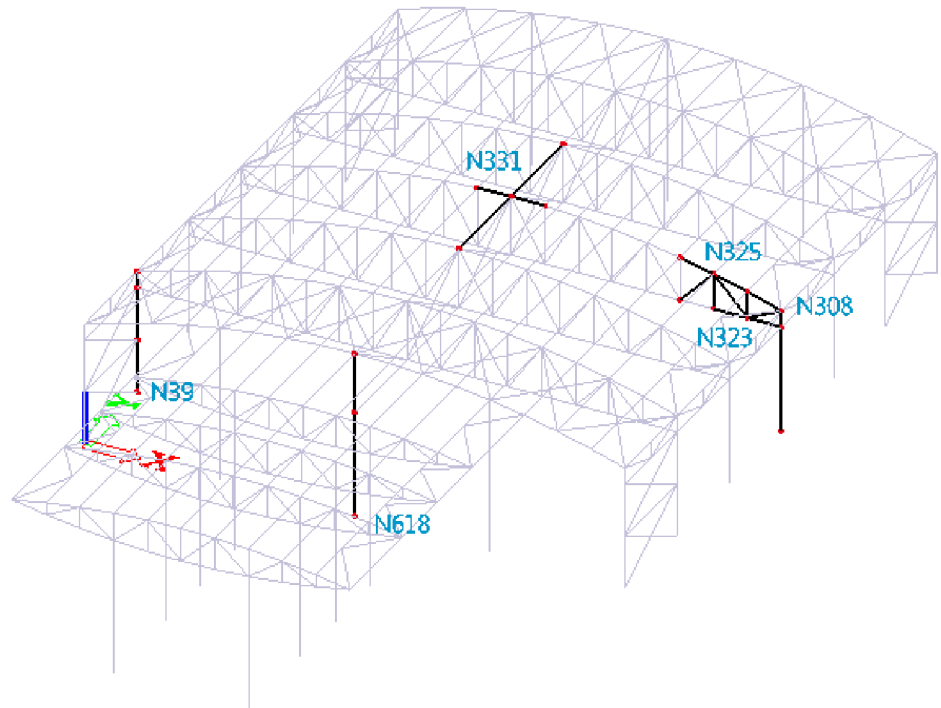
- ruční posouzení 0,45
- SCIA ENGINEER 0,43

Rozdíl je způsoben odlišnou hodnotou součinitele vzpěrné délky k_y .

6. Spoje

Vnitřní síly jsou převzaty ze softwaru SCIA ENGINEER 2013.1

- Z hlediska MSÚ budou posouzeny spoje a kotvení v těchto uzlech:



- N325 – připojení výplňových prutů k hornímu pásu vazníku
- N323 – připojení výplňových prutů k spodnímu pásu vazníku
- N331 – připojení vaznice k hornímu pásu vazníku
- N308 – uložení vazníku na sloup
- N618 – kotvení sloupu kloubově uloženého
- N39 – kotvení sloupu vetknutého v jednom směru

6.1. Připojení diagonál a svislice na horní pás vazníku

6.1.1. Přípoj v uzlu N325

Maximální účinky jsou od kombinace MSÚ/3.

6.1.1.1. Vstupní hodnoty

$$N_{1,Ed} = -135,52 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = 58,31 \text{ kN}$$

$$N_{3,Ed} = 4,22 \text{ kN}$$

$$N_{4,Ed} = -359,92 \text{ kN}$$

$$N_{5,Ed} = -224,52 \text{ kN}$$

6.1.1.2. Moment od excentricity

$$e = 84,2 \text{ mm}$$

$$e \geq 0,55 \cdot d_0 = 0,55 \cdot 139,7 = 76,8 \text{ mm} \rightarrow$$

\rightarrow rozdělení mezi všechny pruty styčnicku dle tuhostí I/L

$$\begin{aligned} \frac{I_1}{L_1} + \frac{I_2}{L_2} + \frac{I_3}{L_3} + \frac{I_4}{L_4} + \frac{I_5}{L_5} &= \\ &= \frac{2,57 \cdot 10^{-6}}{2,940} + \frac{2,57 \cdot 10^{-6}}{2,940} + \frac{9,63 \cdot 10^{-7}}{2,155} + \frac{4,81 \cdot 10^{-6}}{2,049} + \frac{4,81 \cdot 10^{-6}}{2,070} = \\ 8,74 \cdot 10^{-7} + 8,74 \cdot 10^{-7} + 4,47 \cdot 10^{-7} + 2,35 \cdot 10^{-6} + 2,32 \cdot 10^{-6} &= \\ = 6,87 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

$$e_1 = e_2 = \frac{8,74 \cdot 10^{-7}}{6,87 \cdot 10^{-6}} \cdot 84,2 = 10,7 \text{ mm}$$

$$e_3 = \frac{4,47 \cdot 10^{-7}}{6,87 \cdot 10^{-6}} \cdot 84,2 = 5,5 \text{ mm}$$

$$e_4 = \frac{2,35 \cdot 10^{-6}}{6,87 \cdot 10^{-6}} \cdot 84,2 = 28,8 \text{ mm}$$

$$e_5 = \frac{2,32 \cdot 10^{-6}}{6,87 \cdot 10^{-6}} \cdot 84,2 = 28,4 \text{ mm}$$

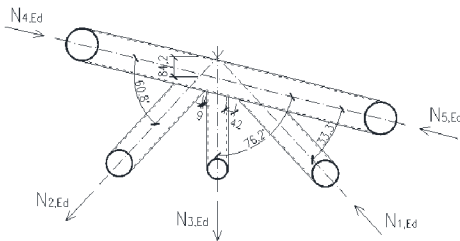
$$M_{1,Ed} = 10,7 \cdot 10^{-3} \cdot (-135,52) = -1,45 \text{ kNm}$$

$$M_{2,Ed} = 10,7 \cdot 10^{-3} \cdot 58,31 = 0,62 \text{ kNm}$$

$$M_{3,Ed} = 5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 4,22 = 0,02 \text{ kNm}$$

$$M_{4,Ed} = 28,8 \cdot 10^{-3} \cdot (-359,92) = -10,37 \text{ kNm}$$

$$M_{5,Ed} = 28,4 \cdot 10^{-3} \cdot (-224,52) = -6,38 \text{ kNm}$$



6.1.1.3. Ověření podmínek pro zjednodušené posouzení

pozn.: kritéria pro zjednodušené posouzení viz. tab. 7.1

$$d_1 / d_0 = d_2 / d_0 = 114,3 / 139,7 = 0,82; \quad 0,20 \leq 0,82 \leq 1,00$$

$$d_3 / d_0 = 88,9 / 139,7 = 0,64; \quad 0,20 \leq 0,64 \leq 1,00$$

$$d_0 / t_0 = 139,7 / 5,0 = 27,9; \quad 10,0 \leq 27,9 \leq 50,0$$

$$d_1 / t_1 = d_2 / t_2 = 114,3 / 5,0 = 22,9; \quad 10,0 \leq 22,9 \leq 50,0$$

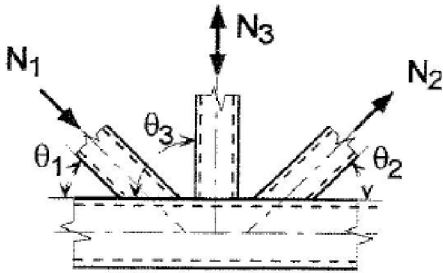
$$d_3 / t_3 = 88,9 / 4,0 = 22,2; \quad 10,0 \leq 22,2 \leq 50,0$$

$$g_1 = 41,6 \text{ mm} \geq t_1 + t_3 = 5,0 + 4,0 = 9,0 \text{ mm}$$

$$g_1 = 9,0 \text{ mm} \geq t_2 + t_3 = 5,0 + 4,0 = 9,0 \text{ mm}$$

všechny průřezy jsou klasifikovány jako tř.1 nebo tř.2

6.1.1.4. Porušení povrchu pásu



$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{4,Ed}}{A_4} = \frac{359,92}{2,12 \cdot 10^{-3}} = 169,76 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,Ed} = \sigma_{0,Ed} = 169,76 \text{ MPa}$$

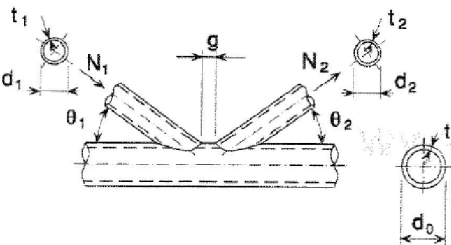
$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}}{f_{y0} \cdot \gamma_{M5}} = \frac{169,76 \cdot 10^6}{355 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,48$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{139,7}{2 \cdot 5,0} = 14,0$$

$$k_p = 1 - 0,3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0,48 \cdot (1 + 0,48) = 0,79$$

$$k_g = \gamma^{0,2} \cdot \left(1 + \frac{0,024 \cdot \gamma^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot g / t_0 - 1,33)} \right) =$$

$$= 14,0^{0,2} \cdot \left(1 + \frac{0,024 \cdot 14,0^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot 41,6 / 5,0 - 1,33)} \right) = 1,75$$



$$N_{1,Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3 \cdot d_0} \right) / \gamma_{M5} =$$

$$= \frac{1,75 \cdot 0,79 \cdot 355 \cdot 5^2}{\sin 32,8^\circ} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{2 \cdot 114,3 + 88,9}{3 \cdot 139,7} \right) / 1,0 = 215,79 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \cdot N_{1,Rd} = \frac{\sin 32,8^\circ}{\sin 60,4^\circ} \cdot 215,79 = 134,45 \text{ kN}$$

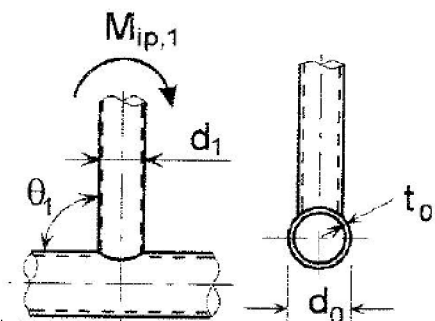
$$N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1 + N_{3,Ed} \cdot \sin \theta_3 \leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1$$

$$135,52 \cdot \sin 32,8^\circ + 4,22 \cdot \sin 76,2^\circ \leq 215,79 \cdot \sin 32,8^\circ$$

$$77,51 \text{ kN} \leq 116,90 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$N_{2,Ed} \leq N_{2,Rd}$$

$$58,31 \text{ kN} \leq 134,45 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



$$\beta = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3 \cdot d_0} = \frac{2 \cdot 114,3 + 88,9}{3 \cdot 139,7} = 0,76$$

$$M_{ip,1,Rd} = 4,85 \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_1}{\sin \theta_1} \cdot \frac{\sqrt{\gamma} \cdot \beta \cdot k_p}{\gamma_{M5}} =$$

$$= 4,85 \cdot \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 5,0^2 \cdot 114,3 \cdot 10^{-9}}{\sin 32,8^\circ} \cdot \frac{\sqrt{14,0} \cdot 0,76 \cdot 0,79}{1,0} = 20,4 \text{ kNm}$$

$$M_{ip,2,Rd} = 4,85 \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_2}{\sin \theta_2} \cdot \frac{\sqrt{\gamma} \cdot \beta \cdot k_p}{\gamma_{M5}} =$$

$$= 4,85 \cdot \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 5,0^2 \cdot 114,3 \cdot 10^{-9}}{\sin 60,4^\circ} \cdot \frac{\sqrt{14,0} \cdot 0,76 \cdot 0,79}{1,0} = 12,71 \text{ kNm}$$

$$M_{ip,3,Rd} = 4,85 \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_3}{\sin \theta_3} \cdot \frac{\sqrt{\gamma} \cdot \beta \cdot k_p}{\gamma_{M5}} =$$

$$= 4,85 \cdot \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 5,0^2 \cdot 88,9 \cdot 10^{-9}}{\sin 76,2^\circ} \cdot \frac{\sqrt{14,0} \cdot 0,76 \cdot 0,79}{1,0} = 8,85 \text{ kNm}$$

$$N_{3,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_3} \cdot N_{1,Rd} = \frac{\sin 32,8^\circ}{\sin 76,2^\circ} \cdot 215,79 = 120,38 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} + \left(\frac{M_{1,Ed}}{M_{ip,1,Rd}} \right)^2 = \frac{135,52}{215,79} + \left(\frac{1,45}{20,40} \right)^2 = 0,63 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} + \left(\frac{M_{2,Ed}}{M_{ip,2,Rd}} \right)^2 = \frac{58,31}{134,45} + \left(\frac{0,62}{12,71} \right)^2 = 0,44 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\frac{N_{3,Ed}}{N_{3,Rd}} + \left(\frac{M_{3,Ed}}{M_{ip,3,Rd}} \right)^2 = \frac{4,22}{120,38} + \left(\frac{0,02}{8,85} \right)^2 = 0,04 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

6.1.1.5. Porušení prolomením smykem

$$d_1 = d_2 = 114,3 \text{ mm} \leq d_0 - 2 \cdot t_0 = 139,7 - 2 \cdot 5,0 = 129,7 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \cdot \sin^2 \theta_1} / \gamma_{M5} =$$

$$= \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 5,0 \cdot \pi \cdot 114,3 \cdot \frac{1 + \sin 32,8^\circ}{2 \cdot \sin^2 32,8^\circ} / 1,0 = 966,71 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \frac{1 + \sin \theta_2}{2 \cdot \sin^2 \theta_2} / \gamma_{M5} =$$

$$= \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 5,0 \cdot \pi \cdot 114,3 \cdot \frac{1 + \sin 60,4^\circ}{2 \cdot \sin^2 60,4^\circ} / 1,0 = 454,98 \text{ kN}$$

$$d_3 = 88,9 \text{ mm} \leq d_0 - 2 \cdot t_0 = 139,7 - 2 \cdot 5,0 = 129,7 \text{ mm}$$

$$N_{3,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \frac{1 + \sin \theta_3}{2 \cdot \sin^2 \theta_3} / \gamma_{M5} =$$

$$= \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 5,0 \cdot \pi \cdot 88,9 \cdot \frac{1 + \sin 76,2^\circ}{2 \cdot \sin^2 76,2^\circ} / 1,0 = 299,10 \text{ kN}$$

$$M_{ip,1,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_1^2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1 + 3 \cdot \sin \theta_1}{4 \cdot \sin^2 \theta_1} / \gamma_{M5} =$$

$$= \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 5,0^2 \cdot 114,3^2 \cdot 10^{-12}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1 + 3 \cdot \sin 32,8^\circ}{4 \cdot \sin^2 32,8^\circ} / 1,0 = 149,78 \text{ kNm}$$

$$M_{ip,2,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_2^2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1 + 3 \cdot \sin \theta_2}{4 \cdot \sin^2 \theta_2} / \gamma_{M5} =$$

$$= \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 5,0^2 \cdot 114,3^2 \cdot 10^{-12}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1 + 3 \cdot \sin 60,4^\circ}{4 \cdot \sin^2 60,4^\circ} / 1,0 = 79,87 \text{ kNm}$$

$$M_{ip,3,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot d_3^2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1 + 3 \cdot \sin \theta_3}{4 \cdot \sin^2 \theta_3} / \gamma_{M5} =$$

$$= \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 5,0^2 \cdot 88,9^2 \cdot 10^{-12}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1 + 3 \cdot \sin 76,2^\circ}{4 \cdot \sin^2 76,2^\circ} / 1,0 = 42,01 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} + \left(\frac{M_{1,Ed}}{M_{ip,1,Rd}} \right)^2 = \frac{135,52}{966,71} + \left(\frac{1,45}{149,78} \right)^2 = 0,14 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} + \left(\frac{M_{2,Ed}}{M_{ip,2,Rd}} \right)^2 = \frac{58,31}{454,98} + \left(\frac{0,62}{79,87} \right)^2 = 0,13 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\frac{N_{3,Ed}}{N_{3,Rd}} + \left(\frac{M_{3,Ed}}{M_{ip,3,Rd}} \right)^2 = \frac{4,22}{299,10} + \left(\frac{0,02}{42,01} \right)^2 = 0,01 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

6.1.1.6. Návrh svaru

Navržen je obvodový koutový svar ($a=3 \text{ mm}$).

6.2. Připojení diagonál a svislice na spodní pás vazníku

6.2.1. Přípoj v uzlu N323

Maximální účinky jsou od kombinace MSÚ/3.

6.2.1.1. Vstupní hodnoty

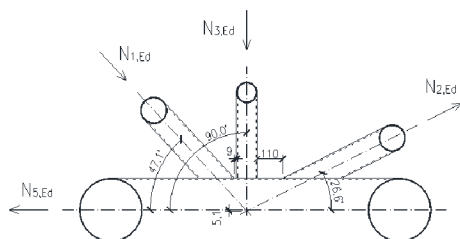
$$N_{1,Ed} = -135,52 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = 259,18 \text{ kN}$$

$$N_{3,Ed} = -24,34 \text{ kN}$$

$$N_{4,Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

$$N_{5,Ed} = 323,83 \text{ kN}$$



pozn.: kritéria pro zjednodušené posouzení viz. tab. 7.1

6.2.1.2. Moment od excentricity

$e = 5,1 \text{ mm}$ → Moment od excentricity je zanedbán.

6.2.1.3. Ověření podmínek pro zjednodušené posouzení

$$d_1 / d_0 = d_2 / d_0 = 114,3 / 273,0 = 0,42; \quad 0,20 \leq 0,42 \leq 1,00$$

$$d_3 / d_0 = 88,9 / 273,0 = 0,33; \quad 0,20 \leq 0,33 \leq 1,00$$

$$d_0 / t_0 = 273,0 / 5,0 = 54,6; \quad 54,6 \geq 50,0$$

$$d_1 / t_1 = d_2 / t_2 = 114,3 / 5,0 = 22,9; \quad 10,0 \leq 22,9 \leq 50,0$$

$$d_3 / t_3 = 88,9 / 4,0 = 22,2; \quad 10,0 \leq 22,2 \leq 50,0$$

$$g_1 = 9,0 \text{ mm} \geq t_1 + t_3 = 5,0 + 4,0 = 9,0 \text{ mm}$$

$$g_1 = 110,1 \text{ mm} \geq t_2 + t_3 = 5,0 + 4,0 = 9,0 \text{ mm}$$

spodní pás spadá do tř.3, ale ve výpočtu se uvažuje jako tř.2

6.2.1.4. Porušení povrchu pásu

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{4,Ed}}{A_4} = \frac{0}{4,21 \cdot 10^{-3}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,Ed} = \sigma_{0,Ed} = 0 \text{ MPa}$$

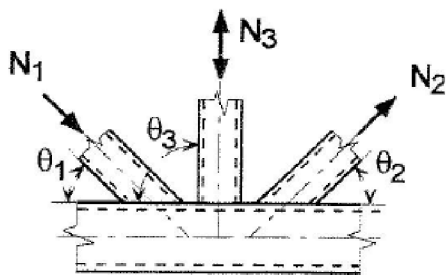
$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}}{f_{y0} \cdot \gamma_{M5}} = \frac{0}{355 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0$$

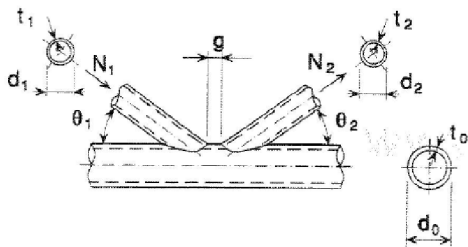
$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{273,0}{2 \cdot 5,0} = 27,3$$

$$k_p = 1 - 0,3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0 \cdot (1 + 0) = 1,0$$

$$k_g = \gamma^{0,2} \cdot \left(1 + \frac{0,024 \cdot \gamma^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot g / t_0 - 1,33)} \right) =$$

$$= 27,3^{0,2} \cdot \left(1 + \frac{0,024 \cdot 27,3^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot 110,1 / 5,0 - 1,33)} \right) = 1,94$$





$$N_{1,Rd} = \frac{k_s \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3 \cdot d_0} \right) / \gamma_{M5} =$$

$$= \frac{1,94 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 5,0^2}{\sin 47,1^\circ} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{2 \cdot 114,3 + 88,9}{3 \cdot 273,0} \right) / 1,0 = 135,25 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \cdot N_{1,Rd} = \frac{\sin 47,1^\circ}{\sin 26,6^\circ} \cdot 135,25 = 221,27 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1 + N_{3,Ed} \cdot \sin \theta_3 \leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1$$

$$135,52 \cdot \sin 47,1^\circ + 24,34 \cdot \sin 90,0^\circ \leq 135,25 \cdot \sin 47,1^\circ$$

$$123,61 \text{ kN} \leq 99,08 \text{ kN} \rightarrow \text{Nevyhovuje.}$$

$$N_{2,Ed} \leq N_{2,Rd}$$

$$259,18 \text{ kN} \leq 221,27 \text{ kN} \rightarrow \text{Nevyhovuje.}$$

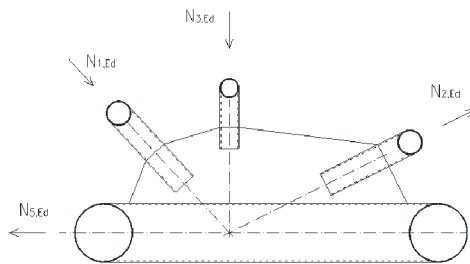
$$N_{3,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_3} \cdot N_{1,Rd} = \frac{\sin 47,1^\circ}{\sin 90,0^\circ} \cdot 135,25 = 99,08 \text{ kN}$$

$$N_{3,Ed} \leq N_{3,Rd}$$

$$24,34 \text{ kN} \leq 99,08 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

Z důvodu nevyhovujících podmínek posouzení porušení povrchu pásu je navržen styčnickový plech.

6.2.1.5. Posouzení spoje se styčnickovým plechem



Navrženy jsou koutové svary.

Styčnickový plech je navržen v tloušťce 10 mm z oceli S235.

Přípoj styčnickového plechu ke spodnímu pásu je realizován jako koutový svar po celém obvodu plechu.

a) Přípoj diagonály N1

$$a = 4,0 \text{ mm}$$

$$l = 200,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \cdot l} = \frac{N_{1,Ed}}{a \cdot l} = \frac{135,52 \cdot 10^3}{4 \cdot 200} = 169,40 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,80$$

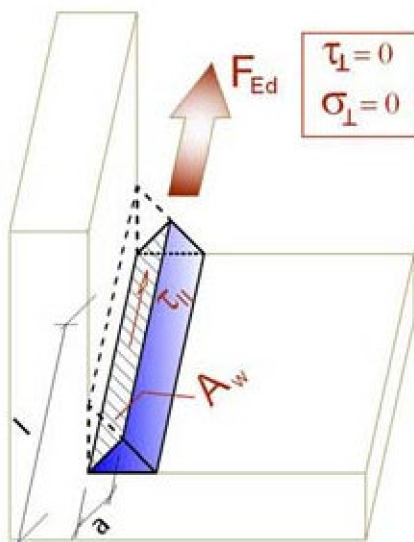
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 169,40^2)} \leq \frac{360}{0,80 \cdot 1,25}$$

$$293,41 \text{ MPa} \leq 360,0 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$0 \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



b) Příklad diagonály N2

$$a = 4,0 \text{ mm}$$

$$l = 320,0 \text{ mm}$$

obr. namáhání svaru viz.

6.2.1.5. – přípoj diagonály N1

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \cdot l} = \frac{N_{2,Ed}}{a \cdot l} = \frac{259,18 \cdot 10^3}{4 \cdot 320} = 202,48 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,80$$

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

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 202,48^2)} \leq \frac{360}{0,80 \cdot 1,25}$$

$$350,71 \text{ MPa} \leq 360,0 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

c) Příklad svislice N3

$$a = 3,0 \text{ mm}$$

$$l = 100,0 \text{ mm}$$

obr. namáhání svaru viz.

6.2.1.5. – přípoj diagonály N1

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \cdot l} = \frac{N_{1,Ed}}{a \cdot l} = \frac{24,34 \cdot 10^3}{3 \cdot 100} = 81,13 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,80$$

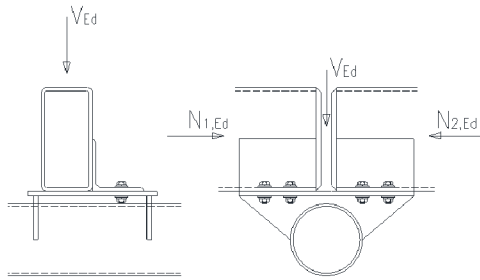
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 81,13^2)} \leq \frac{360}{0,80 \cdot 1,25}$$

$$140,53 \text{ MPa} \leq 360,0 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

6.3. Připojení vaznice k hornímu pásu vazníku

6.3.1. Přípoj v uzlu N331



Maximální účinky jsou od kombinace MSÚ/4.

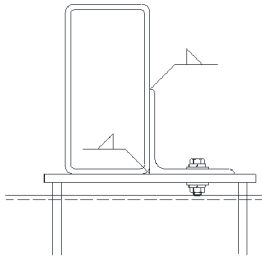
Plech u oceli S235 bude k profilu horního pásu připojen pomocí koutových svarů po celém obvodu plechu.

6.3.1.1. Vstupní hodnoty

$$N_{1,Ed} = -149,74 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = -149,93 \text{ kN}$$

$$V_z = 9,73 \text{ kN}$$



6.3.1.2. Posouzení svarů

$$a_1 = a_2 = 3,0 \text{ mm}$$

$$l_1 = l_2 = 150,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_M = \frac{V_z}{a \cdot l} = \frac{9,73}{2 \cdot 3 \cdot 150} = 10,81 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{10,81}{\sqrt{2}} = 7,64 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{10,81}{\sqrt{2}} = 7,64 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \cdot l} = \frac{N_{2,Ed}}{a \cdot l} = \frac{149,93 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 150} = 166,59 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,80$$

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

$$\sqrt{7,64^2 + 3 \cdot (7,64^2 + 166,59^2)} \leq \frac{360}{0,80 \cdot 1,25}$$

$$288,96 \text{ MPa} \leq 360,0 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$7,64 \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,20 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

6.3.1.3. Posouzení šroubů

Navrženy šrouby M20 10.9 – 2 šrouby na každé straně

$$f_{yb} = 900 \text{ MPa}$$

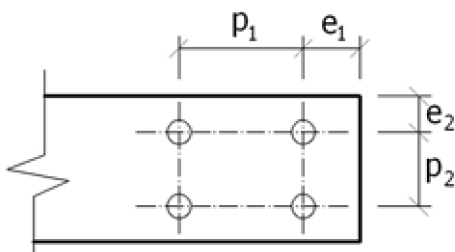
$$f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$$

vůle 2 mm

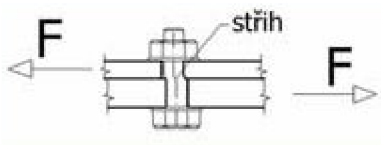
$$e_1 = \min 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \leq 50,0 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$p_1 = \min 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \text{ mm} \leq 50,0 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$e_2 = \min 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \leq 45,0 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



a) Posouzení na stříh



$$\alpha_v = 0,5$$

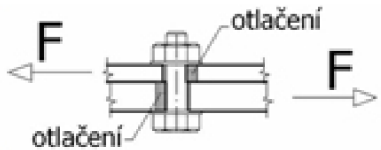
$$A = A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 245}{1,25} = 98,0 \text{ kN}$$

$$n \cdot F_{v,Rd} \geq N_{2,Ed}$$

$$2 \cdot 98,0 = 196,0 \text{ kN} \geq 149,93 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

b) Posouzení na otláčení



$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left(2,8 \cdot \frac{45}{22} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

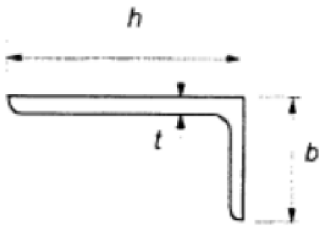
$$\alpha_d = \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{50}{3 \cdot 22} = 0,76$$

$$\alpha_b = \min \left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \min \left(0,76; \frac{1000}{360}; 1,0 \right) = 0,76$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,76 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} = 109,44 \text{ kN}$$

$$n \cdot F_{v,Rd} \geq N_{2,Ed}$$

$$2 \cdot 109,44 = 218,88 \text{ kN} \geq 149,93 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

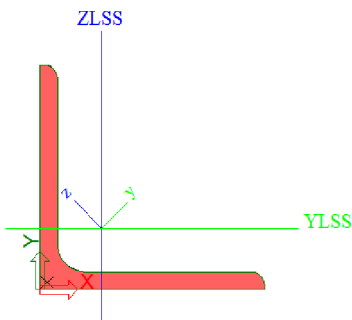


6.3.1.4. Posouzení úhelníku L 90x90x8 (S235)

$$\frac{h}{t} \leq 15 \cdot \epsilon; \quad \frac{b+h}{2 \cdot t} \leq 11,5 \cdot \epsilon$$

$$\frac{90}{10} \leq 15 \cdot 1,0; \quad \frac{90+90}{2 \cdot 10} \leq 11,5 \cdot 1,0$$

$$9,0 \leq 15,0; \quad 9,0 \leq 11,5 \rightarrow \text{tř.3}$$



$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1713 \cdot 235}{1,0} = 402,56 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{149,93}{402,56} = 0,37 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

6.3.1.5. Posouzení plechu (S235)

Nepředpokládá se lokální boulení plechu.

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10 \cdot 250 \cdot 235}{1,0} = 587,50 \text{ kN}$$

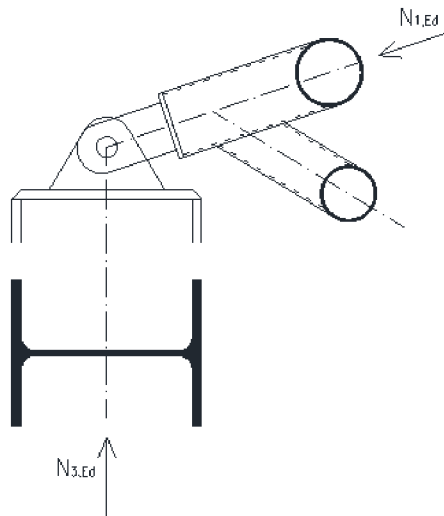
$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{149,93}{587,50} = 0,26 \leq 1,0 \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

6.4. Uložení vazníku na sloup

6.4.1. Přípoj v uzlu N308

Maximální účinky jsou od kombinace MSÚ/3.

Předpokládá se, že plechy čepu (S235) nejsou náchylné k boulení.



6.4.1.1. Vstupní hodnoty

$$N_{1,Ed} = -220,34 \text{ kN}$$

$$N_{3,Ed} = -205,10 \text{ kN}$$

6.4.1.2. Návrh čepu

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$d_0 = 43 \text{ mm}$$

$$\text{čepy pevnosti 5.8} \rightarrow f_{up} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yp} = 400 \text{ MPa}$$

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 20,0^2 = 1256,63 \text{ mm}^2$$

6.4.1.3. Návrh plechu horního pásu

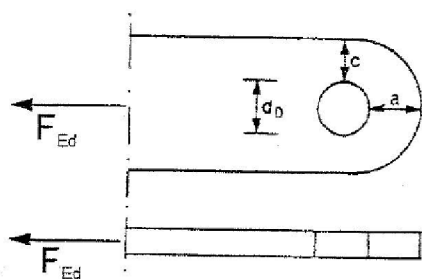
$$t = 30 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{N_{1,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{220,34 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 30 \cdot 355 \cdot 10^6} + \frac{2 \cdot 43}{3} = 39,0 \text{ mm}$$

$$a = 40,0 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{N_{1,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{220,34 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6} + \frac{43 \cdot 10^{-3}}{3} = 24,7 \text{ mm}$$

$$c = 30,0 \text{ mm}$$



6.4.1.4. Návrh plechu sloupu

$$t_1 = 15 \text{ mm}$$

$$a = 40 \text{ mm}$$

$$c = 45 \text{ mm}$$

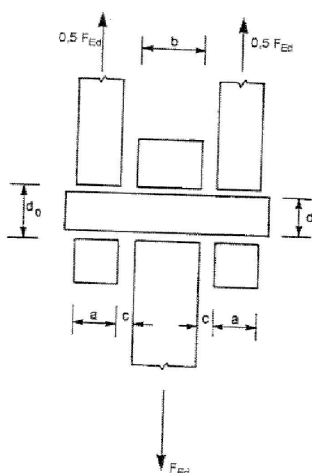
6.4.1.5. Posouzení čepu ve stříhu

$$n_s = 2 \quad \dots 2 \text{ roviny stříhu}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{n_s \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 1256,63 \cdot 500}{1,25} = 603,18 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = N_{1,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$220,34 \text{ kN} \leq 603,18 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



6.4.1.6. Posouzení plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 30 \cdot 40 \cdot 235}{1,0} = 423,0 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = N_{1,Ed} \leq F_{b,Rd}$$

$$220,34 \text{ kN} \leq 423,0 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

6.4.1.7. Posouzení čepu v ohybu

$$M_{Ed} = \frac{N_{1,Ed}}{8} \cdot (b + 4 \cdot c + 2 \cdot a) =$$

$$= \frac{220,34}{8} \cdot (30 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 15) = 1,87 \text{ kNm}$$

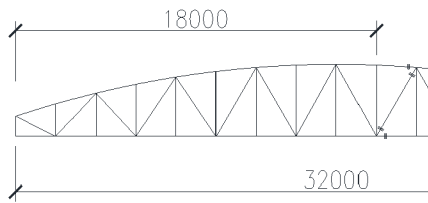
$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 6,28 \cdot 10^{-6} \cdot 400 \cdot 10^6}{1,0} = 3,77 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{1,87}{3,77} = 0,50 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

6.4.1.8. Posouzení čepu na kombinaci stříhu a ohybu

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 = \left[\frac{1,87}{3,77} \right]^2 + \left[\frac{220,34}{603,18} \right]^2 =$$

$$= 0,38 \leq 1,0 \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



7. Montážní spoje

7.1. Montážní spoj spodního pásu

7.1.1. Přípoj na prvku B1219

Maximální účinky jsou od kombinace MSÚ/3.

Plech z oceli S235 tloušťky 15 mm bude k profilu pásu připojen koutovým svarem po celé délce obvodu.

7.1.1.1. Vstupní hodnoty

$$N_{Ed} = 376,47 \text{ kN}$$

7.1.1.2. Návrh šroubů

Navrženy šrouby M20 10.9 – 6 šroubů

$$f_{yb} = 900 \text{ MPa}$$

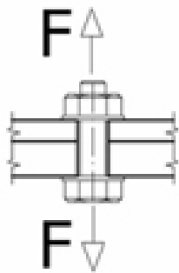
$$f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$$

vůle 2 mm

$$p_1 = \min 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \text{ mm} \leq 167,0 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$e_2 = \min 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \leq 32,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

7.1.1.3. Posouzení šroubů v tahu na přetržení



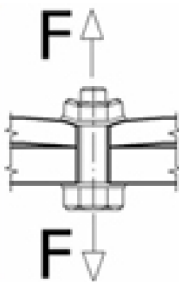
$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 245}{1,25} = 176,40 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = N_{Ed} \leq n \cdot F_{t,Rd}$$

$$376,47 \text{ kN} \leq 6 \cdot 176,40 = 1058,40 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

7.1.1.4. Posouzení šroubů v tahu na protlačení hlavy šroubu nebo matice



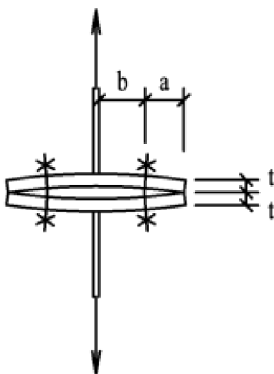
$$d_m = 32,3 \text{ mm}$$

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M0}} = 0,6 \cdot \pi \cdot 32,3 \cdot 15 \cdot \frac{360}{1,0} = 328,77 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = N_{Ed} \leq n \cdot B_{p,Rd}$$

$$376,47 \text{ kN} \leq 6 \cdot 328,77 = 1972,64 \text{ kN} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

7.1.1.5. Vliv páčení



$$t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{32,5 \cdot 20^2}{32,5}} = 31,7 \text{ mm}$$

$$t \geq t_e$$

$$15 \text{ mm} \leq 31,7 \text{ mm} \rightarrow \text{S vlivem páčení se musí počítat.}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{31,7^3 - 15^3}{20^2} = 1,36$$

$$F_{t,Sd} = \gamma_p \cdot N_{Ed} = 1,36 \cdot 376,47 = 510,49 \text{ kN}$$

➤ nové posouzení na přetržení:

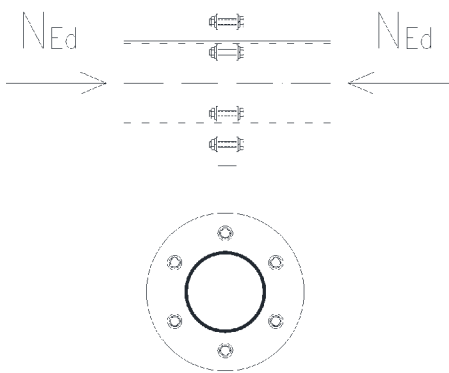
$$F_{t,Sd} \leq n \cdot F_{t,Rd}$$

$$510,49 \text{ kN} \leq 6 \cdot 176,40 = 1058,40 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

➤ nové posouzení na protlačení:

$$F_{t,Sd} \leq n \cdot B_{p,Rd}$$

$$510,49 \text{ kN} \leq 6 \cdot 328,77 = 1972,64 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



7.2. Montážní spoj horního pásu

7.2.1. Přípoj na prvku B1234

Tento přípoj je vždy tlačén.

7.3. Montážní přípoj diagonály

7.3.1. Přípoj na prvku B126

Maximální účinky jsou od kombinace MSÚ/2.

Plech z oceli S235 bude k profilu diagonály připojen koutovým svarem po celé délce obvodu.

7.3.1.1. Vstupní hodnoty

$$N_{Ed} = -109,91 \text{ kN}$$

7.3.1.2. Posouzení svaru plechu na plech

$$a = 3,0 \text{ mm}$$

$$l = 2 \cdot 115 = 230,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_M = \frac{N_{Ed}}{a \cdot l} = \frac{109,91}{3 \cdot 230} = 159,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{159,29}{\sqrt{2}} = 112,63 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{159,29}{\sqrt{2}} = 112,63 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,80$$

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

$$\sqrt{112,63^2 + 3 \cdot (112,63^2 + 0^2)} \leq \frac{360}{0,80 \cdot 1,25}$$

$$225,27 \text{ MPa} \leq 360,0 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$112,63 \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,20 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

7.3.1.3. Posouzení šroubů

Navrženy šrouby M20 10.9 – 2 šrouby

$$f_{yb} = 900 \text{ MPa}$$

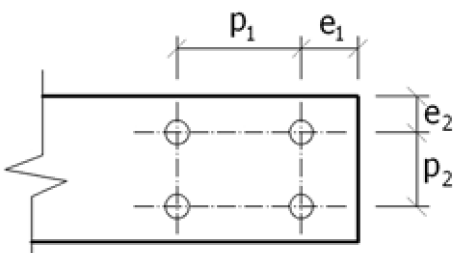
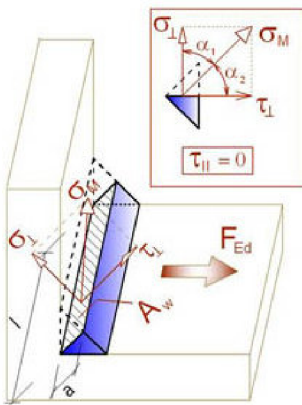
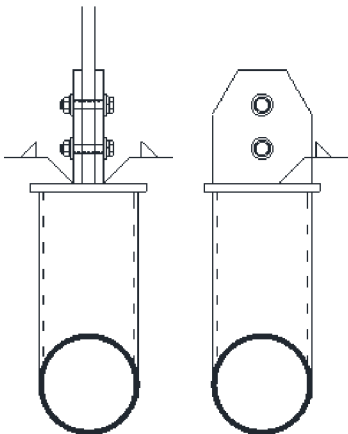
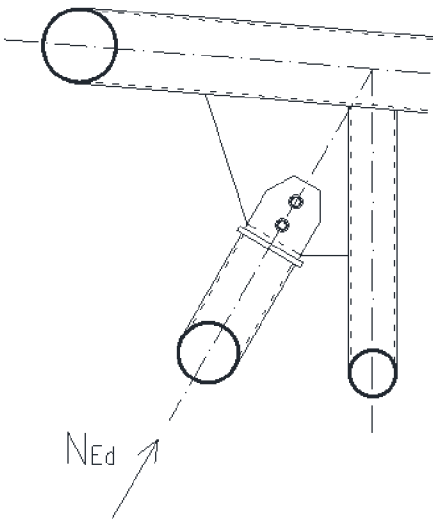
$$f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$$

vůle 2 mm

$$e_1 = \min 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \leq 40,0 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$p_1 = \min 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \text{ mm} \leq 50,0 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$e_2 = \min 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \leq 44,0 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



a) Posouzení na stříh

$$\alpha_v = 0,5$$

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

$$n_s = 2 \quad \dots\dots 2 \text{ roviny stříhu}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{n_s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 245}{1,25} = 196,0 \text{ kN}$$

$$n \cdot F_{v,Rd} \geq N_{Ed}$$

$$2 \cdot 196,0 = 392,0 \text{ kN} \geq 109,91 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. namáhání šroubů viz.
6.3.1.3. – posouzení na stříh

b) Posouzení na otláčení

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left(2,8 \cdot \frac{44}{22} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{40}{3 \cdot 22} = 0,61$$

$$\alpha_b = \min \left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \min \left(0,61; \frac{1000}{360}; 1,0 \right) = 0,61$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,61 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 15}{1,25} = 131,76 \text{ kN}$$

$$n \cdot F_{v,Rd} \geq N_{Ed}$$

$$2 \cdot 131,76 = 263,52 \text{ kN} \geq 149,93 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

obr. namáhání šroubů viz.
6.3.1.3. – posouzení na
otlačení

8. Kotvení sloupů

8.1. Kotvení kloubově uloženého sloupu

8.1.1. Kotvení v uzlu N618

Maximální účinky jsou od kombinace MSÚ/4 a MSÚ/11 pro posouzení svaru a patky a MSÚ/11 pro posouzení přenosu smykových sil a posouzení šroubů. Plech je navržen z oceli S235.

8.1.1.1. Vstupní hodnoty

$$N_{Ed,max} = -265,84 \text{ kN}; \quad V_{z,Ed,odp} = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,max} = -81,60 \text{ kN}; \quad N_{Ed,odp} = -161,84 \text{ kN}$$

8.1.1.2. Posouzení přenosu vodorovných sil třením

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{c,Ed} = 0,2 \cdot 161,84 = 32,37 \text{ kN}$$

$$F_{f,Rd} = 32,37 \text{ kN} \leq V_z = 81,60 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Nevyhovuje.}$$

Navrženy kotevní šrouby - funkce smykové zarážky (budou zainjektovány).

8.1.1.3. Posouzení šroubů

Navrženy kotevní šrouby Hilti M24 8.8 (2 šrouby) v kombinaci s příslušnými lepicími injektovanými hmotami Hilti.

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

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

vůle 2 mm

a) Posouzení na stříh

$$\alpha_v = 0,6$$

$$A = A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$n_s = 2 \quad \dots\dots 2 \text{ roviny stříhu}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{n_s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 800 \cdot 353}{1,25} = 271,10 \text{ kN}$$

$$n \cdot F_{v,Rd} \geq F_{v,Ed} = V_z$$

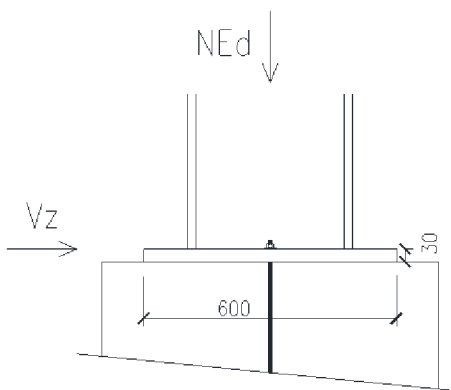
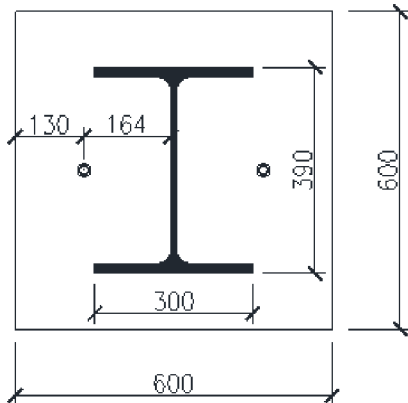
$$2 \cdot 271,10 = 542,21 \text{ kN} \geq 81,60 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

b) Posouzení na otláčení

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left(2,8 \cdot \frac{130}{26} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{300}{3 \cdot 26} = 3,85$$

$$\alpha_b = \min \left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \min \left(3,85; \frac{800}{490}; 1,0 \right) = 1,0$$



$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 20}{1,25} = 345,60 \text{ kN}$$

$$n \cdot F_{b,Rd} \geq F_{v,Ed} = V_z$$

$$2 \cdot 345,60 = 691,20 \text{ kN} \geq 81,60 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

c) Posouzení s redukovanou smykovou únosností

$$F_{1,vb,Rd} = F_{v,Rd} = 271,10 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = 0,44 - 0,0003 \cdot f_{yb} = 0,44 - 0,0003 \cdot 640 = 0,25$$

$$F_{2,vb,Rd} = \frac{\alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,25 \cdot 800 \cdot 353}{1,25} = 56,48 \text{ kN}$$

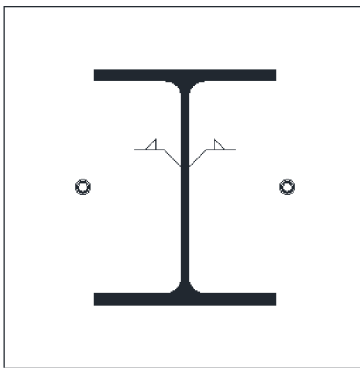
$$F_{vb,Rd} = \min (F_{1,vb,Rd}; F_{2,vb,Rd}) = 56,48 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} + n \cdot F_{vb,Rd} = 32,37 + 2 \cdot 56,48 = 145,33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} \geq F_{v,Ed} = V_z$$

$$145,33 \text{ kN} \geq 81,60 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

8.1.1.4. Posouzení svaru



Pro zjednodušení je posouzen pouze svar při stojině profilu – uvažuje se, že přenese celý účinek zatížení.

$$a_1 = a_2 = 3,0 \text{ mm}$$

$$l_1 = l_2 = 300 \text{ mm}$$

a) max N + odp V

$$\sigma_M = \frac{N_{Ed}}{a \cdot l} = \frac{265,84}{2 \cdot 3 \cdot 300} = 147,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{147,69}{\sqrt{2}} = 104,43 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,80$$

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

$$\sqrt{104,43^2 + 3 \cdot (104,43^2 + 0^2)} \leq \frac{360}{0,80 \cdot 1,25}$$

$$208,86 \text{ MPa} \leq 360,0 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$104,43 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,20 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

b) max V + odp N

$$\sigma_M = \frac{N_{Ed}}{a \cdot l} = \frac{161,84}{2 \cdot 3 \cdot 300} = 89,91 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{89,91}{\sqrt{2}} = 63,58 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \cdot l} = \frac{V_z}{a \cdot l} = \frac{81,60 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 300} = 45,33 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,80$$

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

$$\sqrt{63,58^2 + 3 \cdot (63,58^2 + 45,33^2)} \leq \frac{360}{0,80 \cdot 1,25}$$

$$149,44 \text{ MPa} \leq 360,0 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$63,58 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

8.1.1.5. Posouzení betonové patky

$$\text{Beton C20/25} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ MPa}$$

Výška podlití 50 mm

$$a_{patka} = b_{patka} = 800 \text{ mm}$$

$$h_{patka} = 800 \text{ mm}$$

$$A_{c0} = a_{plech} \cdot b_{plech} = 600 \cdot 600 = 3,6 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

$$a_1 = \min(3 \cdot a_{plech}; a_{plech} + h_{patka}; a_{patka}) = \min(3 \cdot 600; 600 + 800; 800) = 800 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(3 \cdot b_{plech}; b_{plech} + h_{patka}; b_{patka}) = \min(3 \cdot 600; 600 + 800; 800) = 800 \text{ mm}$$

$$A_{c1} = a_1 \cdot b_1 = 800 \cdot 800 = 6,4 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

$$f_{Rd,u} = f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = 13,33 \cdot \sqrt{\frac{6,4 \cdot 10^5}{3,6 \cdot 10^5}} = 17,77 \text{ MPa}$$

$$f_{j,d} = \beta_j \cdot f_{Rd,u} = \frac{2}{3} \cdot 17,77 = 11,85 \text{ MPa}$$

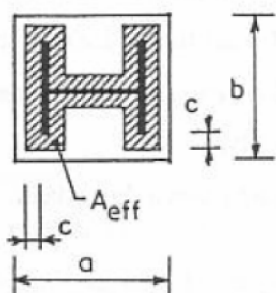
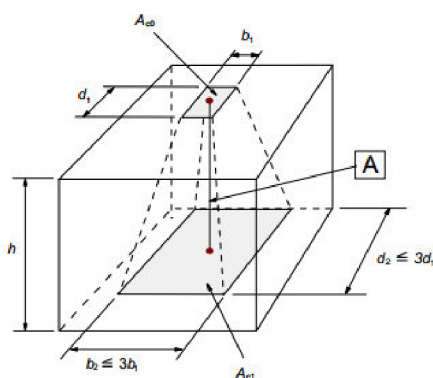
$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{j,d} \cdot \gamma_{M0}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 11,85 \cdot 1,0}} = 77,1 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 17,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{b,max} = \frac{N_{Ed,max}}{A_{eff}} = \frac{265,84 \cdot 10^3}{17,4 \cdot 10^4} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{b,max} \leq f_{j,d}$$

$$1,53 \text{ MPa} \leq 11,85 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



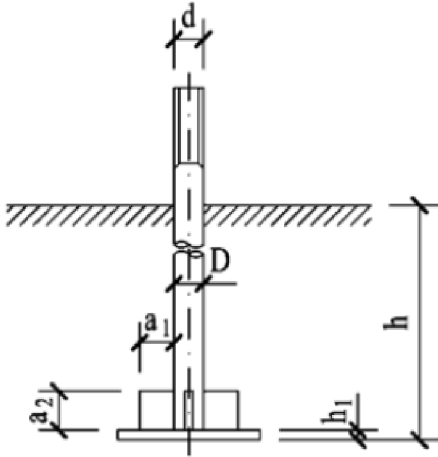
8.2.1.4. Posouzení napětí v betonu

$$\sigma_{b,\max} = \frac{2 \cdot T_b}{x \cdot b_p} = \frac{2 \cdot 300,93 \cdot 10^3}{0,333 \cdot 0,460} = 3,29 \text{ MPa}$$

$$R_{bd} = f_{cd} = 10,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{b,\max} \leq \gamma \cdot R_{bd}$$

$$3,29 \text{ MPa} \leq 1,0 \cdot 10,67 = 10,67 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



8.2.1.5. Posouzení šroubů

Navrženy předem zabetonované kotevní šrouby s kotevní hlavou M36x3 z oceli S235 (4 šrouby).

$$F_{Rd} = 134,25 \text{ MPa}$$

Minimální hloubka zabetonování 440 mm.

$$F_{t,Ed} \leq F_{Rd}$$

$$108,34 \text{ kN} \leq 134,25 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

8.2.1.6. Posouzení přenosu vodorovných sil

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{c,Ed} = 0,2 \cdot 120,21 = 24,04 \text{ kN}$$

$$F_{f,Rd} = 24,04 \text{ kN} \leq V_{Ed} = 51,92 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Nevyhovuje.}$$

Navržena smyková zarážka z profilu IPN 100.

$$V_{Ed,sz} = V_{Ed} - F_{f,Rd} = 51,29 - 24,04 = 27,88 \text{ kN}$$

$$h_{\min} = \frac{V_{Ed,sz}}{l \cdot f_{cd}} + h_{podlití} = \frac{27,88 \cdot 10^3}{50 \cdot 13,33} + 50 = 91,8 \text{ mm}$$

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

8.2.1.7. Posouzení svařů smykové zarážky

Svary budou posouzeny zjednodušeně - smykové namáhání přenáší svar na stojině a ohybové namáhání svary na pánsnicích.

Návrh svaru $a=3$ mm.

$$\tau_w = \frac{V_{Ed,sz}}{2 \cdot a \cdot (h - 2 \cdot t_f)} = \frac{27,88 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot (100 - 2 \cdot 6,8)} = 53,78 \text{ MPa}$$

$$M_{Ed,sz} = V_{Ed,sz} \cdot \left(\frac{h - h_{podl}}{2} + h_{podl} \right) = 27,88 \cdot \left(\frac{100 - 50}{2} + 50 \right) = 2,09 \text{ kNm}$$

$$\tau_f = \frac{M_{Ed,sz}}{(h - t_f) \cdot 2 \cdot a \cdot l} = \frac{2,09 \cdot 10^3}{(100 - 6,8) \cdot 2 \cdot 3 \cdot 50 \cdot 10^{-9}} = 74,75 \text{ MPa}$$

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} = 207,85 \text{ MPa}$$

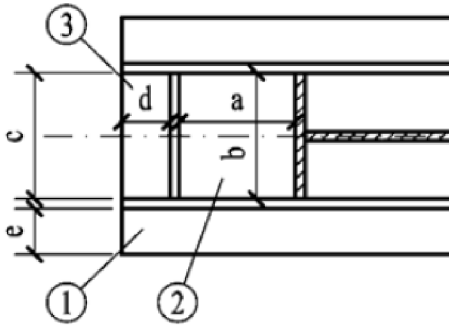
$$\tau \leq f_{vw,d}$$

$$53,78 \text{ MPa} \leq 207,85 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$74,75 \text{ MPa} \leq 207,85 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

8.2.1.8. Posouzení patního plechu

a) oblast 1



$$e = 72 \text{ mm}$$

$$p_{Ed} = \sigma_{b,\max} = 3,29 \text{ MPa}$$

$$t \geq e \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \gamma_{M0} \cdot p_{Ed}}{f_y}} = 72 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 1,0 \cdot 3,29}{235}} = 14,8 \text{ mm}$$

$$t_p \geq t - t_{UPN} = 14,8 - 11,0 = 3,8 \text{ mm} \rightarrow \text{návrh } t_p = 30 \text{ mm}$$

$$m_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot p_{Ed} \cdot e^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,29 \cdot 72^2 = 8,53 \text{ kNm}$$

$$m_{Rd} = \frac{t^2 \cdot f_y}{6 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{(30+11)^2 \cdot 235}{6 \cdot 1,0} = 65,84 \text{ kNm}$$

$$m_{Ed} = 8,53 \text{ kNm} \leq m_{Rd} = 65,84 \text{ kNm} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

b) oblast 2

$$n = b / a = 300 / 145 = 2,07$$

$$m_{a,Ed} = \alpha_1 \cdot p_{Ed} \cdot a^2 = 0,125 \cdot 3,29 \cdot 145^2 = 8,65 \text{ kNm}$$

$$m_{b,Ed} = \alpha_2 \cdot p_{Ed} \cdot a^2 = 0,037 \cdot 3,29 \cdot 145^2 = 2,56 \text{ kNm}$$

$$m_{Rd} = \frac{t^2 \cdot f_y}{6 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{30^2 \cdot 235}{6 \cdot 1,0} = 35,25 \text{ kNm}$$

$$m_{a,Ed} = 8,65 \text{ kNm} \leq m_{Rd} = 35,25 \text{ kNm} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$m_{b,Ed} = 2,56 \text{ kNm} \leq m_{Rd} = 35,25 \text{ kNm} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

c) oblast 3

$$m = d / c = 140 / 300 = 0,47$$

$$m = 0,47 \leq 0,50 \rightarrow \text{Posouzení jako konzola (oblast 1)}$$

$$m_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot p_{Ed} \cdot e^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,29 \cdot 140^2 = 32,24 \text{ kNm}$$

$$m_{Ed} = 32,24 \text{ kNm} \leq m_{Rd} = 35,25 \text{ kNm} \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

8.2.1.9. Posouzení průřezu patky

a) vnitřní síly

$$a = 150 \text{ mm}$$

$$e = 305 \text{ mm}$$

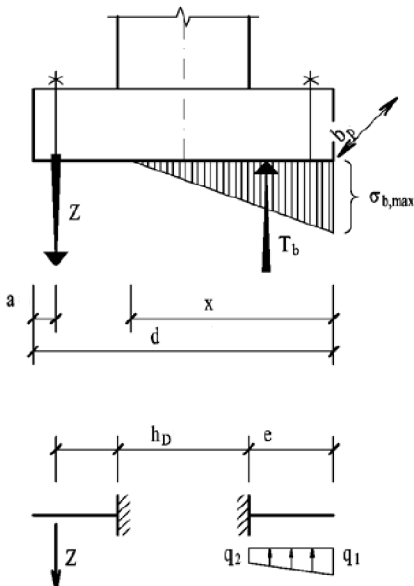
$$b_p = 460 \text{ mm}$$

$$q_1 = \sigma_{b,\max} \cdot b_p = 3,29 \cdot 460 = 1513,4 \text{ N / mm}$$

$$q_2 = q_1 \cdot \frac{x-e}{x} = 1513,4 \cdot \frac{333-305}{333} = 127,3 \text{ N / mm}$$

$$M_{Ed,q} = \frac{1}{3} \cdot q_1 \cdot e^2 + \frac{1}{6} \cdot q_2 \cdot e^2 =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 1513,4 \cdot 305^2 + \frac{1}{6} \cdot 127,3 \cdot 305^2 = 48,90 \text{ kNm}$$



$$V_{Ed,q} = \frac{1}{2} \cdot q_1 \cdot e + \frac{1}{2} \cdot q_2 \cdot e =$$

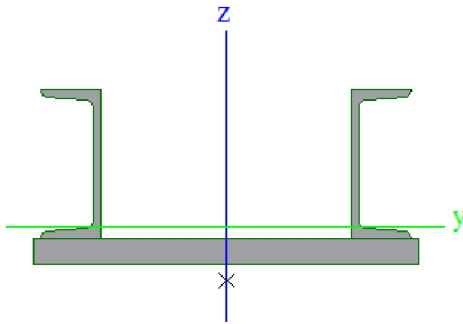
$$= \frac{1}{2} \cdot 1513,4 \cdot 305 + \frac{1}{2} \cdot 127,3 \cdot 305 = 250,21 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,Z} = Z \cdot (e - a) = 180,72 \cdot (305 - 150) = 28,01 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,Z} = Z = 180,72 \text{ kN}$$

b) návrh průřezu

Průřez se skládá ze dvou válcovaných profilů UPN180 a patní desky (vše z oceli S235).



A [m ²]	1,9395e-02	
A _y [m ²], A _z [m ²]	1,1953e-02	3,8278e-03
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	7,2009e-05	4,0592e-04
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	1,7649e-03	4,3719e-04
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	2,5341e-03	6,7393e-04
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	1,3242e-06	5,2916e-06
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	0	30
i _y [mm], i _z [mm]	61	145

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,372 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 102,74 \text{ kNm}$$

$$A_v = 2 \cdot 180 \cdot 8 = 2880 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2880 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 390,75 \text{ kN}$$

c) posouzení průřezu

$$M_{Ed,max} = \max(M_{Ed,q}; M_{Ed,Z}) = M_{Ed,q} = 48,90 \text{ kNm} \leq M_{c,Rd}$$

$$V_{Ed,max} = \max(V_{Ed,q}; V_{Ed,Z}) = V_{Ed,q} = 250,21 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd}$$

$$48,90 \text{ kNm} \leq 102,74 \text{ kNm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$250,21 \text{ kN} \leq 390,75 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd}$$

$$250,21 \text{ kN} \geq 0,5 \cdot 390,75 = 195,38 \text{ kN}$$

→ Redukce únosnosti v ohybu.

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 \cdot 250,21}{390,75} - 1 \right)^2 = 0,079$$

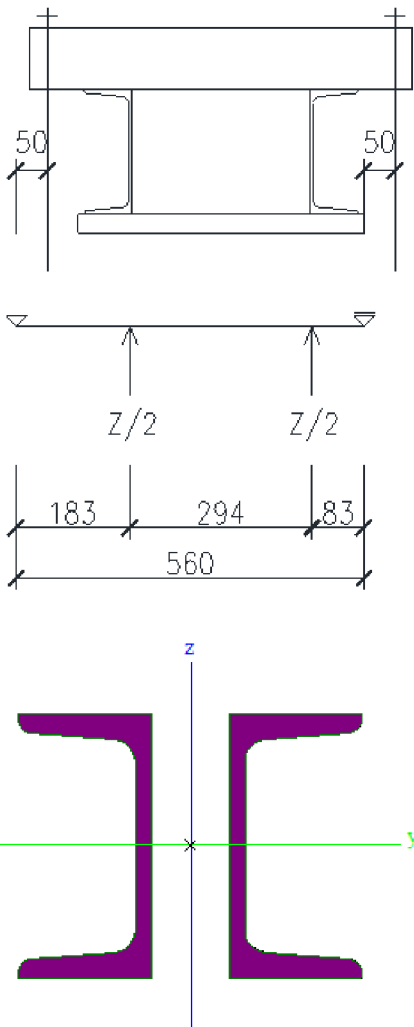
$$f_{y,red} = (1 - \rho) \cdot f_y = (1 - 0,079) \cdot 235 = 216,44 \text{ MPa}$$

$$M_{c,Rd,red} = \frac{W_{el,y} \cdot f_{y,red}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,372 \cdot 10^{-4} \cdot 216,44 \cdot 10^6}{1,0} = 94,63 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd,red}$$

$$48,90 \text{ kNm} \leq 94,63 \text{ kNm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

8.2.1.10. Posouzení průřezu



a) vnitřní síly

$$Z / 2 = 180,72 / 2 = 90,36 \text{ kN}$$

kritický posudek v místě 0,477 m

$$V_z = -106,50 \text{ kN}$$

$$M_y = 8,84 \text{ kNm}$$

b) návrh průřezu

Průřez se skládá ze dvou válcovaných profilů UPN100 (S235).

A [m ²]	2,6916e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	4,9268e-03	1,2214e-03
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	4,1080e-06	3,0864e-06
W _{elz} [m ³], W _{ely} [m ³]	4,7483e-05	8,2160e-05
W _{plz} [m ³], W _{ply} [m ³]	8,2092e-05	9,7957e-05
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	0,0000e+00	2,5538e-07
c _{YUSS} [mm], c _{ZUSS} [mm]	0	50
i _y [mm], i _z [mm]	39	34

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8,216 \cdot 10^{-5} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 19,31 \text{ kNm}$$

$$A_v = 2 \cdot 100 \cdot 6 = 1200 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1200 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 162,81 \text{ kN}$$

c) posouzení průřezu

$$V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$$

$$106,50 \text{ kN} \leq 162,81 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd}$$

$$106,50 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot 162,81 = 81,41 \text{ kN}$$

→ Redukce únosnosti v ohybu.

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 \cdot 106,50}{162,81} - 1 \right)^2 = 0,095$$

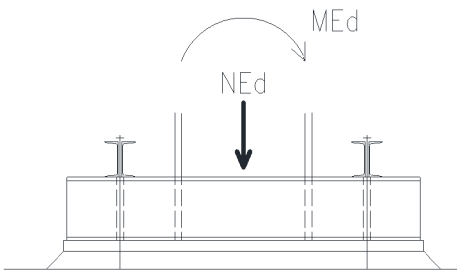
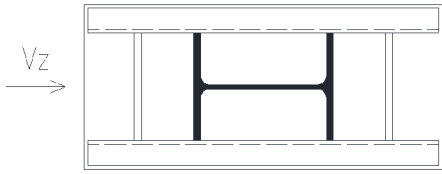
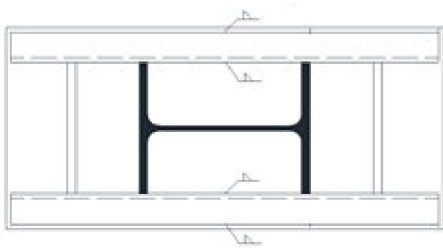
$$f_{y,red} = (1 - \rho) \cdot f_y = (1 - 0,095) \cdot 235 = 212,67 \text{ MPa}$$

$$M_{c,Rd,red} = \frac{W_{el,y} \cdot f_{y,red}}{\gamma_{M0}} = \frac{8,216 \cdot 10^{-5} \cdot 212,67 \cdot 10^6}{1,0} = 17,47 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd,red}$$

$$8,84 \text{ kNm} \leq 17,47 \text{ kNm} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

8.2.1.11. Posouzení svarů



Svary připojující profily UPN 180 k patní desce (přenáší pouze ohybové a smykové namáhání od reakce betonu).

$$a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = 3,0 \text{ mm}$$

$$l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = 980 \text{ mm}$$

$$\sigma_M = \frac{V_{Ed,q}}{a \cdot l} = \frac{250,21 \cdot 10^3}{4 \cdot 3 \cdot 980 \cdot 10^{-6}} = 21,28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{21,28}{\sqrt{2}} = 15,05 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{MEd,q} = \frac{M_{Ed,q}}{I_y} \cdot z_s = \frac{48,90 \cdot 10^3}{7,2009 \cdot 10^{-5}} \cdot 0,015 = 10,19 \text{ MPa}$$

$$\tau_1 = \sigma_{MEd,q} \cdot t_w \cdot 1 = 10,19 \cdot (2 \cdot 8) \cdot 1 = 0,163 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{\tau_1}{a \cdot l} = \frac{0,163 \cdot 10^3}{4 \cdot 3 \cdot 980} = 0,014 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,80$$

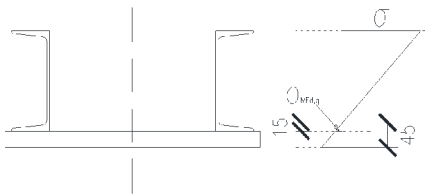
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{15,05^2 + 3 \cdot (15,05^2 + 0,014^2)} \leq \frac{360}{0,80 \cdot 1,25}$$

$$30,10 \text{ MPa} \leq 360,0 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$15,05 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,20 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



9. Výkaz materiálu

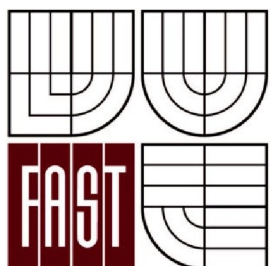
Profil	Délka [m]	ks	Dílec	Materiál	Délka celkem [m]	Hmotnost [kg/m]	Hmotnost celkem[m]
RHS 200/100/6,3	6,000	132	Vaznice	S355	880,000	28,10	24728,00
	4,000	22					
CHS 273,0/5,0	32,561	2	Vazník A krajní				
	32,000	5	Vazník A spodní pás				
	19,900	4	Vazník B spodní pás				
	8,159	8	Sloupy B				
CHS 139,7/5,0	32,561	5	Vazník A horní pás				
	7,303	8	Ztužidlo příčné				
	7,256	8					
	7,227	8					
	7,213	8					
CHS 114,3/5,0	54,702	5	Vazník A diagonály				
	13,324	12	Ztužidlo krajní podélné				
	6,800	16	Ztužidlo stěnové				
	6,000	4					
	6,998	10	Ztužidlo střední podélné				
	6,000	6					
CHS 88,9/4,0	42,786	5	Vazník A svislice				
	19,900	4	Vazník B horní pás				
CHS 76,1/4,0	3,659	16	Ztužidlo okapové				
	3,624	8					
	2,851	8	Vazník B diagonály				
	20,438	4					
	13,220	4					
HEA 400	7,398	14	Sloupy A boční				
	9,362	4					
	10,000	2	Sloupy A čelní				

Hmotnost	[kg]	[t]
Profily	80857,6	80,9
Příložky, výztuhy - 3%	2425,7	2,4
Spojovací materiál - 2%	1617,2	1,6
Svary - 1%	808,6	0,8

Hmotnost celkem	85709,0	85,7
-----------------	---------	------



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

TECHNICKÁ ZPRÁVA TECHNICAL REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAEL BORKESZ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

OBSAH

1. Základní údaje	1
1.1. Účel stavby	1
1.2. Dispozice stavby	1
1.3. Popis konstrukce haly	1
1.4. Popis konstrukce zastřešení	3
2. Zatěžovací údaje	4
2.1. Zatížení části hala	4
2.2. Zatížení části zastřešení	4
3. Opláštění	5
3.1. Opláštění části hala.....	5
3.2. Opláštění části zastřešení	5
4. Povrchová úprava	5
4.1. Příprava povrchu	5
4.2. Nátěrový systém	5
5. Montáž	6
6. Údržba	6
7. Bezpečnost a ochrana zdraví při výstavbě	6
8. Výpočet	6

1. Základní údaje

1.1. Účel stavby

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce haly autoservisu a přílehlého zastřešení čerpací stanice pohonných hmot.

1.2. Dispozice stavby

1.2.1. Hala autoservisu

Délka: 36,0 m

Šířka: 32,0 m

Výška v hřebeni: 10,0 m

1.2.2. Zastřešení benzínové pumpy

Délka: 20,0 m

Šířka: 20,0 m

Výška v hřebeni: 10,0 m

1.3. Popis konstrukce haly

1.3.1. Volba statického systému

Nosná ocelová konstrukce haly je řešena systémem příhradových vazníků kloubově uložených na sloupech, které jsou uvažovány jako vetknuté ve směru rámu. Tento systém tvoří příčnou vazbu. Vzdálenost těchto rámu je 6 m, hala je tvořena 7 rámy.

Hlavní ztužení konstrukce je provedeno v části „hala“, vždy v krajních polích (mezi vazníky 1-2 a 6-7), probíhající celým příčným řezem konstrukce. Dále je provedeno svislé podélné ztužení i okapová ztužidla.

V podélném směru je použito číselné značení příčných vazeb. Na šířku rozpětí haly je použito značení abecední.

Všechny použité profily jsou válcované a z oceli třídy S355.

a) Vazníky

Horní pás vazníku je tvořen přímými pruty (CHS139.7/5.0), které kopírují tvar části kružnice o poloměru 50,5 m. Spodní pás vazníku haly je vodorovný (CHS273.0/5.0). Vazníky jsou tvořeny diagonálami (CHS114.0/5.0) s podružnými svislicemi (CHS88.9/4.0). Rozpětí vazníku haly je 32 m, výška v místě okapové vaznice je 1,0 m, v hřebenu 3,6 m.

Krajní vazby (1 a 7) nejsou tvořeny vazníky, ale pouze jejich horními pásy, z profilů CHS273.0/5.0.

b) Sloupy

Sloupy haly jsou umístěny po obvodu konstrukce. Sloupy bočních stěn (HEA400) jsou nosné, vetknuté ve směru rámu, vazníky jsou uloženy na horním páse ve výšce 7,4 m. Sloupy čelní a zadní stěny (HEA400) slouží především k uchycení pláště a jsou řešeny

jako kloubové. Sloupy jsou orientovány vždy tak, aby pásnice profilů lícovaly se stěnami haly.

c) Ztužidla

Příčné ztužidlo je navrženo mezi vazníky 1-2 a 6-7 a je tvořeno vždy dvěma křížícími se diagonálami. Střešní příčné ztužidlo (CHS139.7/5.0) je připojeno vždy v místě styku vaznice a horního pásu vazníku, ob jednu vaznici (půdorysně po 4 m). Diagonály stěnového příčného ztužidla (CHS114.3/5.0) jsou připojeny ke sloupům v polovině jejich výšky, v tomto místě doplněny o další prut (svislicí) stejného profilu.

Krajní svislé podélné ztužidlo je řešeno jako příhradovina o výšce 1 m a délce 6 m, tvořeno je mezi každou vazbou dvěma diagonálami a svislicí (CHS114.3/5.0).

Střední svislé podélné ztužidlo je tvořeno křížícími se diagonálami a vodorovnými pruty (CHS114.3/5.0) o délce 7 m.

Okapové ztužidlo je řešeno obdobně jako krajní svislé podélné ztužidlo, pouze bez svislic.

1.3.2. Zabezpečení stability

V podélném směru je objekt zabezpečen pomocí stěnového příčného ztužidla, které navazuje na příčné střešní ztužidlo. Tyto jsou umístěny mezi vazbami 1-2 a 6-7. V příčném směru je stabilita zajištěna tuhostí příčné vazby.

Stabilita horních a dolních pásů vazníku je zajištěna pomocí podélných ztužidel.

1.3.3. Dilatace

Konstrukce haly tvoří jeden dilatační celek.

1.3.4. Kotvení a základy

Kotvení kloubově uložených čelních sloupů (kyvných sloupů) bude provedeno pomocí patního plechu a dvou kotevních šroubů Hilti M24 8.8 v kombinaci s příslušnými lepicími injektovanými hmotami Hilti zakotvených do betonové patky (800x800x800 mm) z betonu třídy C20/25.

Kotvení bočních sloupů vetknutých ve směru rámu bude realizováno pomocí patní desky vyztužené dvěma profily UPN180 a příčníky UPN100, pomocí kterých bude sloup zakotven do betonové patky (2000x1200x800 mm) z betonu třídy C20/25 čtyřmi předem zabetonovanými kotevními šrouby s kotevní hlavou M36x3 z oceli S235.

Rozměry patek mohou být upraveny geotechnikem.

1.3.5. Ostatní pomocné konstrukce

Nejsou součástí dodávky ocelové konstrukce.

1.3.6. Prosvětlení objektu

Není součástí dodávky ocelové konstrukce.

1.4. Popis konstrukce zastřešení

1.4.1. Volba statického systému

Nosná ocelová konstrukce zastřešení je řešena systémem příhradových vazníků pevně uložených na sloupech, které jsou uvažovány jako vetknuté ve všech směrech. Tento systém tvoří příčnou vazbu. Vzdálenost těchto rámu je 6 m, 6 m a 4 m. Hala je tvořena 4 rámy.

Hlavní ztužení konstrukce je provedeno v části „hala“. V části zastřešení je provedeno pouze okapové ztužení.

V podélném směru je použito číselné značení příčných vazeb. Na šířku rozpětí haly je použito značení abecední.

Všechny použité profily jsou válcované a z oceli třídy S355.

a) Vazníky

Horní pás vazníku je tvořen přímými pruty (CHS88.9/4.0), které kopírují tvar části kružnice o poloměru 50,5 m. Spodní pás vazníku haly zrcadlově symetrický k hornímu pásu (CHS273.0/5.0). Vazníky jsou tvořeny diagonálami (CHS76.1/4.0) s podružnými svislicemi (CHS76.1/4.0). Rozpětí vazníku zastřešení je 20 m, výška v hřebenu 2,0 m.

b) Sloupy

Sloupy přístřešku jsou umístěny ve vzdálenosti 6 m od okraje vazníku, vzájemná vzdálenost je 8 m. Sloupy (CHS273.0/5.0) jsou nosné, vetknuté ve všech směrech, vazníky jsou uloženy na spodním pásu ve výšce 8,16 m.

c) Ztužidla

Okapové ztužidlo je řešeno obdobně jako okapové ztužidlo v části „hala“.

1.4.2. Zabezpečení stability

V podélném směru je objekt zabezpečen pomocí příčného ztužení v části „hala“ a vetknutými sloupy. V příčném směru je stabilita zajištěna tuhostí příčné vazby.

Stabilita horních a dolních pásů vazníku je zajištěna pomocí okapových ztužidel a vaznic.

1.4.3. Dilatace

Konstrukce zastřešení tvoří jeden dilatační celek.

1.4.4. Kotvení a základy

Kotvení sloupů vetknutých bude realizováno pomocí vyztužené patní desky zakotvené do betonové patky (800x800x800 mm) z betonu C20/25 osmi kotevními šrouby Hilti v kombinaci s příslušnými lepicími injektovanými hmotami Hilti HIT.

Rozměry patek mohou být upraveny geotechnikem.

1.4.5. Ostatní pomocné konstrukce

Nejsou součástí dodávky ocelové konstrukce.

1.4.6. Prosvětlení objektu

Není součástí dodávky ocelové konstrukce.

2. Zatěžovací údaje

Ocelová konstrukce je navržena na základě statického výpočtu dle:

ČSN EN 1990

ČSN EN 1991-1-1

ČSN EN 1991-1-3

ČSN EN 1991-1-4

Výpočet a dimenzování je provedeno dle:

ČSN EN 1993-1-1

ČSN EN 1993-1-8

2.1. Zatížení části hala

2.1.1. Zatížení stálá

Vlastní tíha	generována
Střešní plášť	0,218 kN/m ²
Stěnový plášť	0,263 kN/m ²
Skleněný plášť	0,700 kN/m ²

2.1.2. Zatížení nahodilá

Sníh rovnoměrný	0,800 kN/m ²
Sníh navátý	1,013 kN/m ²
Vítr (max. dyn. tlak)	0,919 kN/m ²
Vítr na střechu haly	
Vítr na stěny haly	
Přetlak a podtlak	

2.2. Zatížení části zastřešení

2.2.1. Zatížení stálá

Vlastní tíha	generována
Střešní plášť	0,096 kN/m ²

2.2.2. Zatížení nahodilá

Sníh rovnoměrný	0,800 kN/m ²
Sníh navátý	1,013 kN/m ²
Vítr (max. dyn. tlak)	0,919 kN/m ²
Vítr na přístřešek	

3. Opláštění

3.1. Opláštění konstrukce haly

Střešní systém haly (izolovaná varianta) se skládá z trapézového plechu TR-45-333 tl.1,0 mm, paropropustné folie, izolace tl.200 mm (skelná vata), parotěsné folie, druhého trapézového plechu TR-45-333 tl.1,0 mm a vaznic (RHS200/100/6.3). Vaznice jsou navrženy po půdorysné vzdálenosti 2 m.

Stěnový systém je tvořen trapézovým plechem TR-160-250 tl.0,88 mm, parotěsnou fólií, izolací tl.200 mm a druhým trapézovým plechem TR-45-333 tl.1,0 mm. Čelní stěna haly je do výšky 4 m tvořena skleněným pláštěm tl.28 mm. Kotvení je provedeno přímo na obvodové sloupy. Hlavní funkcí pláště je tepelná izolace. Po obou stranách haly jsou umístěna vjezdová vrata s rozměry 4 x 5 m, v počtu 5 vrat na každé straně.

3.2. Opláštění konstrukce zastřešení

Střešní plášť přístřešku je tvořen pouze jedním trapézovým plechem TR-45-333 tl.1,0 mm a vaznicemi RHS200/100/6.3. Vaznice jsou navrženy po půdorysné vzdálenosti 2 m.

4. Povrchová úprava

4.1. Příprava povrchu

Povrch tryskaný dle ISO 8504-1 a ISO 8504-2:1992 Ruční a strojní čištění ocelovým kartáčem dle ISO 8504-3. Povrch, který nebyl tryskaný a má být opařen nátěrem musí být zbaven volných okujů, prachu, mastnoty a oleje a očištěn ocelovým kartáčem. K tryskání povrchu budou použity tryskací prostředky vhodné pro požadovanou povrchovou úpravu. Pro nátěry – ocelové broky nebo sekaný drát.

Odmaštění ISO 8504:1992(E) SSPC SP1

Ruční čištění ISO 8504-1:1998 SSPC SP2

Mechanické čištění ISO 8504-1:1998 SSPC SP3,SP11

Tryskání ISO 8504-1:1998 SSPC SP6 (běžné atmosférické podmínky)

Povrch musí být předpřipraven tryskáním na stupeň Sa 2,5 – čištění tryskáním téměř na čistý kov. Odstraní se viditelné okuje, rez a jiné nečistoty. Jakékoliv jiné stopy znečištění se budou jevit pouze jako lehké skvrny ve formě ploch nebo pásů.

4.2. Nátěrový systém

Dle ISO/DIS 12944-7

Nátěry lze pouze aplikovat v souladu s podmínkami určenými výrobcem nátěrové hmoty.

Vrstva	Počet vrstev	Tloušťka [μm]	Odstín dle RAL
Základní	1	40	5007
Krycí	1	40	5007
Krycí opravný	1	40	5007

Trvanlivost nátěrového systému cca 10 let. Nátěr lze obnovit při viditelné korozi >5% povrchu chráněné plochy.

5. Montáž

Montážní práce je možno zahájit nejdříve po 28 dnech po dokončení betonářských prací.

Montáž haly bude probíhat montováním dvou sousedních krajních sloupů v řadě A nebo Q. Tyto sloupy musí být ihned zavětrovány příčným stěnovým ztužidlem.

Vazník se sestaví z montážních dílců dle montážní sestavy a poté se uloží na sloupy. Je nutné, aby byly montovány dva vazníky najednou, které se spojí podélným střešním ztužidlem. Vazník nesmí být osazen na sloupy bez podpory (musí být zajištěn jeřábem nebo pomocnou montážní konstrukcí do té doby, dokud nebude zajištěn podélným ztužidlem).

Montáž zastřešení bude probíhat následně po dokončení montáže haly. Platí zde stejné podmínky jako při montáži haly.

6. Údržba

Konstrukce musí být za provozu řádně udržována. Celkový stav konstrukce bude zjišťován pravidelně se opakujícími prohlídkami prováděnými odborně způsobilou osobou. Frekvence prohlídek bude minimálně jedenkrát za 5 let.

V zimním období je nutná kontrola zatížení střešní konstrukce výškou sněhové pokrývky v porovnání s návrhovou hodnotou zatížení střechy a případné odklízení sněhu.

7. Bezpečnost a ochrana zdraví při výstavbě

Bezpečnost práce a ochrana zdraví při výstavbě bude zajištěna zhotovitelem stavebních prací v rámci novelizovaného zákoníku práce.

Bezpečnost a ochrana zdraví při výstavbě budou řešeny v souladu s požadavky zákona č.309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci) a rovněž platnými ČSN, ČSN EN 1050 (833010) a respektování nařízení vlády č.591/2006 Sb. (o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích).

Při realizaci stavby je dodavatel povinen dbát na dodržování všech platných bezpečnostních, požárních a hygienických předpisů, zejména pak dodržovat vyhlášku o bezpečnosti práce č.601/2006 Sb.

8. Výpočet

Numerický model konstrukce byl vytvořen v softwaru SCIA ENGINEER 2013.1.

Tento model byl využit pro výpočet vnitřních sil, výpočet relativních a globálních deformací konstrukce a pro zjištění kritických průřezů pro posudky prvků.

Jednotlivé profily byly následně ověřeny ručním výpočtem a porovnány s výsledky ze softwaru. Kotvení sloupů i spoje byly posouzeny ručně.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	Ing. Jan Barnat, Ph.D.
Autor práce	Michael Borkesz
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	Autoservis s čerpací stanicí
Název práce v anglickém jazyce	Garage with Fuel Station
Typ práce	Bakalářská práce
Přidělovaný titul	Bc.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	

Anotace práce Práce se zabývá statickým výpočtem a posouzením nosné ocelové konstrukce haly autoservisu s přilehlým zastřešením čerpací stanice pohonných hmot. Objekt se nachází na okraji obce Uherské Hradiště, poblíž městské části Jarošov. Půdorysné rozměry konstrukcí jsou následující: 36 x 32 m hala autoservisu; 20 x 20 m zastřešení čerpací stanice. Výška hřebenů střech obou konstrukcí je jednotná v hodnotě 10 m. Použitý materiál hlavních nosných prvků je ocel třídy S355. Nosnou část konstrukce tvoří sloupy, na které jsou kloubově uloženy vazníky. Střešní plášť haly je řešen jako izolovaný, podporovaný vaznicemi. Stěnový plášť tvoří podobná skladba materiálů, s výjimkou čelní stěny, která je částečně tvořena skleněným pláštěm. Po obou stranách haly jsou ve větším počtu umístěny vjezdy pro automobily. Střešní plášť přístřešku tvoří pouze trapézový plech, taktéž podporovaný vaznicemi. Ve výpočtu jsou posouzeny jednotlivé prvky a jejich spoje. Výpočty jsou provedeny v souladu s platnými normami ČSN EN.

Anotace práce v anglickém jazyce Bachelor thesis presents the structural design of a load bearing steel structure of garage with roof construction of adjoining fuel station. The object is located in periphery area of Uherske Hradiste city, near Jarosov district. The ground plan dimensions are: 36 x 32 meters garage hall; 20 x 20 meters fuel station roofing. Heights of both construction tops are same – 10 meters above the surface. As the main material supporting elements was designed steel S355. The main supporting structure compose of trusses, which are hinged supported by columns. The roof deck is heat insulated, supported by purlins. The wall deck is simillar to roof deck, except of the front wall, which is partly composed of glass casing. At the both sides of garage hall are designed gates for vehicles. The roof deck of fuel station roof construction composes from one single trapezoidal sheet, also supported by purlins. The work contains structural design of individual elements, including mutual joints and anchoring. Calculations are performed according to standards of EN.

Klíčová slova Ocelová konstrukce, autoservis, čerpací stanice pohonných hmot, statický výpočet, ocel, dimenzování, zatížení, vazník

Klíčová slova v anglickém jazyce Steel structure, garage, fuel station, structural design, structural analysis, steel, truss, load