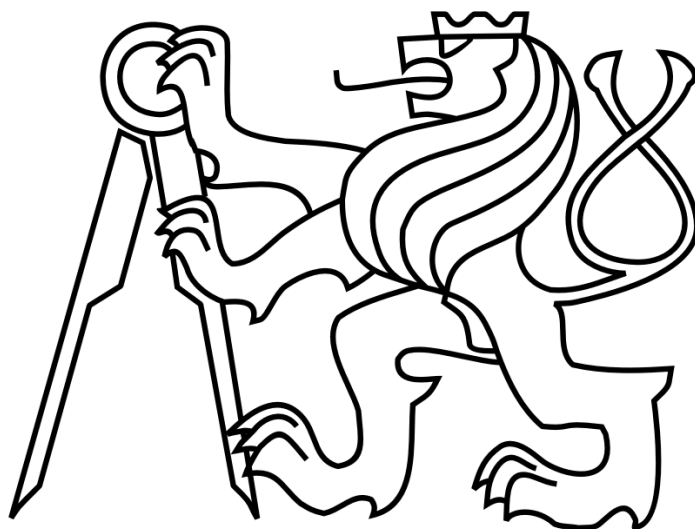


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Diplomová práce

Průmyslová hala s jeřábovou dráhou

Vedoucí práce: Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Autor: Bc. Matyáš Kožich



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Kožich</u>	Jméno: <u>Matyáš</u>	Osobní číslo: <u>395640</u>
Zadávatel katedra: <u>Katedra ocelových konstrukcí, K134</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Průmyslová hala s jeřábovou dráhou</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Industrial hall with an overhead crane</u>	
Pokyny pro vypracování: Návrh ocelové konstrukce haly včetně nosníku jeřábové dráhy. Návrh typických detailů. Výkresová dokumentace (dizpoziční výkresy, detaily). Technická zpráva.	
Seznam doporučené literatury: Návrh konstrukce bude proveden podle platných evropských norem, zejména EN 1991, EN 1993.	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Michal Jandera</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>4.10.2016</u> Termín odevzdání diplomové práce: <u>8.1.2017</u>	
_____ Podpis vedoucího práce	_____ Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

<u>4.10.2016</u> Datum převzetí zadání	_____ Podpis studenta(ky)
---	------------------------------

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Rovněž prohlašuji, že práce byla obohacena informacemi získanými od vedoucího práce Ing. Michala Jandery, Ph.D.

Matyáš Kožich

leden, 2017

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Janderovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a pomoc při zpracování této práce. Dále děkuji své rodině za podporu po celou dobu studia.

Anotace

Diplomová práce obsahuje návrh nosné konstrukce průmyslové dvoulodní ocelové haly. Rozpětí hlavní lodi je 25,2 metru a vedlejší lodi 5,2 metru. V hale je jeden mostový jeřáb s nosností 10 tun. Hlavní konstrukční materiál je ocel S 235. Výkresová dokumentace obsahuje půdorys, řezy halou a výkresy vybraných detailů.

Klíčová slova

ocelová hala, nosník jeřábové dráhy, portálový rám, detaily konstrukce

Annotation

The diploma thesis deals with structural design of a single bay steel hall with a two storey extension. The nave has span 25,2 meters and the extension 5,2 meters. In hall is one overhead crane with load capacity of 10 tons. Main structural material is steel S 235. Drawing documentation contains plan view, sections and drawings of selected details.

Keywords

steel structure, crane runway beam, portal frame, detailing

Obsah

Zadání DP	1
Čestné prohlášení	2
Poděkování	3
Anotace, Klíčová slova	4
Obsah	5
Použité zdroje	6

Použité zdroje

Normy

ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí

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

ČSN EN 1991-1-3 – Obecná zatížení – Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-4 – Obecná zatížení – Zatížení větrem

ČSN EN 1991-1-5 – Obecná zatížení – Zatížení teplotou

ČSN EN 1991-3 – Zatížení od jeřábů a strojního vybavení

ČSN EN 1993-1-1 – Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-5 – Navrhování ocelových konstrukcí – Boulení stěn

ČSN EN 1993-1-8 – Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování styčníků

ČSN EN 1993-1-9 – Navrhování ocelových konstrukcí – Únava

ČSN EN 1993-6 – Navrhování ocelových konstrukcí – Jeřábové dráhy

ČSN EN 1994-1-1 – Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN ISO 12 944-1 – Nátěrové hmoty – Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Obecné zásady

ČSN EN ISO 12 944 – 5 - Nátěrové hmoty – Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Ochranné nátěrové systémy

ČSN EN 1090-2 – Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí – Technické požadavky na ocelové konstrukce

Literatura

STUDNIČKA, J. *Ocelové konstrukce 1*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011, 146 s. ISBN 978-80-01-04800-9.

VRANÝ, T. – JANDERA, M. – ELIÁŠOVÁ, M. *Ocelové konstrukce 2*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 149 s. ISBN 978-80-01-04368-4.

VRANÝ, Tomáš. *Ocelové konstrukce 20: pomůcka pro navrhování hal*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999. ISBN 80-01-02066-5.

SOKOL, Zdeněk a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. 2., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04655-5.

ŠTUMPA, B. – ŠEFCŮ, O. – LANGNER, J. *100 osvědčených stavebních detailů: klempířství a pokrývačství*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 219 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3572-6.

VRANÝ, Tomáš, Michal JANDERA a Martina ELIÁŠOVÁ. *Ocelové konstrukce 2*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04368-4.

Internetové zdroje

Dorken - pojistné hydroizolace, fasádní pásy. [online]. Ewald Dorken. [cit. 2016-30-09]. Dostupné z: <http://www.doerken.de/bvf-cz/>

ISOVER - Tepelné, zvukové a protipožární izolace. [online]. Divize Isover, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [cit. 2016-30-09]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/>

FERMACELL – systém suché výstavby. [online]. Xella Group [cit. 2016-30-09]. Dostupné z: <http://www.fermacell.cz/>

Macháček, J.: Kroucení, kritický moment, klopení podle Eurokódu. [online]. [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: [http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/pomucky/Krouceni-kriticky-moment\(klopeni%20podle%20Eurokodu\).pdf](http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/pomucky/Krouceni-kriticky-moment(klopeni%20podle%20Eurokodu).pdf)

Macháček, J.: Ocelové konstrukce 3. [online]. [cit. 2016-14-10]. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/prednaskyOK3/OK3-1z.pdf>

Paul Bauder GmbH & Co. KG: Bauder Česká republika. Bauder. [online]. 2016 [cit. 2016-10-06]. Dostupné z: <http://www.bauder.cz/>

Ruukki. Ruukki. [online]. © 2016- [cit. 2016-10-10]. Dostupné z: <http://www.ruukki.com/cze>

Použité programy

Autodesk Autocad 2016 CZ

Nemetschek Scia Engineer 16.1

Fine FIN 2D verze 5

Fine FIN 3D verze 5

Microsoft Word

Microsoft Exel

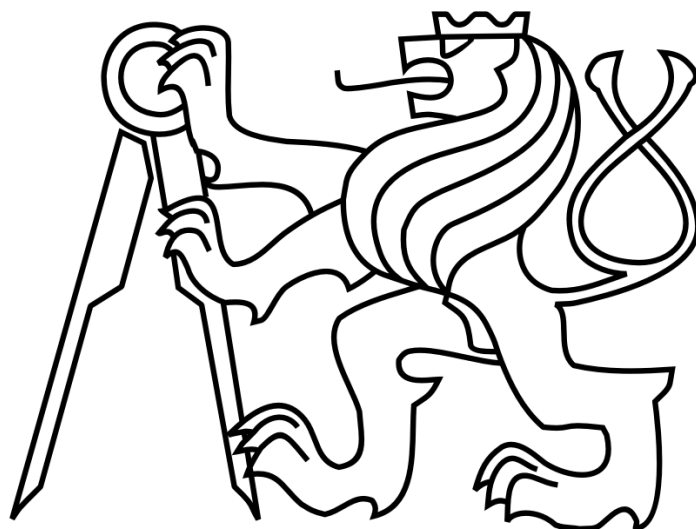
Svoboda software Teplo 2010

LTBeamN 1.0.3

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Diplomová práce

Průmyslová hala s jeřábovou dráhou

Statický výpočet

Vedoucí práce: Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Autor: Bc. Matyáš Kožich

Obsah

1	Zatížení.....	4
1.1	Stálé zatížení.....	4
1.2	Proměnné zatížení.....	4
1.2.1	Zatížení sněhem.....	4
1.2.2	Zatížení větrem.....	4
2	Hlavní nosník jeřábové dráhy.....	7
2.1	Popis objektu.....	7
2.2	Technické údaje jeřábu.....	8
2.3	Zatížení jeřábové dráhy.....	9
2.3.1	Stálé zatížení.....	9
2.3.2	Proměnná zatížení.....	10
2.3.3	Výpočet vnitřních sil.....	14
2.3.4	Návrhové hodnoty zatížení.....	18
2.4	Hlavní nosník jeřábové dráhy.....	20
2.4.1	Posouzení mezního stavu únosnosti MSÚ.....	20
2.4.2	Posouzení mezního stavu použitelnosti.....	26
2.4.3	Mezní stav únosnosti FAT – Únava.....	27
3	Střešní a fasádní plášť.....	28
3.1	Střešní plášť.....	28
3.1.1	Trapézový plech.....	28
3.1.2	Vaznice.....	29
3.2	Fasádní plášť.....	30
3.2.1	Fasádní kazety.....	30
4	Stropní konstrukce administrativní části.....	31
4.1	Stropnice.....	31
4.2	Průvlak.....	34
5	Rám.....	36
5.1	Rám I.....	37
5.1.1	Zatížení.....	37
5.1.2	Kombinace zatížení.....	40
5.1.3	Výpočet vnitřních sil, analýza konstrukce.....	40
5.1.4	Návrh a posouzení.....	41
5.1.4.1	Rámová příčle – hlavní lod'.....	42
5.1.4.2	Sloup jeřábové dráhy.....	49
5.2	Rám II.....	54

5.2.1	Zatížení	54
5.2.2	Kombinace zatížení.....	58
5.2.3	Návrh a posouzení.....	59
5.2.3.1	Rámová příčle – hlavní loď.....	60
5.2.3.2	Sloup jeřábové dráhy	67
5.2.3.3	Sloup – administrativní část.....	72
5.2.3.4	Příčle - administrativní část	76
6	Štítová stěna.....	78
6.1	Sloup B - G	79
6.2	Sloup I	83
6.3	Sloup H	87
7	Výztužný systém	91
7.1	Stěnové ztužidlo hlavní loď	92
7.2	Stěnové ztužidlo administrativní část	93
7.3	Střešní ztužidlo	95
7.4	Vzpěra.....	96
7.5	Mezní stav použitelnosti	97
8	Details.....	97
8.1	Detail 1 - Momentový přípoj příčle.....	97
8.1.1	Momentový přípoj příčle.....	97
8.1.2	Přípoj ztužidla.....	103
8.2	Detail 2 – Rámový roh.....	104
8.2.1	Momentový přípoj příčle ke sloupu.....	104
8.2.2	Kloubový přípoj IPE 180 na sloup.....	112
8.2.3	Přípoj ztužidla.....	115
8.3	Detail 3 - Rámový roh – administrativní část	117
8.4	Detail 4 - Kluzné uložení sloupu štítové stěny	123
8.5	Detail 5A - Přípoj stěnového ztužidla	125
8.6	Detail 5B - Uložení jeřábové dráhy na sloup.....	127
8.6.1	Vnitřní síly	127
8.6.2	Konzola	127
8.6.3	Přenos vodorovné reakce	129
8.7	Detail 6 - Patka sloupu jeřábové dráhy.....	132
8.8	Detail 7 - Patka sloupu administrativní části a štítové stěny.....	142
8.9	Detail 8 - Přípoj průvlastku na sloup.....	147
8.10	Detail 9 – Křížení stěnového ztužidla	152
8.11	Detail 10 – Přípoj střešního ztužidla.....	152

8.12	Detail 11 – Křížení střešního ztužidla.....	154
8.13	Detail 12 - Styčnick střešního ztužidla a vrpěry.....	155
8.14	Detail 13 - Přípoj stropnice na průvlak.....	156
9	Přílohy	
	Protokoly programu LTBeamN	
	Protokoly programu SCIA Engineer	

1 Zatížení

1.1 Stálé zatížení

Střešní plášť

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
tr. plech Satjam Sat 18N tl. 0,7 mm	0,06	1,35	0,08
tepelná izol. Isover R tl. 200 mm	0,28	1,35	0,38
parozábrana Bauder TEC DBR	-	-	-
tr. plech TR50/260/0,75	0,07	1,35	0,09
CELKEM	0,42		0,56

Fasádní plášť

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
tr. plech Satjam Sat 18N tl. 0,7 mm	0,06	1,35	0,08
tepelná izol. Isover TF profi tl. 180 mm	0,25	1,35	0,34
parozábrana Bauder TEC DBR	-	-	-
kazeta LT150-600S tl. 1,25 mm	0,17	1,35	0,23
CELKEM	0,48		0,65

Strop administrativní část

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
zátěžové PVC	0,03	1,35	0,04
žb. deska	2,56	1,35	3,46
tr. plech TR50/262,5/0,75	0,06	1,35	0,08
IPE 200	0,11	1,35	0,15
CELKEM	2,76		3,73

1.2 Proměnné zatížení

1.2.1 Zatížení sněhem

Jesenice - $s_k = 0,72 \text{ kN/m}^2$

Krajina normální... $C_e = 1,0$

Nedochází k tání sněhu vlivem prostupu tepla střešní konstrukcí... $C_t = 1,0$

Sklon střechy - $\leq 30^\circ$... $\mu_1 = 0,8$

$$s = \mu_1 * s_k * C_e * C_t = 0,8 * 0,72 * 1,0 * 1,0 = 0,58 \text{ kN/m}^2$$

1.2.2 Zatížení větrem

Výchozí základní rychlost větru - větrná oblast II $v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$

$$\text{Základní rychlost větru } v_b = C_{\text{dir}} * C_{\text{season}} * v_{b,0} = 1 * 1 * 25,0 = 25,0 \text{ m/s}$$

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

Základní tlak větru

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = \frac{1}{2} * 1,25 * 25,0^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

Součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,22 * \ln\left(\frac{11}{0,3}\right) = 0,78$$

$$z_{\text{min}} = 5 \text{ m} \leq z = 11 \text{ m} \leq z_{\text{max}} = 200 \text{ m}$$

$$z = 11 \text{ m}$$

Parametr drsnosti terénu $z_0 = 0,3$

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ (kategorie terénu II, tabulka 4.1)}$$

Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,22$$

$$c_o(z) = 1,0$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_b = 0,78 * 1,0 * 25 = 19,5 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_o(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 * \ln\left(\frac{11}{0,3}\right)} = 0,28$$

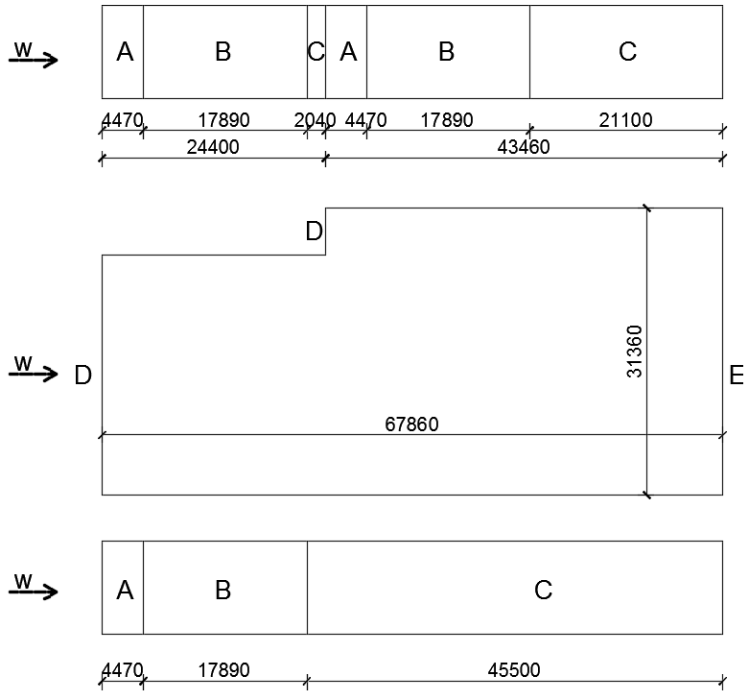
Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * v_m^2(z) = [1 + 7 * 0,28] * \frac{1}{2} * 19,5^2 = 0,69 \text{ kN/m}^2$$

Stěny

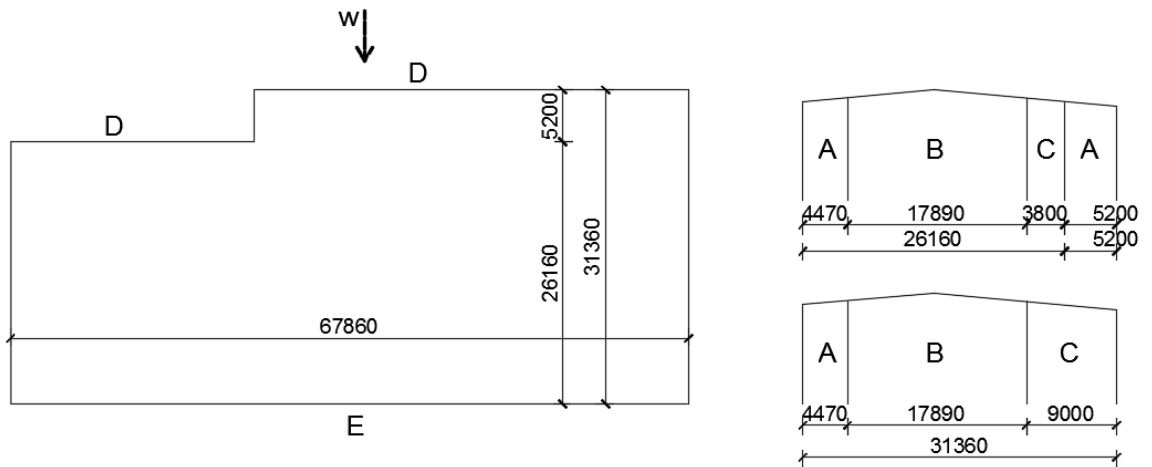
Vítr podélný

$$e = \min(b; 2 * h) = \min(31\ 360, 2 * 11\ 180) = 22\ 360 \text{ mm}$$



Vítr příčný

$$e = \min(b; 2 * h) = \min(67\ 680, 2 * 11\ 180) = 22\ 360\ \text{mm}$$



$$w = q_p * C_{pe}$$

$$w^A = 0,69 * (-1,20) = -0,83\ \text{kN/m}^2$$

$$w^B = 0,69 * (-0,80) = -0,55\ \text{kN/m}^2$$

$$w^C = 0,69 * (-0,50) = -0,35\ \text{kN/m}^2$$

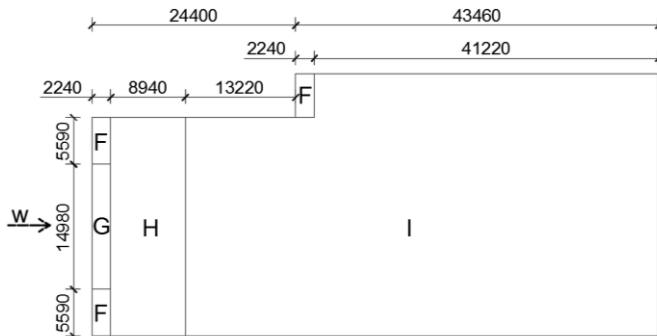
$$w^D = 0,69 * (+0,70) = +0,48\ \text{kN/m}^2$$

$$w^E = 0,69 * (-0,30) = -0,21\ \text{kN/m}^2$$

Střecha

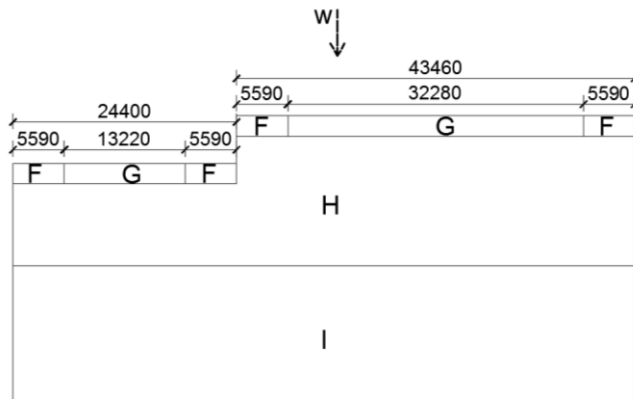
Vítr podélný

$$e = \min(b; 2 * h) = \min(31\,360, 2 * 11\,180) = 22\,360 \text{ mm}$$



Vítr příčný

$$e = \min(b; 2 * h) = \min(67\,680, 2 * 11\,180) = 22\,360 \text{ mm}$$



$$w = q_p * C_{pe}$$

$$w^F = 0,69 * (-1,80) = -1,25 \text{ kN/m}^2$$

$$w^G = 0,69 * (-1,20) = -0,83 \text{ kN/m}^2$$

$$w^H = 0,69 * (-0,70) = -0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$w^I = 0,69 * (\pm 0,20) = \pm 0,14 \text{ kN/m}^2$$

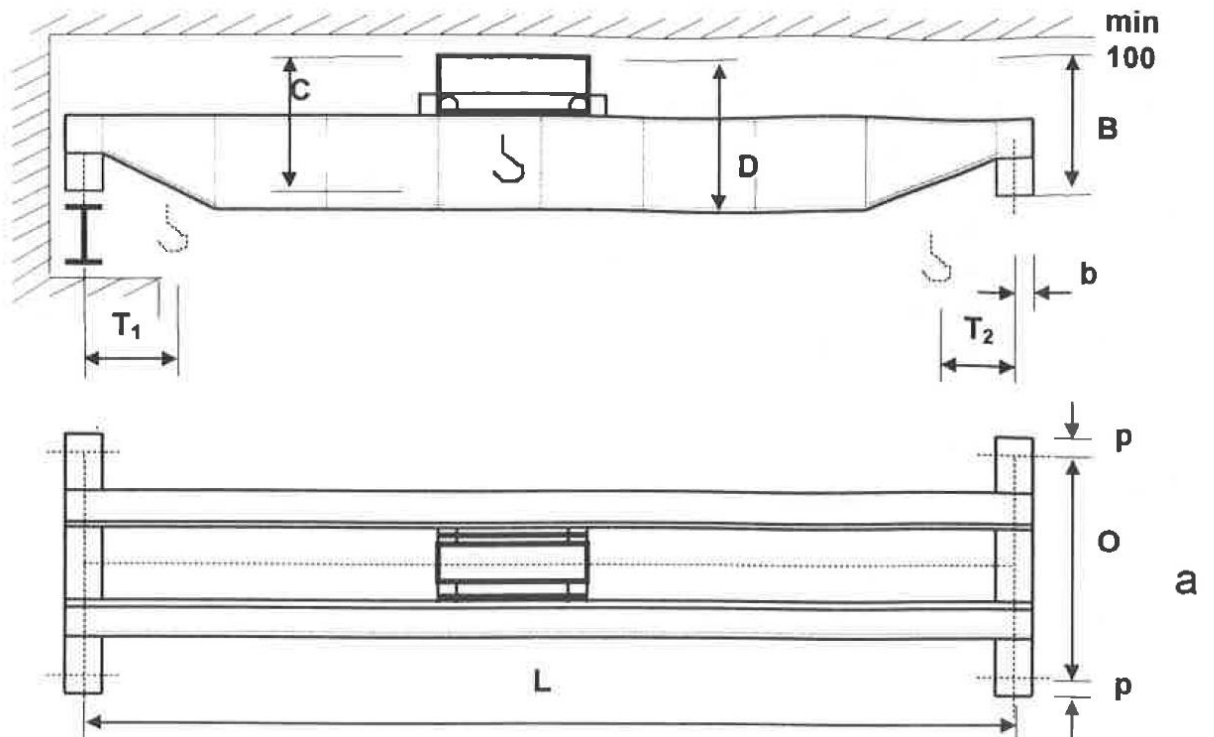
2 Hlavní nosník jeřábové dráhy

2.1 Popis objektu

Předmětem návrhu jsou hlavní nosné části jeřábové dráhy navržené do jednopodlažní průmyslové haly. Jedná se o mostový dvounosníkový jeřáb o maximální nosnosti $Q = 10 \text{ t}$ na rozpětí $l = 24,0 \text{ m}$. Hlavní nosník bude navržen z plnostěnných válcovaných profilů HEA, které budou působit jako prosté nosníky o rozpětí $6,1 \text{ m}$.

2.2 Technické údaje jeřábu

Technické parametry jeřábu potřebné k návrhu jeřábové dráhy udává výrobce jeřábu.



značení	popis	hodnota	jednotky
Q	nosnost jeřábu	10	t
l	rozpětí jeřábu	24	m
a	rozvor kol příčnicku	4	m
p	vzdálenost osy kola od konce příčnicku	280	mm
O	vzdálenost osy kola od vnějšího líce jeřábu	240	mm
B	stavební výška jeřábu	1 370	mm
C	konstrukční výška háku	1 150	mm
D	konstrukční výška jeřábu	1 430	mm
e	dojezd kladkostroje	850	mm
P	instalovaný výkon motoru	14	kW
V_{max}	maximální kolový tlak	83,4	kN
V_{min}	minimální kolový tlak	29,7	kN
Q_h	tíha břemene	100	kN
Q_t	tíha kočky	12	kN
Q_c	celková hmotnost jeřábu s kladkostrojem	140	kN

značení	popis	hodnota	jednotky
v_h	rychlost zdvihu	0,15	m/s
v_k	rychlost pojezdu kladkostroje	0,45	m/s
v_m	rychlost pojezdu mostu	0,9	m/s
HC2	třída zvedacího zařízení		
S5	kategorie s		
JKL 55	typ kolejnice (bezstyková s příchytkami)		
IFF	vedení pomocí náklonů (pohon jednotl. kol)		
n	počet dvojic kol	2	
m_w	počet pohonů jednotlivých kol	2	

Kolejnice JKL 55

šířka hlavy		55 mm
hmotnost		29,6 kg/m
plocha průřezu		37,7 cm ²
povrch		okujený
moment setrvačnosti k ose ohybu x	J _x	309,5 cm ⁴
průřezový modul k ose ohybu x	W _x	66,43 cm ³
moment setrvačnosti k ose ohybu y	J _y	130,5 cm ⁴
průřezový modul k ose ohybu y	W _y	26,1 cm ³
statická hodnota c _x	c _x	4,66 cm
statická hodnota c _y	c _y	3,84 cm
stupeň přímosti		rovnaná

2.3 Zatížení jeřábové dráhy

Zatížení jeřábové dráhy bylo zjištěno dle ČSN EN 1990, ČSN EN 1991-1-1 a ČSN EN 1991-1-3.

2.3.1 Stálé zatížení

Stálým zatížením jeřábové dráhy je vlastní tíha jeřábové dráhy. Z vlastní tíhy jeřábové dráhy je známa pouze tíha kolejnice, hmotnost nosníku jeřábové dráhy bude odhadnuta.

stálé zatížení	g_k [kN/m]	γ_G	g_d [kN/m]
vl. tíha kolejnice	0,3	1,35	0,41
vl. tíha jeřábové dráhy	1,05	1,35	1,4175
stálé zatížení celkem	1,35		1,82

2.3.2 Proměnná zatížení

Při běžných provozních podmínkách jsou proměnná zatížení od jeřábu výsledkem změn v čase a změn polohy. Zahrnují zatížení vlastní tíhou včetně zatížení kladkostrojů, setrvačné síly způsobené zrychlením, zpomalením a přičlením, a jiné dynamické účinky.

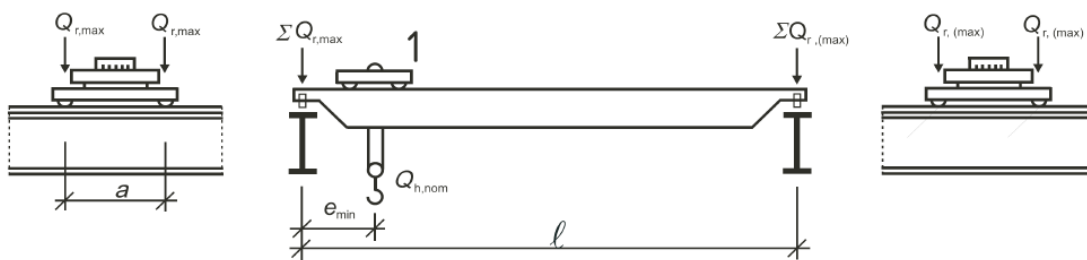
Svislá zatížení

Pro běžné provozní podmínky se má svislé zatížení sestavit z vlastní tíhy kladkostroje, zatížení kladkostroje a dynamického součinitele.

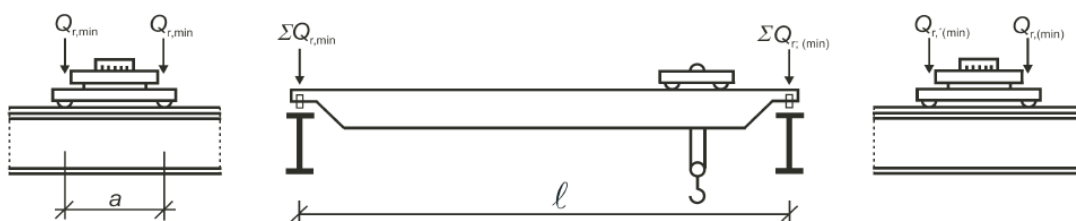
Tíha jeřábu

Tíha jeřábu se sestává z tíhy pevných a pohyblivých částí včetně strojního a elektronického zařízení konstrukce jeřábu bez prvků, které jsou uváděny do pohybu konstrukcí jeřábu (závěsná lana, ...)

Svislé síly od kol zatíženého jeřábu způsobené jeho vlastní silou



a) Uspořádání zatíženého jeřábu při maximálním zatížení nosniku jeřábové dráhy



b) Uspořádání zatíženého jeřábu při minimálním zatížení nosniku jeřábové dráhy

$$Q_{r,max} = \frac{1}{n} \left[\frac{Q_c - Q_t}{2} + \frac{Q_t * (l - e)}{1} \right] = \frac{1}{2} * \left[\frac{140,0 - 12,0}{2} + \frac{12,0 * (24,0 - 0,85)}{24,0} \right]$$

$$= 37,8 \text{ kN}$$

$$Q_{r,(max)} = \frac{1}{n} \left[\frac{Q_c - Q_t}{2} + \frac{Q_t * e}{1} \right] = \frac{1}{2} * \left[\frac{140,0 - 12,0}{2} + \frac{12,0 * 0,85}{24,0} \right] = 32,2 \text{ kN}$$

Svislé síly kol nezatíženého jeřábu

$$Q_{r,min} = Q_{r,(max)} = 32,2 \text{ kN}$$

$$Q_{r,(min)} = Q_{r,max} = 37,8 \text{ kN}$$

Zatížení kladkostroje

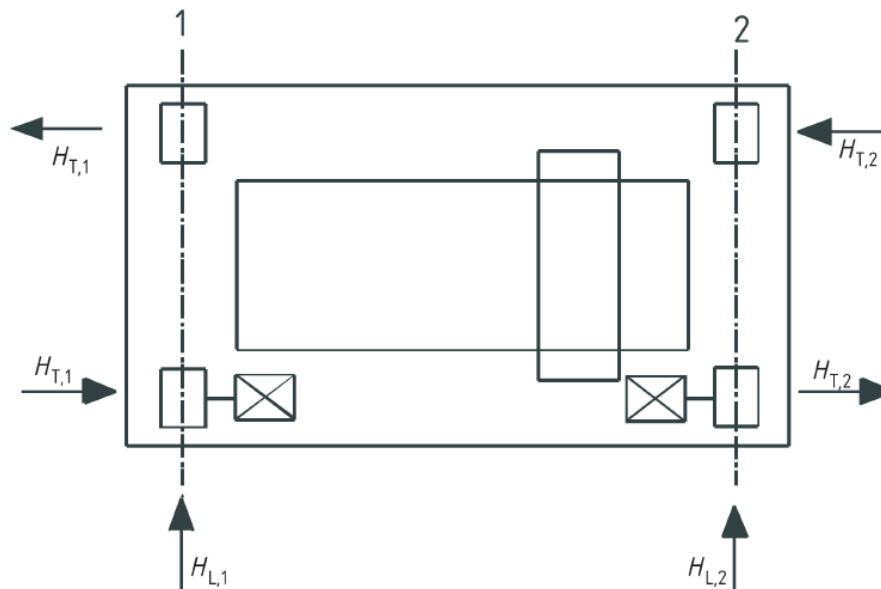
Svislé síly způsobené zatížením kladkostroje

$$Q_{h,max} = \frac{1}{n} * \frac{Q_h * (l - e)}{l} = \frac{1}{2} * \frac{100,0 * (24,0 - 0,85)}{24,0} = 48,2 \text{ kN}$$

$$Q_{r,(max)} = \frac{1}{n} * \frac{Q_h * e}{l} = \frac{1}{2} * \frac{100,0 * 0,85}{24,0} = 1,8 \text{ kN}$$

Vodorovná zatížení

Zrychlení mostu jeřábu



$$K = \mu * m_w * Q_{r,min} = 0,2 * 2 * 32,2 = 12,9 \text{ kN}$$

$\mu = 0,2$ – součinitel tření pro kombinaci materiálů ocel – ocel

Síly v podélném směru

$$n_r = 2,0$$

$$H_{L,i} = H_{L,1} = H_{L,2} = \frac{K}{n_r} = \frac{12,9}{2,0} = 6,4 \text{ kN}$$

$$\xi_1 = \frac{\sum Q_{r,max}}{\sum Q_r} = \frac{n * (Q_{r,max} + Q_{h,max})}{Q_c + Q_h} = \frac{2,0 * (37,8 + 48,2)}{100,0 + 140,0} = 0,72$$

$$\xi_2 = 1 - \xi_1 = 1 - 0,72 = 0,28$$

Moment hnací síly k těžišti jeřábu

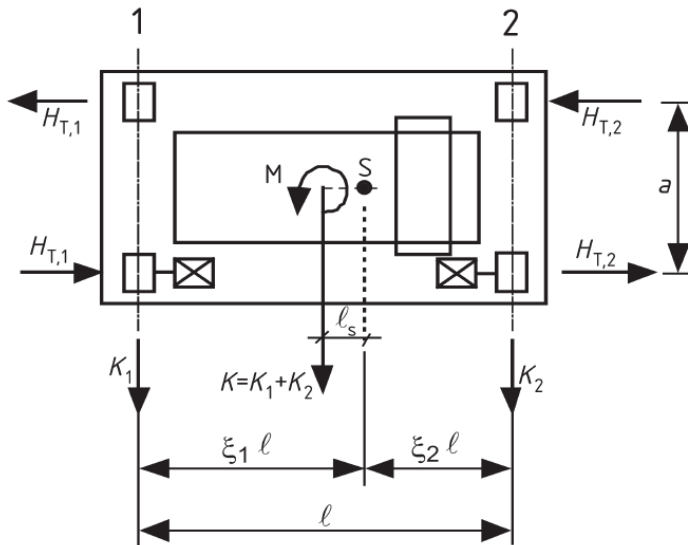
$$M = K * l_s = K * (\xi_1 - 0,5) * s = 12,9 * (0,72 - 0,5) * 24,0 = 67,0 \text{ kNm}$$

vychýlení těžiště jeřábu od poloviny jeho rozpětí

$$l_s = (\xi_1 - 0,5) * s$$

$$H_{T,1} = \xi_1 * \frac{M}{a} = 0,72 * \frac{67,0}{4,0} = 12,0 \text{ kN}$$

$$H_{T,2} = \xi_2 * \frac{M}{a} = 0,28 * \frac{67,0}{4,0} = 4,7 \text{ kN}$$



Příčení mostu jeřábu

$$H_{s,i,j,k} = f * \lambda_{s,i,j,k} * \sum Q_r$$

$$\lambda_{s,1,1,T} = \frac{\xi_2}{n} * \left(1 - \frac{e_1}{h}\right) = \frac{\xi_2}{n} = \frac{0,28}{2} = 0,14$$

$$\lambda_{s,2,1,T} = \frac{\xi_1}{n} * \left(1 - \frac{e_1}{h}\right) = \frac{\xi_1}{n} = \frac{0,72}{2} = 0,36$$

$$H_{s,1,1,T} = f * \lambda_{s,1,1,k} * \sum Q_r = 0,3 * 0,14 * (100,0 + 140,0) = 10,2 \text{ kN}$$

$$H_{s,2,1,T} = f * \lambda_{s,2,1,k} * \sum Q_r = 0,3 * 0,36 * (100,0 + 140,0) = 25,8 \text{ kN}$$

Zrychlení kočky

$$H_{T,3,1} = \frac{0,1}{2} * (Q_h + Q_t) * \left(\frac{l-e}{l}\right) = \frac{0,1}{2} * (100,0 + 12,0) * \frac{24,0 - 0,85}{24,0} = 5,4 \text{ kN}$$

$$H_{T,3,2} = \frac{0,1}{2} * (Q_h + Q_t) * \left(\frac{e}{l}\right) = \frac{0,1}{2} * (100,0 + 12,0) * \frac{0,85}{24,0} = 0,2 \text{ kN}$$

Charakteristické hodnoty zatížení jeřábem

zatížení	značka	skupina zatížení				
		mezní stav únosnosti				
		1	3	4	5	6
vl. tíha jeřábu	Q_c	ϕ_1	1	ϕ_4	ϕ_4	ϕ_4
zatížení kladkostroje	Q_H	ϕ_2	-	ϕ_4	ϕ_4	ϕ_4

zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	ϕ_5	ϕ_5	ϕ_5	-	-
příčení mostu jeřábu	H_S, S	-	-	-	1	-
zrychlení kočky	$H_{T,3}$	-	-	-	-	1
síly na nárazník	H_B	-	-	-	-	-

$$\varphi_1 = 1,1$$

$$\varphi_2 = \varphi_{2,\min} + \beta_2 * v_h = 1,10 + 0,34 * 0,15 = 1,15$$

Tabulka 2.5 – Hodnoty β_2 a $\varphi_{2,\min}$

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

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

$$\varphi_4 = 1,0$$

$$\varphi_5 = 1,5$$

Kombinační součinitele pro zatížení jeřáby

$$\psi_0 = 1,0$$

$$\psi_1 = 0,9$$

$$\psi_2 = \frac{Q_c}{Q_c + Q_H} = \frac{140,0}{140,0 + 100,0} = 0,58$$

Únavové zatížení

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

$$\varphi_{fat,1} = \frac{1 + \varphi_1}{2} = \frac{1 + 1,1}{2} = 1,05$$

$$\varphi_{fat,2} = \frac{1 + \varphi_2}{2} = \frac{1 + 1,15}{2} = 1,08$$

$$\lambda_\sigma = 0,630$$

$$\lambda_\tau = 0,758$$

$$Q_{e,\sigma} = \varphi_{fat,1} * \lambda_\sigma * Q_{r,\max} + \varphi_{fat,2} * \lambda_\sigma * Q_{H,r,\max} \\ = 1,05 * 0,630 * 37,8 + 1,08 * 0,630 * 48,2 = 57,5 \text{ kN}$$

$$Q_{e,\tau} = \varphi_{fat,1} * \lambda_\tau * Q_{r,\max} + \varphi_{fat,2} * \lambda_\tau * Q_{H,r,\max} \\ = 1,05 * 0,758 * 37,8 + 1,08 * 0,758 * 48,2 = 69,4 \text{ kN}$$

$$\lambda_{\sigma,loc} = 0,794$$

$$\lambda_{\tau,loc} = 0,871$$

$$Q_{e,\sigma,loc} = \varphi_{fat,1} * \lambda_{\sigma,loc} * Q_{r,max} + \varphi_{fat,2} * \lambda_{\sigma,loc} * Q_{H,r,max} \\ = 1,05 * 0,794 * 37,8 + 1,08 * 0,794 * 48,2 = 72,2 \text{ kN}$$

$$Q_{e,\tau} = \varphi_{fat,1} * \lambda_{\tau,loc} * Q_{r,max} + \varphi_{fat,2} * \lambda_{\tau,loc} * Q_{H,r,max} \\ = 1,05 * 0,871 * 37,8 + 1,08 * 0,871 * 48,2 = 79,7 \text{ kN}$$

$$\gamma_{Ff} = 1,0$$

2.3.3 Výpočet vnitřních sil

Hlavní nosník jeřábové dráhy působí jako prostý nosník o délce $l = 6,1$ m. Nosník je navržen z plnostěnného válcovaného profilu HEA 340.

$$\gamma_{G,sup} = 1,35$$

$$\gamma_{Q,sup} = 1,35$$

Vnitřní síly od působení jeřábu

Maximální hodnoty svislých sil pro skupiny zatížení 1, 5 a 6 působící na hlavní nosník jeřábové dráhy.

$$F_1 = \gamma_{Q,sup} * (\varphi_1 * Q_{r,max} + \varphi_2 * Q_{H,r,max}) = 1,35 * (1,1 * 37,8 + 1,15 * 48,2) \\ = 131,1 \text{ kN}$$

$$F_5 = \gamma_{Q,sup} * (\varphi_4 * Q_{r,max} + \varphi_4 * Q_{H,r,max}) = 1,35 * (1,0 * 37,8 + 1,0 * 48,2) \\ = 116,1 \text{ kN}$$

$$F_6 = \gamma_{Q,sup} * (\varphi_4 * Q_{r,max} + \varphi_4 * Q_{H,r,max}) = 1,35 * (1,0 * 37,8 + 1,0 * 48,2) \\ = 116,1 \text{ kN}$$

Pro návrh hlavního nosníku je třeba stanovit maximální posouvací sílu a ohybový moment. Pro první zatěžovací stav byla poloha zatížení, které vyvolá maximální účinek, stanovena dle kritéria $\text{Max max } M$. Jako druhý zatěžovací stav byla jedna síla umístěna do středu rozpětí nosníku, druhá síla se nachází již na nosníku vedlejším.

1. zatěžovací stav

$$R_{b,z} = \frac{F_1 * \left(\frac{l}{2} + \frac{a}{4} - a\right) + F_1 * \left(\frac{l}{2} + \frac{a}{4}\right)}{l} = \frac{131,1 * \left(\frac{6,1}{2} + \frac{4,0}{4} - 4,0\right)}{6,1} = 88,1 \text{ kN}$$

$$R_{a,z} = -R_{b,z} + 2 * F_1 = -88,1 + 2 * 131,1 = 174,0 \text{ kN}$$

$$V_{1,Ed,y} = R_{a,z} = 174,0 \text{ kN}$$

$$M_{1,Ed,y} = R_{b,z} * \left(\frac{l}{2} - \frac{a}{4}\right) = 88,1 * \left(\frac{6,1}{2} - \frac{4,0}{4}\right) = 180,6 \text{ kNm}$$

Vnitřní síly pro skupiny zatížení 5 a 6 byly stanoveny stejným způsobem.

vnitřní síla	skupina zatížení		
	1	5	6
$R_{a,z}$ [kN]	174,0	154,2	154,2
$R_{b,z}$ [kN]	88,1	78,0	78,0
$V_{i,Ed,z}$ [kN]	174,0	154,2	154,2
$M_{i,Ed,z}$ [kNm]	180,6	160,0	160,0

Vnitřní síly od vlastní tíhy jeřábové dráhy

$$g_k = 1,4 \text{ kN}$$

$$g_d = 1,8 \text{ kN}$$

$$V_{g,Ed,z} = \frac{1}{2} * g_d * l = \frac{1}{2} * 1,8 * 6,1^2 = 5,6 \text{ kN}$$

$$M_{g,Ed,z} = \frac{1}{8} * g_d * l^2 = \frac{1}{8} * 1,8 * 6,1^2 = 8,5 \text{ kNm}$$

Výsledné vnitřní síly od svislého zatížení

$$V_{1,c,Ed,z} = V_{1,Ed,z} + V_{g,Ed,z} = 174,0 + 5,6 = 179,6 \text{ kN}$$

$$M_{1,c,Ed,z} = M_{1,Ed,z} + M_{g,Ed,z} = 180,6 + 8,5 = 189,1 \text{ kNm}$$

Vnitřní síly pro skupiny zatížení 5 a 6 byly stanoveny stejným způsobem.

vnitřní síla	skupina zatížení		
	1	5	6
$V_{i,c,Ed,z}$ [kN]	179,6	159,8	159,8
$M_{i,c,Ed,z}$ [kNm]	189,1	168,5	168,5

2. zatěžovací stav

$$R_{b,z} = 0,5 * F_1 = 0,5 * 131,1 = 65,6 \text{ kN}$$

$$R_{a,z} = R_{b,z} = 65,6 \text{ kN}$$

$$V_{1,Ed,y} = R_{a,z} = 65,6 \text{ kN}$$

$$M_{1,Ed,y} = R_{b,z} * \frac{l}{2} = 65,6 * \frac{6,1}{2} = 199,9 \text{ kNm}$$

Vnitřní síly pro skupiny zatížení 5 a 6 byly stanoveny stejným způsobem.

vnitřní síla	skupina zatížení		
	1	5	6
$R_{a,z}$ [kN]	65,6	58,1	58,1
$R_{b,z}$ [kN]	65,6	58,1	58,1
$V_{i,Ed,z}$ [kN]	65,6	58,1	58,1
$M_{i,Ed,z}$ [kNm]	199,9	177,1	177,1

Vnitřní síly od vlastní tíhy jeřábové dráhy

$$g_k = 1,4 \text{ kN}$$

$$g_d = 1,8 \text{ kN}$$

$$V_{g,Ed,z} = \frac{1}{2} * g_d * l = \frac{1}{2} * 1,8 * 6,1^2 = 5,6 \text{ kN}$$

$$M_{g,Ed,z} = \frac{1}{8} * g_d * l^2 = \frac{1}{8} * 1,8 * 6,1^2 = 8,5 \text{ kNm}$$

Výsledné vnitřní síly od svislého zatížení

$$V_{1,c,Ed,z} = V_{1,Ed,z} + V_{g,Ed,z} = 65,6 + 5,6 = 71,2 \text{ kN}$$

$$M_{1,c,Ed,z} = M_{1,Ed,z} + M_{g,Ed,z} = 199,9 + 8,5 = 208,4 \text{ kNm}$$

Vnitřní síly pro skupiny zatížení 5 a 6 byly stanoveny stejným způsobem.

vnitřní síla	skupina zatížení		
	1	5	6
$V_{i,c,Ed,z}$ [kN]	71,2	63,6	63,6
$M_{i,c,Ed,z}$ [kNm]	208,4	185,6	185,6

Vnitřní síly - vodorovné zatížení

Zrychlení mostu jeřábu

Podélné síly

Podélná návrhová síla od zrychlení mostu jeřábu

$$H_{L,d} = \gamma_{Q,sup} * \varphi_5 * H_{L,i} = 1,35 * 1,5 * 6,4 = 13,0 \text{ kN}$$

Jelikož vodorovná podélná síla působí na povrchu kolejnice, tedy na rameni z vůči podporám hlavního jeřábového nosníku, vyvodí také ohybový moment $M_{L,y}$.

Výška hlavního nosníku jeřábové dráhy

$$h = 330,0 \text{ mm}$$

Výška kolejnice

$$h_r = 85,0 \text{ mm}$$

$$z = h + h_r = 330,0 + 85,0 = 415,0 \text{ mm} = 0,415 \text{ m}$$

$$R_{a,y} = H_{L,d} = 13,0 \text{ kN}$$

$$R_{a,z} = \frac{H_{L,d} * z}{l} = \frac{13,0 * 0,415}{6,1} = 0,9 \text{ kN}$$

$$R_{b,z} = -R_{a,z} = -0,9 \text{ kN}$$

$$M_{L,Ed,y} = R_{a,z} * e_x = 0,9 * (0,5 * 6,1 + 0,85) = 3,4 \text{ kNm}$$

$$V_{L,Ed,z} = R_{a,z} = 0,9 \text{ kN}$$

Příčné síly

Příčné návrhové síly od zrychlení mostu jeřábu

$$H_{T,1,d} = \gamma_{Q,sup} * \varphi_5 * H_{T,1} = 1,35 * 1,5 * 12,0 = 24,3 \text{ kN}$$

$$H_{T,2,d} = \gamma_{Q,sup} * \varphi_5 * H_{T,2} = 1,35 * 1,5 * 4,7 = 9,6 \text{ kN}$$

Síly na nosník působí s opačnou orientací. Maximálního účinku bude tedy dosaženo ve druhém zatěžovacím stavu, kdy jedna síla působí ve středu nosníku jeřábové dráhy a druhá síla již na nosníku vedlejším.

$$R_{a,y} = R_{b,y} = 0,5 * H_{T,1,d} = 0,5 * 24,3 = 12,2 \text{ kN}$$

$$V_{H,T,Ed,y} = R_{a,y} = 12,2 \text{ kN}$$

$$M_{H,T,Ed,z} = R_{b,y} * \left(\frac{l}{2}\right) = 12,2 * \frac{6,1}{2} = 37,1 \text{ kNm}$$

Příčení mostu jeřábu

Příčné návrhové síly od příčení mostu jeřábu

$$H_{s,1,1,T,d} = \gamma_{Q,sup} * H_{s,1,1,T} = 1,35 * 10,2 = 13,8 \text{ kN}$$

$$H_{s,2,1,T,d} = \gamma_{Q,sup} * H_{s,2,1,T} = 1,35 * 25,8 = 34,83 \text{ kN}$$

Z toho důvodu, že síla působí pouze na jednom z dvojice kol, bude pro výpočet uvažována pouze větší z dvojice sil.

$$V_{s,Ed,y} = 0,5 * H_{s,2,1,T,d} = 0,5 * 34,8 = 17,4 \text{ kN}$$

$$M_{s,Ed,y} = 0,25 * H_{s,2,1,T,d} * l = 0,25 * 34,8 * 6,1 = 53,1 \text{ kNm}$$

Zrychlení kočky

1. Zatěžovací stav

$$H_{T,3,1,d} = \gamma_{Q,sup} * H_{T,3,1} = 1,35 * 5,4 = 7,3 \text{ kN}$$

$$R_{b,y} = \frac{H_{T,3,1,d} * \left(\frac{l}{2} + \frac{a}{4} - a\right) + H_{T,3,1,d} * \left(\frac{l}{2} + \frac{a}{4}\right)}{l} = \frac{7,3 * \left(\frac{6,1}{2} + \frac{4,0}{4} - 4,0\right) + 7,3 * \left(\frac{6,1}{2} + \frac{4,0}{4}\right)}{6,1} = 4,9 \text{ kN}$$

$$R_{a,y} = -R_{b,y} + 2 * H_{T,3,1,d} = -4,9 + 2 * 7,3 = 9,7 \text{ kN}$$

$$V_{T,3,Ed,y} = R_{a,y} = 9,7 \text{ kN}$$

$$M_{T,3,Ed,z} = R_{b,y} * \left(\frac{l}{2} - \frac{a}{4}\right) = 4,9 * \left(\frac{6,1}{2} - \frac{4,0}{4}\right) = 10,0 \text{ kNm}$$

2. Zatěžovací stav

$$H_{T,3,1,d} = \gamma_{Q,sup} * H_{T,3,1} = 1,35 * 5,4 = 7,3 \text{ kN}$$

$$R_{b,y} = 0,5 * H_{T,3,1,d} = 0,5 * 7,3 = 3,7 \text{ kN}$$

$$R_{a,y} = R_{b,y} = 3,7 \text{ kN}$$

$$V_{T,3,Ed,y} = R_{a,y} = 3,7 \text{ kN}$$

$$M_{T,3,Ed,z} = R_{b,y} * \frac{l}{2} = 3,7 * \frac{6,1}{2} = 11,3 \text{ kNm}$$

2.3.4 Návrhové hodnoty zatížení

Pro výpočet výsledných hodnot vnitřních sil bude uvažována vždy větší hodnota příslušné veličiny z obou zatěžovacích stavů.

výsledné posouvací síly ve vvislém směru $V_{i,z}$ [kN]				
zatížení	značka	skupina zatížení		
		mezní stav únosnosti		
		1	5	6
vlastní tíha jeřábu a zatížení kladkostroje	$Q_C + Q_H$	179,6	159,8	159,8
zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	0,9	-	-
příčení mostu jeřábu	H_S, S	-	0	-
zrychlení kočky	$H_{T,3}$	-	-	0
síly na nárazník	H_B	-	-	-
celkem		180,5	159,8	159,8

výsledné posouvací síly ve svislém směru $M_{i,y}$ [kNm]				
zatížení	značka	skupina zatížení		
		mezní stav únosnosti		
		1	5	6
vlastní tíha jeřábu a zatížení kladkostroje	$Q_C + Q_H$	208,4	185,6	185,6
zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	3,4	-	-
příčeni mostu jeřábu	H_S, S	-	0	-
zrychlení kočky	$H_{T,3}$	-	-	0
síly na nárazník	H_B	-	-	-
celkem		211,8	185,6	185,6

výsledné posouvací síly ve svislém směru $V_{i,y}$ [kN]				
zatížení	značka	skupina zatížení		
		mezní stav únosnosti		
		1	5	6
vlastní tíha jeřábu a zatížení kladkostroje	$Q_C + Q_H$	0,0	0,0	0,0
zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	12,16	-	-
příčeni mostu jeřábu	H_S, S	-	17,42	-
zrychlení kočky	$H_{T,3}$	-	-	9,68
síly na nárazník	H_B	-	-	-
celkem		12,2	17,4	9,7

výsledné posouvací síly ve svislém směru $M_{i,z}$ [kNm]				
zatížení	značka	skupina zatížení		
		mezní stav únosnosti		
		1	5	6
vlastní tíha jeřábu a zatížení kladkostroje	$Q_C + Q_H$	0,0	0,0	0,0
zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	37,1	-	-
příčeni mostu jeřábu	H_S, S	-	53,1	-
zrychlení kočky	$H_{T,3}$	-	-	11,3
síly na nárazník	H_B	-	-	-
celkem		37,1	53,1	11,3

Návrhové hodnoty zatížení

Vnitřní síla	skupina zatížení			jednotky
	1	5	6	
$N_{i,Ed}$	13,0	0	0	kN
$V_{i,z,Ed}$	180,5	159,8	159,8	kN
$M_{i,y,Ed}$	211,8	185,6	185,6	kNm
$V_{i,y,Ed}$	12,2	17,4	9,7	kN

$M_{i,z,Ed}$	37,10	53,13	11,3	kNm
--------------	-------	-------	------	-----

Mez kluzu $f_y = 355,0$ MPa

Mez pevnosti $f_u = 490,0$ MPa

Modul pružnosti $E = 210\,000$ MPa

Dílčí součinitele spolehlivosti

$\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M1} = 1,0$

$\gamma_{M2} = 1,25$

2.4 Hlavní nosník jeřábové dráhy

Navrhuji profil HEA 340.

výška nosníku	h	=	330	mm
šířka horní pásnice	b_1	=	300	mm
tloušťka horní pásnice	t_{f1}	=	16,5	mm
šířka dolní pásnice	b_2	=	300	mm
tloušťka dolní pásnice	t_{f2}	=	16,5	mm
tloušťka stojiny	t_w	=	9,5	mm
výška stojiny	h_w	=	297	mm
excentricita horních/dolních vláken	e_z	=	165	mm
excentricita pravých/levých vláken	e_y	=	150	mm

průřezové charakteristiky

A	=	13350	mm ²	I_y	=	2,77E+08	mm ⁴
A_{vz}	=	4495	mm ²	I_z	=	74360000	mm ⁴
$W_{el,y}$	=	1,68E+06	mm ³	I_t	=	1272000	mm ⁴
$W_{el,z}$	=	4,96E+05	mm ³	I_ω	=	1,82E+12	mm ⁶
$W_{pl,y}$	=	1,85E+06	mm ³				

2.4.1 Posouzení mezního stavu únosnosti MSÚ

Jelikož normálová síla $N_{1,Ed}$ má velmi nízkou hodnotu, bude její vliv při posouzení na MSÚ zanedbán.

Napětí ve spodních vláknech

$$\sigma_{1,s,Ed} = \frac{M_{1,y,Ed}}{I_y} * e_z = \frac{211,8 * 10^6}{2,77 * 10^8} * 165 = 126,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{5,s,Ed} = \frac{M_{5,y,Ed}}{I_y} * e_z = \frac{185,6 * 10^6}{2,77 * 10^8} * 165 = 110,58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{6,s,Ed} = \frac{M_{6,y,Ed}}{I_y} * e_z = \frac{185,6 * 10^6}{2,77 * 10^8} * 165 = 110,58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max,s,Ed} = 126,23 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{355,0}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Napětí v horních vláknech

$$\begin{aligned} \sigma_{1,h,Ed} &= \frac{M_{1,y,Ed}}{I_y} * e_z + \frac{M_{1,z,Ed}}{I_z} * e_y + \frac{N_{1,Ed}}{A} \\ &= \frac{211,8 * 10^6}{2,77 * 10^8} * 165 + \frac{37,10 * 10^6}{74,36 * 10^6} * 150 + \frac{13,0}{13\,350} = 202,05 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{5,h,Ed} &= \frac{M_{5,y,Ed}}{I_y} * e_z + \frac{M_{5,z,Ed}}{I_z} * e_y = \frac{185,6 * 10^6}{2,77 * 10^8} * 165 + \frac{53,1 * 10^6}{74,36 * 10^6} * 150 \\ &= 217,75 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{6,h,Ed} &= \frac{M_{6,y,Ed}}{I_y} * e_z + \frac{M_{6,z,Ed}}{I_z} * e_y = \frac{185,6 * 10^6}{2,77 * 10^8} * 165 + \frac{11,3 * 10^6}{74,36 * 10^6} * 150 \\ &= 133,38 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\max,h,Ed} = 217,75 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{355,0}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Klopení nosníku

Výpočet kritického momentu byl proveden s uvažováním excentricity zatížení pomocí programu LTBeamN.

$$M_{y,cr} = 728,50 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_y}{M_{y,cr}}} = \sqrt{\frac{1,68 * 10^6 * 355,0}{685,82 * 10^6}} = 0,93$$

$$\begin{aligned} \Phi_{LT} &= 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2] \\ &= 0,5 * [1 + 0,49 * (0,93 - 0,4) + 0,75 * 0,93^2] = 0,92 \end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,93 + \sqrt{0,93^2 - 0,75 * 0,92^2}} = 0,74$$

Kroucení

Zatěžovací síly působí na kolejnici. Excentricita je rovna vzdálenosti hlavy kolejnice a těžiště nosníku.

$$e_y = \frac{h}{2} + h_r = 0,5 * 330 + 85 = 250,0 \text{ mm}$$

Norma ČSN EN 1991-3 (2.5.2.2 (2)) stanovuje výstřednost působíště kolového zatížení jako 0,25 šířky hlavy kolejnice.

šířka hlavy kolejnice

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

$$e_z = 0,25 * h_r = 0,25 * 55 = 13,8 \text{ mm}$$

$$K_t = L * \sqrt{\frac{G * I_t}{E * I_\omega}} = 6 100 * \sqrt{\frac{80 700 * 1 272 000}{210 000 * 1,82 * 10^{12}}} = 3,16$$

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

Tab. 15 Koefficienty α a β pro typ zatížení a okrajové podmínky

Okrajové podmínky obecné

$$\alpha = 3,70$$

$$\beta = 1,08$$

$$\kappa = \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_t}\right)^2} = \frac{1}{1,08 + \left(\frac{3,70}{3,16}\right)^2} = 0,41$$

$$\begin{aligned} B_{1,Ed} &= M_{1,z,Ed} * e_y * (1 - \kappa) + M_{1,y,Ed} * e_z * (1 - \kappa) \\ &= 37,1 * 10^6 * 250,0 * (1 - 0,41) + 211,8 * 10^6 * 13,8 * (1 - 0,41) \\ &= 7,2 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$

Hodnoty bimomentu pro skupiny zatížení 5 a 6 byly stanoveny stejným způsobem.

bimoment	skupina zatížení			jednotka
	1	5	6	
$B_{i,Ed}$	7,22	9,38	3,18	kNm ²

Posouzení interakce klopení a kroucení

$$\omega_{\max} = \frac{b * h}{4} = \frac{300,0 * 330,0}{4} = 24\,750,0 \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk} = \frac{I_{\omega}}{\omega_{\max}} * f_y = \frac{1,82 * 10^{12}}{24\,750,0} * 355,0 = 26,16 \text{ kNm}^2$$

$$\kappa_{1,w} = 0,7 - \frac{0,2 * B_{1,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,7 - \frac{0,2 * 7,22}{\frac{26,16}{1,0}} = 0,64$$

$$\kappa_{5,w} = 0,7 - \frac{0,2 * B_{5,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,7 - \frac{0,2 * 9,38}{\frac{26,16}{1,0}} = 0,63$$

$$\kappa_{6,w} = 0,7 - \frac{0,2 * B_{6,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,7 - \frac{0,2 * 3,18}{\frac{26,16}{1,0}} = 0,68$$

$$\kappa_{1,zw} = 1 - \frac{M_{1,z,Ed}}{W_{el,z} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{37,10 * 10^6}{4,96 * 10^5 * \frac{355,0}{1,0}} = 0,79$$

$$\kappa_{5,zw} = 1 - \frac{M_{5,z,Ed}}{W_{el,z} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{53,13 * 10^6}{4,96 * 10^5 * \frac{355,0}{1,0}} = 0,70$$

$$\kappa_{6,zw} = 1 - \frac{M_{6,z,Ed}}{W_{el,z} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{11,30 * 10^6}{4,96 * 10^5 * \frac{355,0}{1,0}} = 0,94$$

$$\kappa_{1,a} = \frac{1}{1 - \frac{M_{1,y,Ed}}{M_{y,cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{211,80 * 10^6}{728,50 * 10^6}} = 1,45$$

$$\kappa_{5,a} = \frac{1}{1 - \frac{M_{5,y,Ed}}{M_{y,cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{185,60 * 10^6}{728,50 * 10^6}} = 1,37$$

$$\kappa_{6,a} = \frac{1}{1 - \frac{M_{6,y,Ed}}{M_{y,cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{185,60 * 10^6}{728,50 * 10^6}} = 1,37$$

$$\begin{aligned} \chi_{LT} * W_{el,y} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}} + \frac{M_{1,z,Ed}}{W_{el,z} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{\kappa_{1,w} * \kappa_{1,zw} * \kappa_{1,a} * B_{1,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ = \frac{211,80 * 10^6}{0,74 * 1,68 * 10^6 * \frac{355,0}{1,0}} + \frac{37,10 * 10^6}{4,96 * 10^5 * \frac{355,0}{1,0}} \\ + \frac{0,64 * 0,79 * 1,45 * 7,22}{\frac{26,16}{1,0}} = 0,89 \leq 1,0 \end{aligned}$$

VYHOVUJE

$$\frac{M_{5,y,Ed}}{\chi_{LT} * W_{el,y} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{5,z,Ed}}{W_{el,z} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{\kappa_{5,w} * \kappa_{5,zw} * \kappa_{5,a} * B_{5,Ed}}{\frac{B_{RK}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{185,60 * 10^6}{0,74 * 1,68 * 10^6 * \frac{355,0}{1,0}} + \frac{53,13 * 10^6}{4,96 * 10^5 * \frac{355,0}{1,0}}$$

$$+ \frac{0,63 * 0,70 * 1,37 * 9,38}{\frac{26,16}{1,0}} = 0,94 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{M_{6,y,Ed}}{\chi_{LT} * W_{el,y} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{6,z,Ed}}{W_{el,z} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{\kappa_{6,w} * \kappa_{6,zw} * \kappa_{6,a} * B_{6,Ed}}{\frac{B_{RK}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{185,60 * 10^6}{0,74 * 1,68 * 10^6 * \frac{355,0}{1,0}} + \frac{11,30 * 10^6}{4,96 * 10^5 * \frac{355,0}{1,0}}$$

$$+ \frac{0,68 * 0,94 * 1,30 * 7,06}{\frac{26,16}{1,0}} = 0,59 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Lokální smykové a tlakové napětí

šířka paty kolejnice	b_{fr}	=	100	mm
výška kolejnice	h_r	=	85	mm
moment setrvačnosti kolejnice	I_x	=	3095000	mm ⁴
moment setrvačnosti kolejnice s vlivem opotřebení 25%	I_r	=	2790000	mm ⁴

$$b_{eff} = b_{fr} + 0,75 * h_r + t_{f1} = 100,0 + 0,75 * 85,0 + 16,5 = 180,3 \text{ mm}$$

$$I_{f,eff} = \frac{1}{12} * b_{eff} * t_{f1}^3 = \frac{1}{12} * 180,3 * 16,5^3 = 67\,475,46 \text{ mm}^4$$

$$I_{eff} = 3,25 * \sqrt[3]{\frac{I_r + I_{f,eff}}{t_w}} = 3,25 * \sqrt[3]{\frac{2,79 * 10^6 + 67\,475,46}{9,5}} = 217,8 \text{ mm}$$

$$\sigma_{oz,Ed} = \frac{F_{Ed}}{I_{eff} * t_w} = \frac{F_1}{I_{eff} * t_w} = \frac{131,1 * 10^3}{217,8 * 9,5} = 63,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{oz,Ed} = 63,35 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{355,0}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

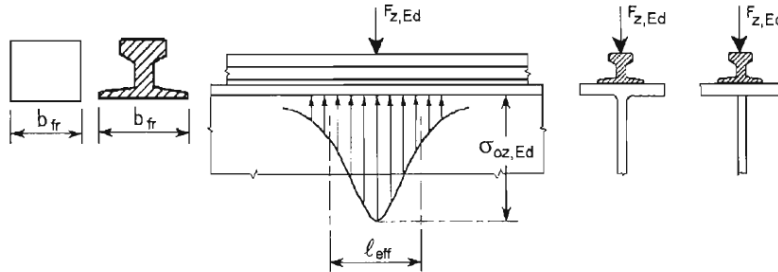
VYHOVUJE

$$\tau_{oxz,Ed} = 0,2 * \sigma_{oz,Ed} = 0,2 * 63,35 = 12,67 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{355,0}{\sqrt{3} * 1,0} = 205,0 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{oz,Ed}^2 + 3 * \tau_{oxz,Ed}^2} = \sqrt{63,65^2 + 3 * 12,67^2} = 67,05 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{355,0}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE



Interakce lokálního boulení a ohybového momentu

$$s_s = l_{eff} - 2 * t_{f1} = 217,8 - 2 * 16,5 = 184,8 \text{ mm}$$

$$m_1 = \frac{b_{f1}}{t_w} = \frac{300,0}{9,5} = 31,58$$

$$m_2 = 0,0$$

$$l_y = s_s + 2 * t_{f1} * (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 184,8 + 2 * 16,5 * (1 + \sqrt{31,58 + 0,0}) = 403,2 \text{ mm}$$

Vzdálenost výztuh

$$a = 6 \text{ 100 mm}$$

$$k_F = 6 + 2 * \left(\frac{h_w}{a}\right)^2 = 6 + 2 * \left(\frac{297,0}{6 \text{ 100}}\right)^2 = 6,00$$

$$F_{cr} = 0,9 * k_f * E * \frac{t_w^3}{h_w} = 0,9 * 6,00 * 210 \text{ 000} * \frac{9,5^3}{297,0} = 3 \text{ 276,2 kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y * t_w * f_y}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{403,2 * 9,5 * 355,0}{3 \text{ 276,2} * 10^3}} = 0,64$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,64} = 0,78 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$L_{eff} = \chi_F * l_y = 0,78 * 403,2 = 312,9 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{t_w * f_y * L_{eff}}{\gamma_{M1}} = \frac{9,5 * 355,0 * 312,9}{1,0} = 1 \text{ 055,3 kN}$$

$$F_{Ed} = F_1 = 131,1 \text{ kN} \leq F_{Rd} = 1 \text{ 055,3 kN}$$

VYHOVUJE

Interakce lokálního boulení a ohybového momentu

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1,85 * 10^6 * \frac{355,0}{1,0} = 656,80 \text{ kNm}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} + 0,8 * \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{131,1}{1\ 053,3} + 0,8 * \frac{211,80}{656,80} = 0,4 \leq 1,4$$

VYHOVUJE

Globální smykové napětí

$$S_{f,y} = b_1 * t_{f1} * \left(e_z - \frac{t_{f1}}{2} \right) = 300,0 * 16,5 * \left(165,0 - \frac{16,5}{2} \right) = 775\ 912,5 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{v,Ed} = \frac{V_{1,z,Ed} * S_{f,y}}{I_y * t_w} = \frac{180,5 * 10^3 * 775\ 912}{2,77 * 10^8 * 9,5} = 53,2 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{355,0}{\sqrt{3} * 1,0} = 205,0 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

2.4.2 Posouzení mezního stavu použitelnosti

Svislý průhyb ve směru osy z

$$\delta_{z,CD,1} = \frac{l}{600} = \frac{6\ 100}{600} = 10,2 \text{ mm}$$

$$\delta_{z,CD,max} = 25,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{z,CD} = 10,2 \text{ mm}$$

$$\delta_g = \frac{5}{384} * \frac{g_k * l^4}{E * I_y} = \frac{5}{384} * \frac{1,35 * 6\ 100^4}{210\ 000 * 2,77 * 10^8} = 0,4 \text{ mm}$$

$$F_k = Q_{r,max} + Q_{H,r,max} = 37,8 + 48,2 = 86,0 \text{ kN}$$

$$\delta_{a,z} = 7,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{b,z} = 7,3 \text{ mm}$$

$$\delta_z = \delta_{a/b,z} + \delta_g = 7,3 + 0,4 = 7,7 \text{ mm} \leq \delta_{z,CD} = 10,2 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Vodorovná deformace ve směru osy y

$$\delta_{y,CD} = 10,2 \text{ mm}$$

$$H_{T,1} = 12,0 \text{ kN}$$

$$H_{s,2,1,T} = 25,8 \text{ kN}$$

$$H_{T,3,1} = 5,4 \text{ kN}$$

$$\delta_{a,y} = 0,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{b,y} = 3,6 \text{ mm}$$

$$\delta_{c,y} = 7,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{d,y} = 0,3 \text{ mm}$$

$$\delta_{e,y} = 0,2 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 7,8 \text{ mm} \leq \delta_{y,CD} = 10,2 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

2.4.3 Mezní stav únosnosti FAT – Únava

popis detailu	kategorie detailu
základní materiál horní pásnice v místě přivařených vodících plechů kolejnice	80
základní materiál stojiny s přivařenou výztuhou v místě podpor	80

Posouzení pásnic pro rozkmit normálového napětí od ohybového momentu

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

$$\Delta\sigma_C = 80,0 \text{ MPa}$$

$$F_M = Q_{e,\sigma} = 57,5 \text{ kN}$$

$$R_{b,z} = \frac{F_M * \left(\frac{1}{2} + \frac{a}{4} - a\right) + F_M * \left(\frac{1}{2} + \frac{a}{4}\right)}{1} = \frac{57,5 * \left(\frac{6,1}{2} + \frac{4,0}{4} - 4,0\right)}{6,1} = 38,7 \text{ kN}$$

$$R_{a,z} = -R_{b,z} + 2 * F_M = -38,7 + 2 * 57,5 = 76,4 \text{ kN}$$

$$\Delta V_{E2} = R_{a,z} = 76,4 \text{ kN}$$

$$\Delta M_{E2} = R_{b,z} * (0,5 * l - 0,25 * a) = 38,7 * (0,5 * 6,1 - 0,25 * 4,0) = 79,3 \text{ kNm}$$

$$\Delta\sigma_{E2} = \frac{\Delta M_{E2}}{W_{el,y}} = \frac{79,3 * 10^6}{1,68 * 10^6} = 47,2 \text{ MPa}$$

$$D_\sigma = \gamma_{Ff}^3 * \Delta\sigma_{E2}^3 * \left(\frac{\gamma_{Mf}}{\Delta\sigma_C}\right)^3 = 1,0^3 * 47,2^3 * \left(\frac{47,2}{80,0}\right)^3 = 0,31 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Posouzení stojiny pro rozkmit hlavního napětí od ohybového momentu a posouvací síly.

$$\Delta\sigma_C = 80,0 \text{ MPa}$$

$$z = \frac{h_w}{2} = \frac{297,0}{2} = 148,5 \text{ mm}$$

$$\Delta\sigma_{E2} = \frac{\Delta M_{E2}}{I_y} * z = \frac{79,3 * 10^6}{2,77 * 10^8} * 148,5 = 42,5 \text{ MPa}$$

$$S_y = \frac{h - t_f}{2} * t_f * b = \frac{330,0 - 297,0}{2} * 16,5 * 300,0 = 775 912,5 \text{ mm}^3$$

$$\Delta\tau_{E2} = \frac{\Delta V_{E2} * S_y}{I_y * t_w} = \frac{76,4 * 10^3 * 775 912,5}{2,77 * 10^8 * 9,5} = 22,5 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{eq,E2} = \frac{1}{2} * \left(\Delta\sigma_{E2} + \sqrt{\Delta\sigma_{E2}^2 + 4 * \Delta\tau_{E2}^2} \right) = \frac{1}{2} * \left(42,5 + \sqrt{4,25^2 + 4 * 22,5^2} \right) = 52,2 \text{ MPa}$$

$$D_\sigma = \gamma_{Ff}^3 * \Delta\sigma_{E2}^3 * \left(\frac{\gamma_{Mf}}{\Delta\sigma_c} \right)^3 = 1,0^3 * 52,2^3 * \left(\frac{52,2}{80,0} \right)^3 = 0,42 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

3 Střešní a fasádní plášť

3.1 Střešní plášť

3.1.1 Trapézový plech

Navrhuji trapézový plech TR 50/260 tloušťky 0,75 mm.

Zatížení sněhem

$$s_k = 0,58 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem

$$w_k = 0,14 \text{ kN/m}^2 \text{ ... tlak}$$

$$w_k = -1,25 \text{ kN/m}^2 \text{ ... sání}$$

Zatížení vlastní tíhou střešního pláště

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

Kombinace zatížení MSÚ, STR/GEO

$$\sum \gamma_{G,j} * G_{k,j} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} * \Psi_{0,i} * Q_{k,i} = 1,35 * 0,42 + 1,5 * 0,58 + 1,5 * 0,6 * 0,14 = 1,55 \text{ kN/m}^2$$

$$\sum \gamma_{G,j} * G_{k,j} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} * \Psi_{0,i} * Q_{k,i} = 0,9 * 0,42 - 1,5 * 1,25 = -1,51 \text{ kN/m}^2$$

Kombinace zatížení MSP, charakteristická

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum \Psi_{0,i} * Q_{k,i} = 0,42 + 0,58 + 0,6 * 0,14 = 1,07 \text{ kN/m}^2$$

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/260, spojitý nosník o dvou polích, pozitivní poloha							
			Hozpon [m]							
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
0,75	7,13	q_{Rd1}	6,36	4,01	2,76	2,02	1,54	1,21	0,96	0,78
		q_{Rd2}	5,96	3,80	2,63	1,94	1,48	1,17	0,95	0,78
		q_{Rk}	15,66	6,61	3,38	1,96	1,23	0,83	0,58	0,42

Posouzení MSÚ

$$f_{Ed} = 1,55 \text{ kN/m}^2 \leq f_{Rd} = 3,80 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

Posouzení MSP

$$f_{Ek} = 1,07 \text{ kN/m}^2 \leq f_{Rk} = 6,61 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

3.1.2 Vaznice

Zatížení

Tlak větru

$$f_{Ed} = 1,55 * 2 = 3,10 \text{ kN/m}$$

Sání větru

$$f_{Ed} = -1,51 * 2 = -3,02 \text{ kN/m}$$

MSP

$$f_{Ek} = 1,07 * 2 = 2,14 \text{ kN/m}$$

Navrhují vaznici s profilovanou stojinou Z250/2,5

		Z 250																	
Rozpětí L [m]		5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	5.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50
Z 250	1	5.88	4.84	4.04	3.43	2.94	2.54	2.22	1.95	1.73	8.47	5.22	4.29	3.60	3.07	2.65	2.32	2.05	1.82
	2	4.29	3.45	2.81	2.32	1.93	-	-	-	-	6.82	4.28	3.50	2.93	2.50	2.16	1.88	-	-
t = 2,0mm	3	-4.21	-3.43	-2.85	-2.41	-2.05	-1.77	-1.54	-1.34	-1.19	-6.81	-4.56	-3.84	-3.28	-2.83	-2.46	-2.16	-1.91	-1.70
	4	-3.31	-2.68	-2.22	-1.86	-1.58	-1.35	-1.17	-1.02	-0.90	-5.45	-3.60	-3.01	-2.56	-2.20	-1.90	-1.66	-1.47	-1.30
7,80 kg/m	5	5.01	3.76	2.90	2.08	1.78	1.48	1.20	-	-	9.58	5.54	4.36	3.49	2.84	2.34	1.95	1.64	1.40
Z 250	1	7.95	6.55	5.47	4.64	3.98	3.45	3.01	2.65	2.34	11.37	7.07	5.82	4.90	4.19	3.64	3.19	2.82	2.51
	2	6.31	5.10	4.19	3.47	2.90	2.45	2.07	1.76	-	9.91	6.16	5.07	4.26	3.64	3.15	2.76	2.44	2.10
t = 2,5mm	3	-5.71	-4.68	-3.90	-3.29	-2.81	-2.43	-2.11	-1.85	-1.63	-9.12	-6.17	-5.21	-4.46	-3.86	-3.37	-2.96	-2.62	-2.33
	4	-4.85	-3.96	-3.29	-2.77	-2.36	-2.03	-1.76	-1.54	-1.35	-7.82	-5.25	-4.42	-3.77	-3.25	-2.83	-2.48	-2.19	-1.95
9,70 kg/m	5	6.55	4.92	3.79	2.81	2.39	1.92	1.57	1.29	1.07	12.56	7.27	5.72	4.58	3.72	3.07	2.56	2.15	1.83

Posouzení MSÚ

$$f_{Ed} = 3,10 \text{ kN/m}^2 \leq f_{Rd} = 4,64 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{Ed} = -3,02 \text{ kN/m}^2 \leq f_{Rd} = -3,29 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

Posouzení MSP

$$f_{Ek} = 2,14 \text{ kN/m}^2 \leq f_{Rk} = 2,81 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

3.2 Fasádní plášť

3.2.1 Fasádní kazety

Zatížení větrem

$$w_k = 0,48 \text{ kN/m}^2 \text{ ... tlak}$$

$$w_k = 0,83 \text{ kN/m}^2 \text{ ... sání}$$

$$w_d = 0,72 \text{ kN/m}^2 \text{ ... tlak}$$

$$w_d = 1,24 \text{ kN/m}^2 \text{ ... sání}$$

LT150-600S, prostý nosník, tlak větru (úzká pásnice v tlaku)

Nominální tloušťka t_{nom}	Mezní stav	Rozpon [m]										
		5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00
0.75	MSÚ	1.25	1.01	0.85	0.71	0.61	0.53	0.46	0.40	0.36	0.32	0.28
	L/150	1.88	1.41	1.09	0.85	0.69	0.56	0.45	0.39	0.32	0.27	0.23
	L/200	1.40	1.06	0.81	0.64	0.52	0.42	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18
0.88	MSÚ	1.79	1.46	1.21	1.02	0.87	0.75	0.65	0.56	0.50	0.45	0.40
	L/150	2.45	1.84	1.42	1.11	0.90	0.73	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31
	L/200	1.84	1.38	1.07	0.84	0.66	0.55	0.45	0.38	0.32	0.27	0.23
1	MSÚ	2.35	1.93	1.60	1.35	1.14	0.99	0.85	0.74	0.66	0.58	0.52
	L/150	3.01	2.26	1.74	1.37	1.10	0.89	0.73	0.62	0.51	0.44	0.38
	L/200	2.26	1.70	1.31	1.03	0.82	0.67	0.55	0.46	0.39	0.33	0.28
1.25	MSÚ	3.39	2.79	2.33	1.97	1.68	1.46	1.27	1.11	0.98	0.87	0.78
	L/150	4.18	3.15	2.42	1.90	1.52	1.24	1.02	0.85	0.72	0.61	0.53
	L/200	3.14	2.36	1.82	1.43	1.15	0.93	0.76	0.64	0.54	0.45	0.39
1.5	MSÚ	4.31	3.56	2.98	2.54	2.18	1.89	1.66	1.46	1.30	1.16	1.05
	L/150	5.34	4.01	3.09	2.43	1.95	1.58	1.30	1.08	0.91	0.78	0.67
	L/200	4.01	3.01	2.32	1.82	1.46	1.19	0.98	0.82	0.68	0.58	0.50

LT150-600S, prostý nosník, sání větru (široká pásnice v tlaku)

Nominální tloušťka t_{nom}	Mezní stav	Rozpon [m]										
		5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00
0.75	MSÚ	1.81	1.49	1.26	1.07	0.92	0.80	0.71	0.62	0.56	0.50	0.45
	L/150	1.50	1.12	0.86	0.68	0.55	0.44	0.37	0.31	0.26	0.22	0.19
	L/200	1.12	0.85	0.65	0.51	0.41	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17	0.14
0.88	MSÚ	2.34	1.94	1.63	1.38	1.19	1.04	0.91	0.81	0.72	0.65	0.59
	L/150	1.88	1.41	1.09	0.85	0.69	0.56	0.46	0.38	0.32	0.27	0.24
	L/200	1.41	1.06	0.82	0.65	0.52	0.42	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18
1	MSÚ	2.84	2.34	1.98	1.68	1.45	1.26	1.11	0.98	0.88	0.79	0.71
	L/150	2.29	1.72	1.33	1.04	0.84	0.68	0.56	0.46	0.39	0.33	0.29
	L/200	1.72	1.29	0.99	0.79	0.63	0.51	0.42	0.35	0.29	0.25	0.22
1.25	MSÚ	3.72	3.08	2.59	2.21	1.90	1.66	1.46	1.29	1.15	1.03	0.93
	L/150	3.26	2.45	1.88	1.49	1.19	0.97	0.80	0.66	0.56	0.47	0.41
	L/200	2.44	1.83	1.41	1.11	0.89	0.72	0.59	0.50	0.42	0.36	0.31
1.5	MSÚ	4.63	3.83	3.22	2.74	2.36	2.06	1.81	1.60	1.43	1.28	1.16
	L/150	4.30	3.23	2.49	1.95	1.56	1.28	1.05	0.88	0.74	0.63	0.54
	L/200	3.22	2.42	1.87	1.47	1.18	0.96	0.79	0.66	0.56	0.47	0.41

Navrhuji kazetu LT150-600S tloušťky 1,25 mm

Sání větru

MSÚ

$$w_d = 1,24 \text{ kN/m}^2 \leq 2,21 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

MSP I / 200

$$w_k = 0,83 \text{ kN/m}^2 \leq 1,11 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

Tlak větru

MSÚ

$$w_d = 0,72 \text{ kN/m}^2 \leq 1,97 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

MSP I / 200

$$w_k = 0,48 \text{ kN/m}^2 \leq 1,43 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

4 Stropní konstrukce administrativní části

4.1 Stropnice

Návrh IPE 140

Zatížení

Srovnaná výška betonové desky

$$t = 70 + 0,65 * 50 = 102,5 \text{ mm}$$

Zatěžovací šířka stropnice

$$b = \frac{6 \cdot 100}{3} = 2 \cdot 033 \text{ mm}$$

stálé zatížení	gk [kN/m]	γG	gd [kN/m]
zátěžové PVC	0,06	1,35	0,08
žb. deska	5,21	1,35	7,03
tr. plech TR50/262,5/0,75	0,12	1,35	0,16
IPE 200	0,22	1,35	0,30
CELKEM	5,61		7,57

proměnné zatížení	q _k [kN/m]	γ _Q	q _d [kN/m]
užitné zatížení kat. B - kancelářské plochy	5,08	1,50	7,62
přemístitelné příčky	1,63	1,50	2,45
CELKEM	6,71		10,07

$$b_{\text{eff}} = 2 * \frac{L_e}{8} = 2 * \frac{5\,200}{8} = 1\,300 \text{ mm}$$

Vnitřní síly

$$V_{\text{Ed}} = \frac{1}{2} * (g + q)_d * l = \frac{1}{2} * (7,57 + 10,07) * 5,2 = 45\,860 \text{ N}$$

$$M_{\text{Ed}} = \frac{1}{8} * (g + q)_d * l^2 = \frac{1}{8} * (7,57 + 10,07) * 5,2^2 = 59,62 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Beton C25/30

$$f_{\text{cd}} = 0,85 * \frac{f_{\text{ck}}}{\gamma_{\text{M}}} = 0,85 * \frac{25,00}{1,5} = 14,20 \text{ MPa}$$

$$N_a = N_c \Rightarrow A_a * f_{\text{yd}} = x * b_{\text{eff}} * f_{\text{cd}} \Rightarrow x = \frac{A_a * f_{\text{yd}}}{b_{\text{eff}} * f_{\text{cd}}}$$

$$x = \frac{1\,643 * 355}{1\,300 * 14,2} = 31,6 \text{ mm}$$

Neutrální osa leží v betonové desce.

Výpočet momentové únosnosti

$$z = \frac{140}{2} + 50 + 70 - \frac{31,6}{2} = 174,2 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl,Rd}} = N_a * z = 1\,643 * 355 * 174,2 = 100,03 * 10^6 \text{ Nmm} \leq M_{\text{Ed}} = 59,62 * 10^6 \text{ Nmm}$$

VYHOVUJE

$$V_{\text{pl,Rd}} = A_v * \frac{f_y}{\gamma_{\text{Mo}} * \sqrt{3}} = 764 * \frac{355}{1,0 * \sqrt{3}} = 156\,590 \text{ N} \geq V_{\text{Ed}} = 45\,860 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Spřažení

Únosnost jednoho trnu

průměr d = 19 mm, délka h_{sc} = 100 mm, ocel S235, f_u = 360 MPa

$$P_{\text{Rd},1} = 0,8 * f_u * \frac{\pi * d^2}{4 * \gamma_{\text{V}}} = 0,8 * 360 * \frac{\pi * 19^2}{4 * 1,25} = 65\,330 \text{ N}$$

$$P_{\text{Rd},2} = 0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{f_{\text{ck}} * E_{\text{cm}}} = 0,29 * 1 * 19^2 * \sqrt{25 * 31\,000} = 73\,730 \text{ N}$$

$$\alpha = 1,0 \dots \frac{h_{sc}}{d} = \frac{100}{19} = 5,3 > 4$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} * \frac{b_0}{h_0} * \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{1}} * \frac{84,5}{50} * \left(\frac{100}{50} - 1 \right) = 1,18$$

Pro plechy tenčí než 1 mm $k_t \leq 0,85$

Únosnost trnu v žebro

$$P_{Rd} = k_t * \min\{P_{Rd,1}; P_{Rd,2}\} = 0,85 * 65\,330 = 55\,530 \text{ kN}$$

Síla při plném smykovém spojení

$$n = \frac{N_a}{P_{Rd}} = \frac{1\,643 * 355}{55\,530} = 10,5 \dots 11 \text{ trnů}$$

U plechu 50/262,5 je modulová šířka žebra 262,5 mm. Na jednu polovinu nosníku lze tedy umístit

$$2\,600/262,5 = 9 \text{ trnů}$$

Návrh neúplného spřažení

$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} * F_{ct} = \frac{59,62 - 31,36}{100,03 - 31,36} * 1\,643 * 355 = 240\,033 \text{ N}$$

$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} * f_y = 88,34 * 10^3 * 355 = 31,36 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$n_r = \frac{F_{ct}}{P_{Rd}} = \frac{240\,033}{55\,530} = 4,3 \dots 5 \text{ trnů}$$

Posouzení – Mezní stav použitelnosti

Vnitřní síly

$$M_{EK} = \frac{1}{8} * (g + q)_k * l^2 = \frac{1}{8} * (5,61 + 6,71) * 5,2^2 = 41,64 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\acute{E}_c = 0,5 * E_{cm} = 0,5 * 31\,000 = 15\,500 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_a}{\acute{E}_c} = \frac{210\,000}{15\,500} = 13,55$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = 1\,643 + \frac{1\,300 * 70}{13,55} = 8\,358 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{1\,643 * \frac{140}{2} + 70 * \frac{1\,300}{13,55} * \left(140 + 50 + \frac{70}{2}\right)}{8\,358} = 194,6 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 541,2 * 10^4 + 1\,643 * \left(194,6 - \frac{140}{2}\right)^2 + \frac{1}{13,55} * \left(\frac{1\,300 * 70^3}{12} + 1\,300 * 70 * \left(194,6 - 140 - 50 - \frac{70}{2}\right)^2\right) = 39,87 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Největší napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,\max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} * z_d = \frac{41,64 * 10^6}{39,87 * 10^6} * 194,6 = 203,24 \text{ MPa} \leq f_y = 355,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Největší napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,\max} = \frac{M_{Ek}}{n * I_i} * z_h = \frac{41,64 * 10^6}{13,55 * 39,87 * 10^6} * (260 - 194,6) = 5,04 \text{ MPa} \leq 0,85 * f_{ck} = 0,85 * 25 = 21,25 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\delta = \frac{5}{384} * \frac{f_k * l^4}{E * I_i} = \frac{5}{384} * \frac{12,32 * 5\,200^4}{210\,000 * 39,87 * 10^6} = 14,0 \text{ mm} \geq \frac{l}{250} = \frac{5\,200}{250} = 20,8 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

4.2 Průvlak

Navrhuji IPE 160

$$b_{\text{eff}} = 2 * \frac{L_e}{8} = 2 * \frac{6\,100}{8} = 1\,525 \text{ mm}$$

Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 45\,860 + 6\,100 * 0,16 * 0,5 = 46\,510 \text{ N}$$

$$M_{Ed} = 45\,860 * \frac{6\,100}{3} + \frac{1}{8} * 0,16 * 6\,100^2 = 94,23 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Beton C25/30

$$f_{cd} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = 0,85 * \frac{25,00}{1,5} = 14,20 \text{ MPa}$$

$$N_a = N_c \Rightarrow A_a * f_{yd} = x * b_{\text{eff}} * f_{cd} \Rightarrow x = \frac{A_a * f_{yd}}{b_{\text{eff}} * f_{cd}}$$

$$x = \frac{2\,009 * 355}{1\,525 * 14,2} = 32,9 \text{ mm}$$

Neutrální osa leží v betonové desce.

Výpočet momentové únosnosti

$$z = \frac{160}{2} + 50 + 70 - \frac{32,9}{2} = 183,6 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a * z = 2\,009 * 355 * 183,6 = 128,87 * 10^6 \text{ Nmm} \leq M_{Ed} = 94,23 * 10^6 \text{ Nmm}$$

VYHOVUJE

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_y}{\gamma_{Mo} * \sqrt{3}} = 966 * \frac{355}{1,0 * \sqrt{3}} = 197\,990 \text{ N} \geq V_{Ed} = 46\,510 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Spřažení

Únosnost jednoho trnu

průměr $d = 19 \text{ mm}$, délka $h_{sc} = 100 \text{ mm}$, ocel S235, $f_u = 360 \text{ MPa}$

$$P_{Rd,1} = 0,8 * f_u * \frac{\pi * d^2}{4 * \gamma_V} = 0,8 * 360 * \frac{\pi * 19^2}{4 * 1,25} = 65\,330 \text{ N}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}} = 0,29 * 1 * 19^2 * \sqrt{25 * 31\,000} = 73\,730 \text{ N}$$

$$\alpha = 1,0 \dots \frac{h_{sc}}{d} = \frac{100}{19} = 5,3 > 4$$

$$k_1 = 0,6 * \frac{b_0}{h_0} * \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 0,6 * \frac{84,5}{50} * \left(\frac{100}{50} - 1 \right) = 1,01$$

$$k_1 \leq 1,0$$

Únosnost trnu v žeburu

$$P_{Rd} = k_1 * \min\{P_{Rd,1}; P_{Rd,2}\} = 1,0 * 65\,330 = 65\,330 \text{ N}$$

Síla při plném smykovém spojení

$$n = \frac{N_a}{P_{Rd}} = \frac{2\,009 * 355}{65\,330} = 10,9 \dots 11 \text{ trnů}$$

Vzdálenost trnů

$$\frac{3\,050}{11} = 270 \text{ mm} > 5 * d = 5 * 19 = 95 \text{ mm}$$

Navrhují trny 19/100 po 270 mm.

Posouzení – Mezní stav použitelnosti

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = 65,86 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\acute{E}_c = 0,5 * E_{cm} = 0,5 * 31\,000 = 15\,500 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_a}{\acute{E}_c} = \frac{210\,000}{15\,500} = 13,55$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = 2\,009 + \frac{1\,525 * 70}{13,55} = 9\,887 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{2\,009 * \frac{160}{2} + 70 * \frac{1\,525}{13,55} * \left(160 + 50 + \frac{70}{2}\right)}{8\,724} = 211,5 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$\begin{aligned} I_i &= 869,3 * 10^4 + 2\,009 * \left(211,5 - \frac{160}{2}\right)^2 + \frac{1}{13,55} \\ &\quad * \left(\frac{1\,525 * 70^3}{12} + 1\,525 * 70 * \left(211,5 - 160 - 50 - \frac{70}{2}\right)^2\right) \\ &= 55,49 * 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Největší napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} * z_d = \frac{65,86 * 10^6}{55,49 * 10^6} * 211,5 = 251,03 \text{ MPa} \leq f_y = 355,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Největší napětí v betonové desce

$$\begin{aligned} \sigma_{c,max} &= \frac{M_{Ek}}{n * I_i} * z_h = \frac{65,86 * 10^6}{13,55 * 55,49 * 10^6} * (280,0 - 211,5) = 6,00 \text{ MPa} \leq 0,85 * f_{ck} \\ &= 0,85 * 25 = 21,25 \text{ MPa} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

$$\delta = \frac{23}{648} * \frac{F_k * l^3}{E * I_i} = \frac{23}{648} * \frac{32\,040 * 6\,100^3}{210\,000 * 55,49 * 10^6} = 13,7 \text{ mm} \geq \frac{l}{400} = \frac{6\,100}{400} = 15,2 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

5 Rám

Pro návrh rámu haly byly rámcově zpracovány čtyři varianty a porovnány z hlediska hmotnosti a ceny konstrukce. Z důvodu vodorovné deformace mají všechny varianty vetknuté sloupy HEA 650. Z důvodu dodržení výšky jeřábové dráhy a hřebenu haly je maximální výška příčle 600 mm.

Varianta 1

V této variantě je příčle tvořena z profilu IPE 450 s náběhem z profilu IPE 450 o výšce 150 mm o délce 2 400 mm. Hmotnost rámu je 5866 kg. **Tato varianta byla zvolena k podrobnějšímu zpracování u obou rámu.**

Varianta 2

V této variantě je příčle tvořena z profilu IPE 400 s náběhem z profilu IPE 400 o výšce 200 mm o délce 8 000 mm. Hmotnost rámu je 5866 kg.

Varianta 3

V této variantě je příčle tvořena z profilu IPE 500 s náběhem z profilu IPE 400 o výšce 200 mm o délce 8 000 mm. Hmotnost rámu je 5866 kg.

Varianta 4

V této variantě je příčle tvořena svařovaným nosníkem proměnné výšky. Na konci má průřez výšky 600 mm, šířky pásnice 220 mm, tloušťku pásnice 16 mm a tloušťku stojiny 5mm. Nosník se snižuje směrem ke středu rozpětí, kde má výšku 350 mm. Hmotnost konstrukce je 5685 kg. Mezi hlavní nevýhody tohoto řešení patří složitější výpočet 4. třídy průřezu a velká délka svarů.

5.1 Rám I

5.1.1 Zatížení

Zatížení konstrukce bylo stanoveno dle norem ČSN 1990, ČSN 1991-1-1, ČSN 1991-1-3, ČSN 1991-1-4, ČSN 1991-1-5 a ČSN 1991-3.

Zatížení stálé

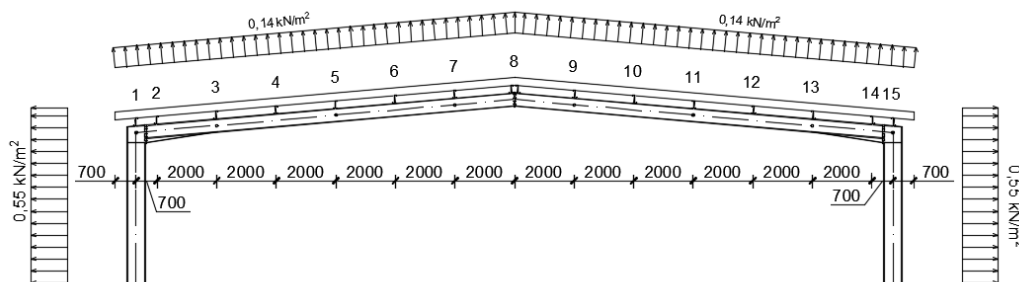
Vlastní tíha

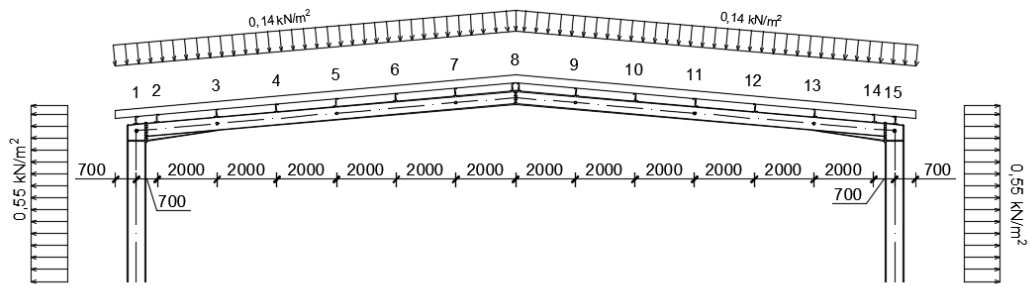
- Vlastní tíha vaznice $g_k = 0,097 \text{ kN/m}$
- Vlastní střešního pláště $g_k = 0,42 \text{ kN/m}^2$
- Vlastní fasádního pláště $g_k = 0,48 \text{ kN/m}^2$
- Vlastní tíha samotného rámu byla vygenerována programem SCIA Engineer

Ostatní stálé zatížení (trasování elektřiny, vzduchotechnika,...) $g_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$

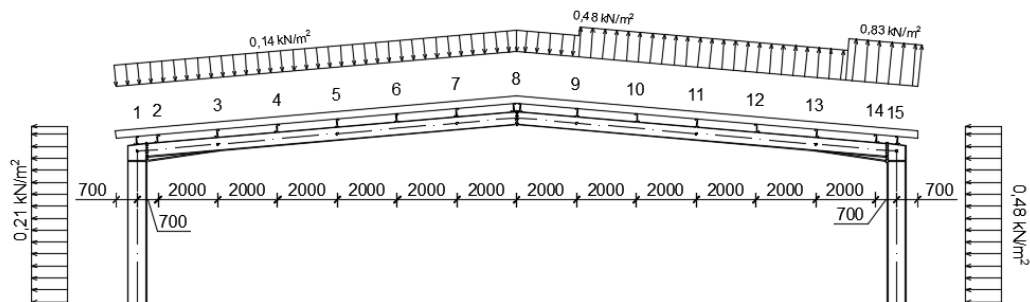
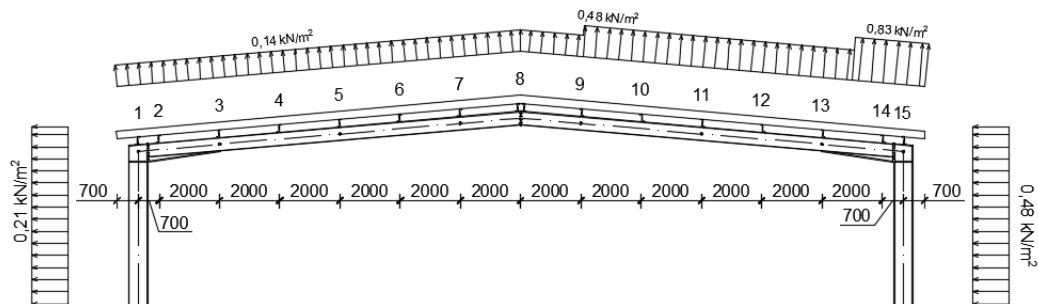
Zatížení proměnné

Zatížení větrem – vítr působí rovnoběžně s hřebenem střechy (vítr I, vítr II)





Zatížení větrem – vítr působí kolmo na hřeben střechy (vítr III, vítr IV)



Zatížení teplotou

Na konstrukci bylo uvažováno rovnoměrné zatížení teplotou o velikosti $\Delta T \pm 25^\circ \text{K}$.

Zatížení od jeřábů a strojního vybavení

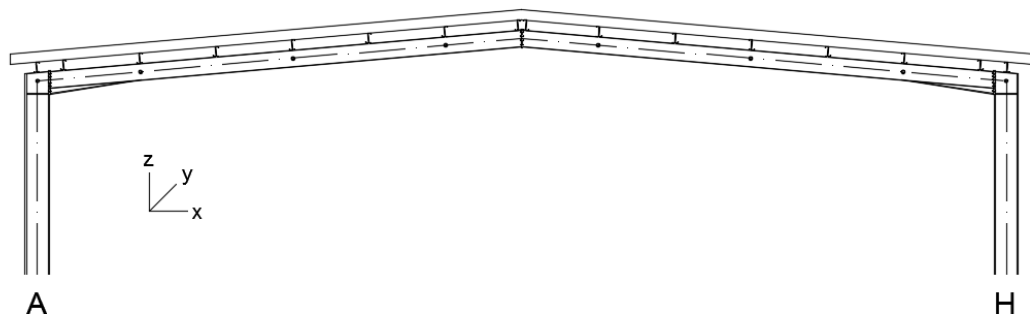
V hale se nachází jeden mostový dvounosíkový jeřáb o maximální nosnosti $Q = 10 \text{ t}$ o rozpětí $l = 24,0 \text{ m}$. Jeřáb je na sloupy uložen na konzolách s excentricitou o velikosti 700 mm.

Zatížení střešní konstrukce je na rám přenášeno pomocí tenkostěnných vaznic. Výsledné charakteristické hodnoty reakcí byly spočteny pomocí zatěžovacích ploch vyznačených ve schématech a jsou uvedeny v následujících tabulkách.

zatížení	vaznice							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
vl. tíha vaznice	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
vl. tíha střeš. pl.	2,69	3,46	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12
ost. stálé zat.	3,20	4,12	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10
sníh I	3,71	4,78	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08
sníh II	3,71	4,78	7,08	7,08	7,08	7,08	5,31	3,54
sníh III	1,86	2,39	3,54	3,54	3,54	3,54	5,31	7,08
vítr I	-3,07	-3,95	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86
vítr II	-0,9	-1,15	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71
vítr III	-0,9	-1,15	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71
vítr IV	0,9	1,15	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71

zatížení	vaznice							
	9	10	11	12	13	14	15	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
vl. tíha vaznice	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	
střešní plášť	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	3,46	2,69	
ost. stálé zat.	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	4,12	3,20	
sníh I	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	4,78	3,71	
sníh II	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	2,39	1,86	
sníh III	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	4,78	3,71	
vítr I	-5,9	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86	-3,95	-3,07	
vítr II	-1,7	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,15	-0,90	
vítr III	-5,9	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86	-6,83	-5,32	
vítr IV	-5,9	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86	-6,83	-5,32	

Na sloupy je zatížení větrem přenášeno pomocí kazet. Hodnota liniového zatížení byla stanovena dle zatěžovacích ploch jednotlivých sloupů.



zatížení	hodnota	jednotka	sloup	osa	excentricita
			[-]	[-]	[mm]
vítr I	3,37	[kN/m]	A, I	x	0,0
vítr II	3,37	[kN/m]	A, I	x	0,0
vítr III	1,28	[kN/m]	A	x	0,0
	2,93	[kN/m]	I	x	0,0
vítr IV	1,28	[kN/m]	A	x	0,0
	2,93	[kN/m]	I	x	0,0
JD char. (MSP)	114,20	[kN]	A, H	z	700,0
	12,90	[kN]	A, H	x	700,0
	6,40	[kN]	A, H	y	700,0
JD návrhové (MSÚ)	180,50	[kN]	A, H	z	700,0
	17,40	[kN]	A, H	x	700,0
	13,00	[kN]	A, H	y	700,0

5.1.2 Kombinace zatížení

Pro posouzení konstrukce na mezní stav únosnosti byly sestaveny kombinace zatížení podle vzorce 6.10 dle ČSN EN 1990. Pro posouzení jednotlivých prvků byla použita „obálka“ výsledků daných kombinací. Pro mezní stav použitelnosti byly stanoveny charakteristické kombinace zatížení.

Kombinace zatížení MSÚ, STR/GEO

$$\sum \gamma_G * G_{ki} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

Kombinace zatížení MSP, charakteristická

$$\sum G_{ki} + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

Hodnoty použitých kombinačních součinitelů

zatížení	$\psi_{0,i}$
sníh	0,5
vítr	0,6
kategorie B kancelářské plochy	0,7
teplota	0,6

5.1.3 Výpočet vnitřních sil, analýza konstrukce

Účinek globální imperfekce konstrukční soustavy byl ve výpočtu vyjádřen pomocí ekvivalentní imperfekce ve tvaru počátečního naklonění konstrukce. Její hodnota byla stanovena v programu Scia Engineer s následujícími parametry

- Základní hodnota naklonění konstrukce $\Phi_0 = 1/200$
- Výška konstrukce $h = 11$ metrů
- Počet sloupů v řadě $m = 2$

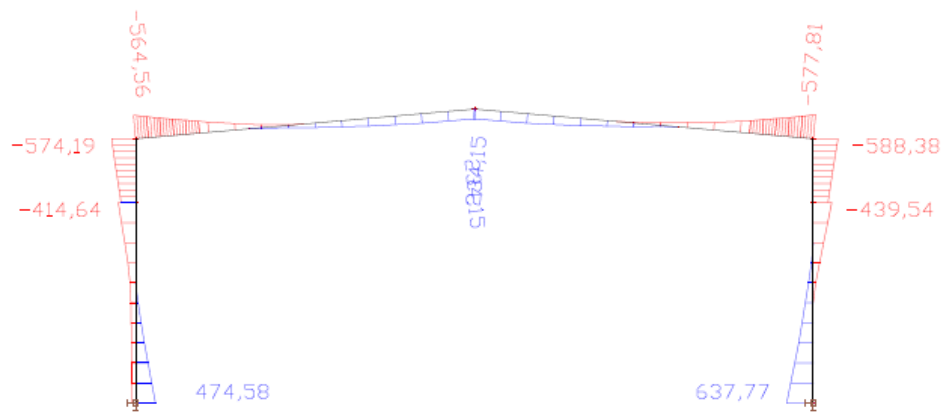
Lokální imperfekce jednotlivých prutů byly vzaty v úvahu při jejich posouzení.

Vnitřní síly na konstrukci byly stanoveny nelineárním výpočtem.

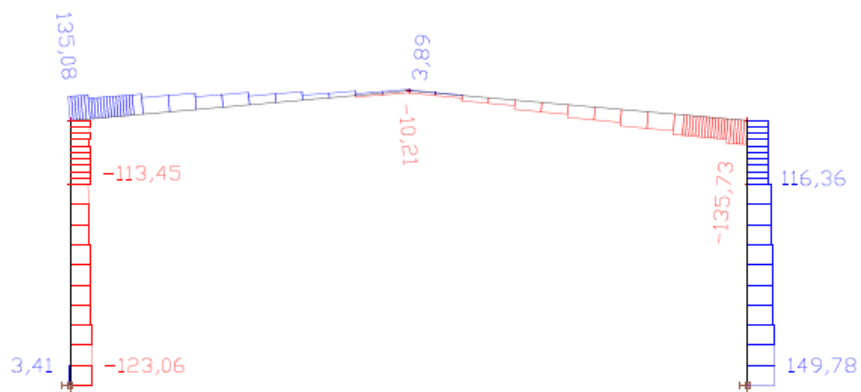
5.1.4 Návrh a posouzení

Vnitřní síly

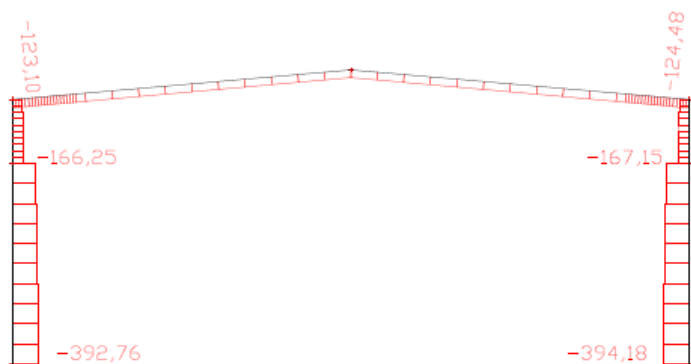
M_y



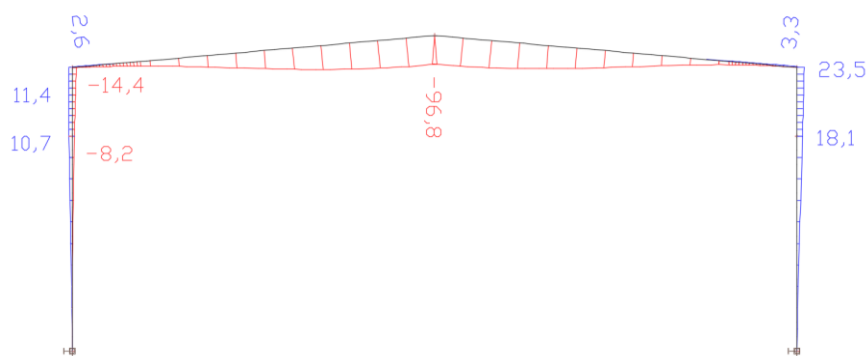
V_z



N



Deformace

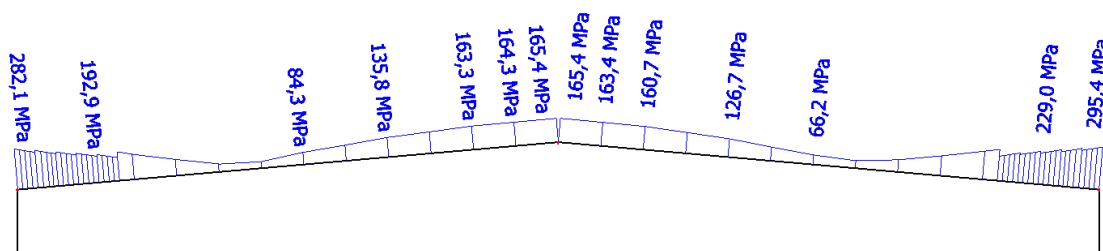


5.1.4.1 Rámová příčle – hlavní loď

Mezní stav únosnosti

Rámová příčle bude posouzena ve středu rozpětí (bod 1), kde se nachází nejvyšší ohybový moment na průřezu profilu IPE 450, a v místě nejvyššího ohybového momentu (bod 2). Z průběhu normálového napětí vyplývá, že se na nosníku další kritický průřez nenachází.

Normálové napětí σ_x



Bod 1

Navrhují profil IPE 450.

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
výška profilu	h	450,0	mm
šířka profilu	b	190,0	mm
tloušťka stojiny	t_w	9,4	mm
tloušťka pásnice	t_f	14,6	mm
výška rovné části stojiny	d	378,8	mm
plocha průřezu	A	9882,0	mm ²
účinná smyková plocha	$A_{v,z}$	5084,4	mm ²
moment setrvačnosti	I_y	337400000,0	mm ⁴
moment setrvačnosti	I_z	16760000,0	mm ⁴
poloměr setrvačnosti	i_y	184,8	mm
poloměr setrvačnosti	i_z	41,2	mm
hmotnost průřezu	G	77,6	kg/m
elastický průřezový modul	W_y	1500000,0	mm ³
plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	1702000,0	mm ³

MSÚ

Zatřídění průřezu

Stojina - tlačená a ohýbaná část

$$z = \frac{N_{Ed}}{t_w * f_{yd}} = \frac{124\,480}{9,4 * 355,00} = 37,3 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 * d + z}{d} = \frac{0,5 * 378,8 + 36,3}{378,8} = 0,59 > 0,5$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355,00}} = 0,81$$

$$\frac{c}{t} = \frac{378,8}{9,4} = 40,29 \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * 0,81}{13 * 0,59 - 1} = 48,09$$

Stojina třídy 1

Pásnice - tlačená část

$$\frac{c}{t} = \frac{69,3}{14,6} = 4,75 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,29$$

Pásnice třídy 1

Navržený průřez IPE 450 klasifikuji jako třídu průřezu 1.

Posouzení - bod 1

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 9\,882 * 355,00 = 3\,508\,110 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{pl,y} = 355,00 * 1\,702 * 10^3 = 604,21 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Klopení

Kritický moment byl stanoven pomocí programu LTBeamN.

$$M_{cr} = 1386,4 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{355,00 * 2\,120 * 10^3}{1\,386,4 * 10^6}} = 0,74$$

$$\begin{aligned} \Phi_{LT} &= 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2] \\ &= 0,5 * [1 + 0,76 * (0,74 - 0,4) + 0,75 * 0,74^2] = 0,79 \end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,79 + \sqrt{0,79^2 - 0,75 * 0,74^2}} = 0,82$$

Vybočení ve směru osy y

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z * \lambda_1} = \frac{4\ 000}{41,2 * 76,06} = 1,27$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (1,27 - 0,2) + 1,27^2] = 1,49$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,49 + \sqrt{1,49^2 - 1,27^2}} = 0,44$$

Vybočení ve směru osy z

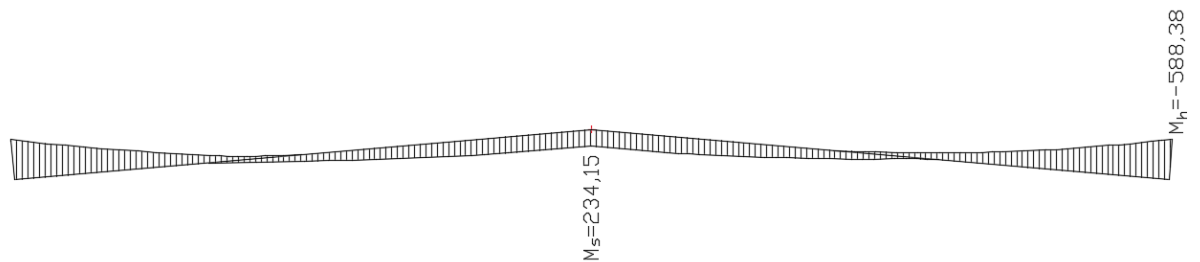
$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y * \lambda_1} = \frac{25\ 498}{184,8 * 76,06} = 1,81$$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,81 - 0,2) + 1,81^2] = 2,30$$

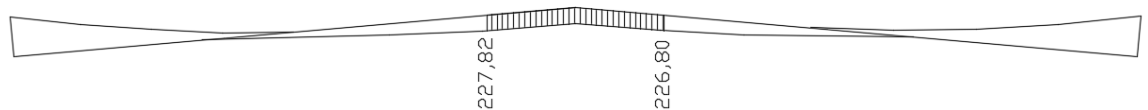
$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{2,30 + \sqrt{2,30^2 - 1,81^2}} = 0,27$$

Kombinace tlaku s ohybem



$$\alpha_s = \frac{234,15}{-588,38} = -0,40$$

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s = 0,1 - 0,8 * (-0,40) = 0,42 \geq 0,4$$



$$\Psi = \frac{226,80}{227,82} = 1,00$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * \Psi = 0,6 + 0,4 * 1,00 = 1,00 \geq 0,4$$

$$\begin{aligned}
k_{yy} &= \min \left\{ \begin{aligned} & C_{my} * \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right) \\ & C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right) \end{aligned} \right\} \\
&= \min \left\{ \begin{aligned} & 0,42 * \left(1 + (1,81 - 0,20) * \frac{124\,480}{\frac{0,27 * 3\,508\,110}{1,0}} \right) \\ & 0,42 * \left(1 + 0,8 * \frac{124\,480}{\frac{0,27 * 3\,508\,110}{1,0}} \right) \end{aligned} \right\} = \min \{0,51\} \\
&= 0,46
\end{aligned}$$

$$\text{Pro } \bar{\lambda}_z = 1,27 > 0,40$$

$$\begin{aligned}
k_{zy} &= \max \left\{ \begin{aligned} & \left[1 - \frac{0,1 * \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right] \\ & \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right] \end{aligned} \right\} \\
&= \max \left\{ \begin{aligned} & \left[1 - \frac{0,1 * 1,27}{(1,00 - 0,25)} * \frac{124\,480}{\frac{0,44 * 3\,508\,110}{1,0}} \right] \\ & \left[1 - \frac{0,1}{(1,00 - 0,25)} * \frac{124\,480}{\frac{0,44 * 3\,508\,110}{1,0}} \right] \end{aligned} \right\} = \max \{0,99\} = 0,99
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} * M_{Rk}} &= \frac{124\,480}{\frac{0,27 * 3\,508\,110}{1,0}} + 0,46 * \frac{298,06 * 10^6}{\frac{0,82 * 604,21 * 10^6}{1,0}} \\
&= 0,13 + 0,28 = 0,41 \leq 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} * M_{Rk}} &= \frac{124\,480}{\frac{0,44 * 3\,508\,110}{1,0}} + 0,99 * \frac{298,06 * 10^6}{\frac{0,82 * 604,21 * 10^6}{1,0}} \\
&= 0,08 + 0,60 = 0,68 \leq 1
\end{aligned}$$

VYHOVUJE

Zároveň však musí být splněna podmínka

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rk}} = \frac{124\,480}{3\,508\,110} + \frac{298,06 * 10^6}{604,21 * 10^6} = 0,04 + 0,49 = 0,52 \leq 1$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,y} = \frac{A_v * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{5\,084,4 * 355}{1,0 * \sqrt{3}} = 1\,042\,095 \text{ N} \geq V_{Ed} = 135\,680 \text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 1\,042\,095 \text{ N} \geq 2 * V_{Ed} = 2 * 135\,680 \text{ N} = 271\,360 \text{ N} \dots \text{ malý smyk}$$

VYHOVUJE

Bod 2

Navrhuji profil IPE 450 s náběhem IPE 450 h = 150 mm.

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
plocha průřezu	A	14116,0	mm ²
smyková plocha	A _z	5268,0	mm ²
moment setrvačnosti	I _y	696500000,0	mm ⁴
moment setrvačnosti	I _z	25170000,0	mm ⁴
poloměr setrvačnosti	i _y	222,1	mm
poloměr setrvačnosti	i _z	42,2	mm
hmotnost průřezu	G	110,8	kg/m
elastický průřezový modul	W _y	-2120000,0	mm ³
plastický průřezový modul	W _{pl,y}	2692670,0	mm ³

Posouzení – bod 2

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 14\,116 * 355,00 = 5\,011\,180 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{pl,y} = 355,00 * 2\,692,67 * 10^3 = 955,90 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Klopení

Kritický moment byl stanoven pomocí programu LTBeamN.

$$M_{cr} = 1386,4 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{355,00 * 2\,120 * 10^3}{1\,386,4 * 10^6}} = 0,74$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2] \\ = 0,5 * [1 + 0,76 * (0,74 - 0,4) + 0,75 * 0,74^2] = 0,79$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,79 + \sqrt{0,79^2 - 0,75 * 0,74^2}} = 0,82$$

Vybočení ve směru osy y

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z * \lambda_1} = \frac{4\,000}{41,2 * 76,06} = 1,27$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (1,27 - 0,2) + 1,27^2] = 1,49$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,49 + \sqrt{1,49^2 - 1,27^2}} = 0,44$$

Vybočení ve směru osy z

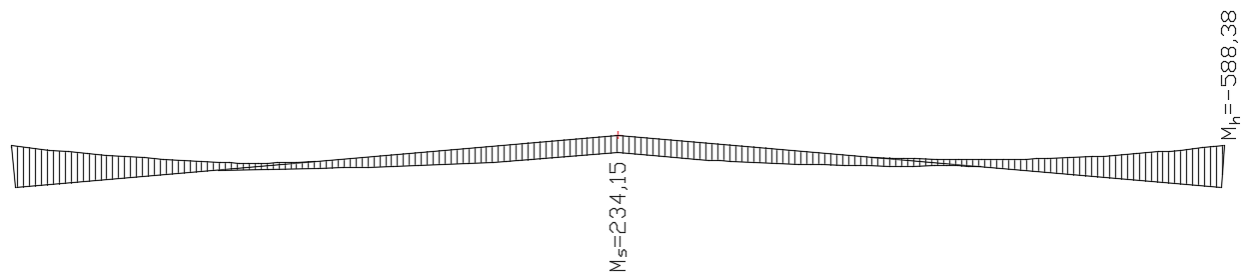
$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y * \lambda_1} = \frac{25\,498}{184,8 * 76,06} = 1,81$$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,81 - 0,2) + 1,81^2] = 2,30$$

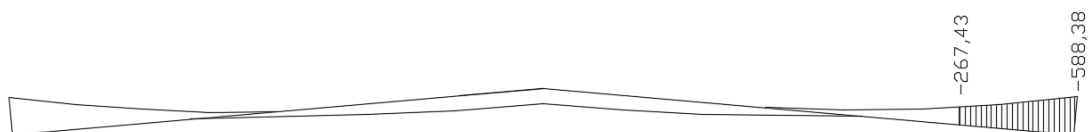
$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{2,30 + \sqrt{2,30^2 - 1,81^2}} = 0,27$$

Kombinace tlaku s ohybem



$$\alpha_s = \frac{234,15}{-588,38} = -0,40$$

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s = 0,1 - 0,8 * (-0,40) = 0,42 \geq 0,4$$



$$\Psi = \frac{-267,43}{-588,38} = 0,45$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * \Psi = 0,6 + 0,4 * 0,45 = 0,78 \geq 0,4$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} * \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,42 * \left(1 + (1,81 - 0,20) * \frac{124\,480}{\frac{0,27 * 3\,508\,110}{1,0}} \right) \\ 0,42 * \left(1 + 0,8 * \frac{124\,480}{\frac{0,27 * 3\,508\,110}{1,0}} \right) \end{array} \right\} = \min \{0,51\} \\ = 0,46$$

$$\text{Pro } \bar{\lambda}_z = 1,27 > 0,40$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \end{array} \right\}$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * 1,27}{(0,78 - 0,25)} * \frac{124\,480}{\frac{0,44 * 3\,508\,110}{1,0}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(0,78 - 0,25)} * \frac{124\,480}{\frac{0,44 * 3\,508\,110}{1,0}} \right] \end{array} \right\} = \max \{0,98\} = 0,98$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{124\,480}{\frac{0,27 * 5\,011\,180}{1,0}} + 0,46 * \frac{588,38 * 10^6}{\frac{0,82 * 955,90 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,09 + 0,35 = 0,44 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{124\,480}{\frac{0,44 * 5\,011\,180}{1,0}} + 0,98 * \frac{588,38 * 10^6}{\frac{0,82 * 955,90 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,06 + 0,74 = 0,80 \leq 1$$

VYHOVUJE

Zároveň však musí být splněna podmínka

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rk}} = \frac{124\,480}{5\,011\,180} + \frac{588,38 * 10^6}{955,90 * 10^6} = 0,02 + 0,62 = 0,64 \leq 1$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,y} = \frac{A_v * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{5\,268,0 * 355,00}{1,0 * \sqrt{3}} = 1\,079\,725 \text{ N} \geq V_{Ed} = 135\,680 \text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 1\,079\,725 \text{ N} \geq 2 * V_{Ed} = 2 * 135\,680 \text{ N} = 271\,360 \text{ N} \dots \text{ malý smyk}$$

VYHOVUJE

MSP

$$\delta = 96,8 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{25\,400}{250} = 101,6 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

5.1.4.2 Sloup jeřábové dráhy

Navrhuji profil HEA 650.

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
výška profilu	h	640,0	mm
šířka profilu	b	300,0	mm
tloušťka stojiny	t _w	13,5	mm
tloušťka pásnice	t _f	26,0	mm
výška rovné části stojiny	d	534,0	mm
plocha průřezu	A	24160,0	mm ²
účinná smyková plocha	A _{v,z}	10315,0	mm ²
moment setrvačnosti	I _y	1752000000,0	mm ⁴
poloměr setrvačnosti	i _y	269,0	mm
poloměr setrvačnosti	i _z	69,7	mm
hmotnost průřezu	G	189,7	kg/m
moment tuhosti v kroucení	I _t	4483000,0	mm ⁴
výsečový moment setrvačnosti	I _ω	11030000000000,0	mm ⁶
elastický průřezový modul	W _y	5474000,0	mm ³
plastický průřezový modul	W _{pl,y}	6136000,0	mm ³

MSÚ

Zatřídění průřezu

Stojina - tlačená a ohýbaná část

$$z = \frac{N_{Ed}}{t_w * f_{yd}} = \frac{394\,180}{13,5 * 235,00} = 124,2 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 * d + z}{d} = \frac{0,5 * 534,0 + 124,2}{534,0} = 0,73 > 0,5$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235,00}} = 1,00$$

$$\frac{c}{t} = \frac{534,0}{13,5} = 39,56 \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * 1,00}{13 * 0,73 - 1} = 46,64$$

Stojina třídy 1

Pásnice - tlačená část

$$\frac{c}{t} = \frac{116,25}{26} = 4,47 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 1,00 = 9,00$$

Pásnice třídy 1

Navržený průřez HEA 650 klasifikuji jako třídu průřezu 1.

Posouzení

Kombinace ohybu a tlaku

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 24\,160 * 235,00 = 5\,677\,600 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{pl,y} = 235,00 * 6\,136 * 10^3 = 1\,441,96 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Klopení

Kritický moment byl stanoven pomocí programu LTBeamN.

$$M_{cr} = 3\,555,8 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{235,00 * 5\,474 * 10^3}{3\,555,8 * 10^6}} = 0,60$$

$$\begin{aligned} \Phi_{LT} &= 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2] \\ &= 0,5 * [1 + 0,76 * (0,60 - 0,4) + 0,75 * 0,60^2] = 0,68 \end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,68 + \sqrt{0,68^2 - 0,75 * 0,60^2}} = 0,89$$

Vybočení ve směru osy y

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,00 = 93,90$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z * \lambda_1} = \frac{7\,500}{69,7 * 93,90} = 1,14$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (1,14 - 0,2) + 1,14^2] = 1,31$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,31 + \sqrt{1,31^2 - 1,14^2}} = 0,51$$

Vybočení ve směru osy z

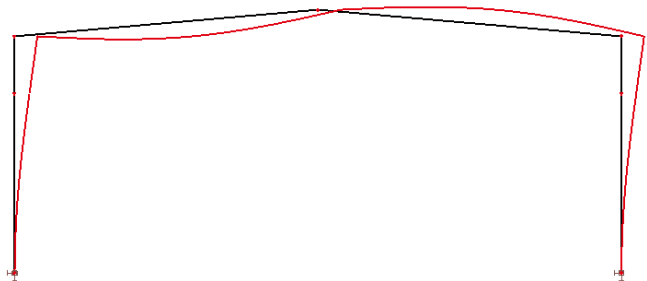
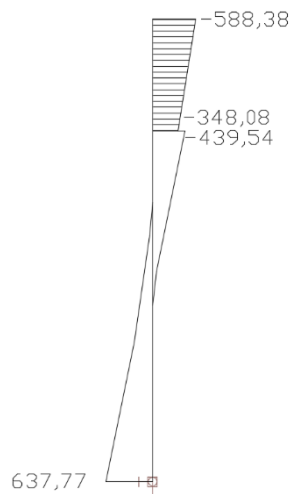
$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,00 = 93,90$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y * \lambda_1} = \frac{9\,889}{269 * 93,90} = 0,39$$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (0,39 - 0,2) + 0,39^2] = 0,60$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,60 + \sqrt{0,60^2 - 0,39^2}} = 0,96$$

Kombinace tlaku s ohybem



Pro vybočení s posunem styčnicků

$$C_{my} = 0,9$$

$$\Psi = \frac{-348,08}{-588,38} = 0,59$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * \Psi = 0,6 + 0,4 * 0,59 = 0,84 \geq 0,4$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} * \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right) \\ C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,90 * \left(1 + (0,39 - 0,20) * \frac{394\,180}{\frac{0,96 * 5\,677\,600}{1,0}} \right) \\ 0,90 * \left(1 + 0,8 * \frac{394\,180}{\frac{0,96 * 8\,576\,800}{1,0}} \right) \end{array} \right\} = \min \{0,91\}$$

$$= 0,91$$

Pro $\bar{\lambda}_z = 1,14 > 0,40$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right] \end{array} \right\}$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * 1,14}{(0,84 - 0,25)} * \frac{394\,180}{\frac{0,51 * 5\,677\,600}{1,0}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(0,84 - 0,25)} * \frac{394\,180}{\frac{0,51 * 5\,677\,600}{1,0}} \right] \end{array} \right\} = \max \{0,97\} = 0,98$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} * M_{Rk}} = \frac{394\,180}{\frac{0,96 * 5\,677\,600}{1,0}} + 0,91 * \frac{637,77 * 10^6}{\frac{0,89 * 1\,441,96 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,07 + 0,45 = 0,52 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} * M_{Rk}} = \frac{394\,180}{\frac{0,51 * 5\,677\,600}{1,0}} + 0,98 * \frac{637,77 * 10^6}{\frac{0,89 * 1\,441,96 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,14 + 0,49 = 0,63 \leq 1$$

VYHOVUJE

Zároveň však musí být splněna podmínka

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rk}} = \frac{394\,180}{5\,677\,600} + \frac{6037,77 * 10^6}{1\,441,96 * 10^6} = 0,07 + 0,44 = 0,51 \leq 1$$

VYHOVUJE

Kroucení

$$K_t = L * \sqrt{\frac{G * I_t}{E * I_\omega}} = 9\,889 * \sqrt{\frac{80\,700 * 448,3 * 10^4}{210\,000 * 11,03 * 10^{12}}} = 3,91$$

$$\alpha = 2,70$$

$$\beta = 1,11$$

$$\kappa = \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_t}\right)^2} = \frac{1}{1,11 + \left(\frac{2,70}{3,91}\right)^2} = 0,63$$

$$B_{Ed} = M_{z,Ed} * e * (1 - \kappa) = 21,48 * 10^6 * 700,0 * (1 - 0,63) = 5,56 \text{ kNm}^2$$

$$\omega_{\max} = \frac{b * h}{4} = \frac{300,0 * 640,0}{4} = 48\,000,0 \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk} = \frac{I_\omega}{\omega_{\max}} * f_y = \frac{11,03 * 10^{12}}{48\,000,0} * 235,00 = 54,00 \text{ kNm}^2$$

$$\kappa_w = 0,7 - \frac{0,2 * B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,7 - \frac{0,2 * 5,56}{\frac{54,00}{1,0}} = 0,68$$

$$\kappa_{zw} = 1 - \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{21,48 * 10^6}{11\,720 * 10^4 * \frac{235,00}{1,0}} = 1,00$$

$$\kappa_a = \frac{1}{1 - \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{653,78 * 10^6}{3\,540,2 * 10^6}} = 1,23$$

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{\kappa_w * \kappa_{zw} * \kappa_a * B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{394\,180}{\frac{0,96 * 5\,677\,600}{1,0}} + 0,91 * \frac{637,77 * 10^6}{\frac{0,89 * 1\,441,96 * 10^6}{1,0}} \\ &+ \frac{0,68 * 1,00 * 1,23 * 5,56}{\frac{54,00}{1,00}} = 0,07 + 0,45 + 0,09 = 0,61 \leq 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{\kappa_{1,w} * \kappa_{1,zw} * \kappa_{1,a} * B_{1,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{394\,180}{\frac{0,51 * 5\,677\,600}{1,0}} + 0,98 * \frac{637,77 * 10^6}{\frac{0,89 * 1\,441,96 * 10^6}{1,0}} \\ &+ \frac{0,68 * 1,00 * 1,23 * 5,56}{\frac{54,00}{1,00}} = 0,14 + 0,49 + 0,09 = 0,72 \leq 1 \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Zároveň však musí být splněna podmínka

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} + \frac{M_{Ed}}{\gamma_{M1}} + \frac{\kappa_{1,w} * \kappa_{1,zw} * \kappa_{1,a} * B_{1,Ed}}{\gamma_{M1}} \\ = \frac{394\,180}{5\,677\,600} + \frac{6037,77 * 10^6}{1\,441,96 * 10^6} + \frac{0,68 * 1,00 * 1,23 * 5,56}{54,00} \\ = 0,07 + 0,44 + 0,09 = 0,60 \leq 1 \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,y} = \frac{A_v * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{10\,315 * 235}{1,0 * \sqrt{3}} = 1\,400\,189 \text{ N} \geq V_{Ed} = 149\,340 \text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 1\,424\,939 \text{ N} \geq 2 * V_{Ed} = 2 * 149\,340 \text{ N} = 298\,680 \text{ N} \dots \text{ malý smyk}$$

VYHOVUJE

MSP

U sloupu jeřábové dráhy musí být kromě kritéria dané ČSN EN 1993-1-1 splněny i požadavky ČSN EN 1993-6.

Vodorovný průhyb v hlavě sloupu

$$\delta = 23,5 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{h}{150} = \frac{9\,890}{150} = 65,9 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Vodorovný průhyb v úrovni podepření jeřábu

$$\delta = 18,1 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{h_c}{400} = \frac{8\,050}{400} = 20,1 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

5.2 Rám II

5.2.1 Zatížení

Zatížení konstrukce bylo stanoveno dle norem ČSN 1990, ČSN 1991-1-1, ČSN 1991-1-3, ČSN 1991-1-4, ČSN 1991-1-5 a ČSN 1991-3.

Zatížení stálé

Vlastní tíha

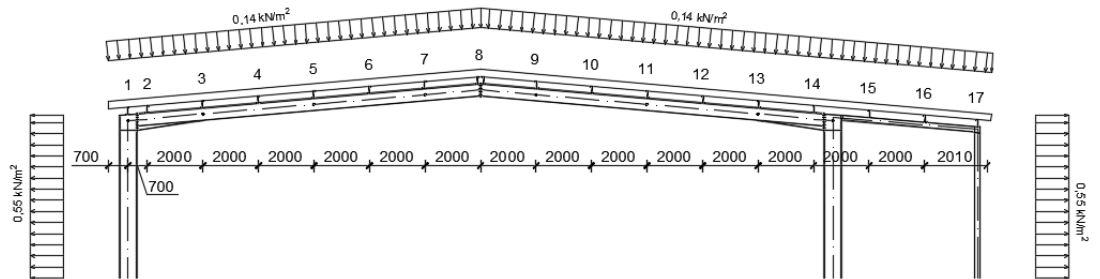
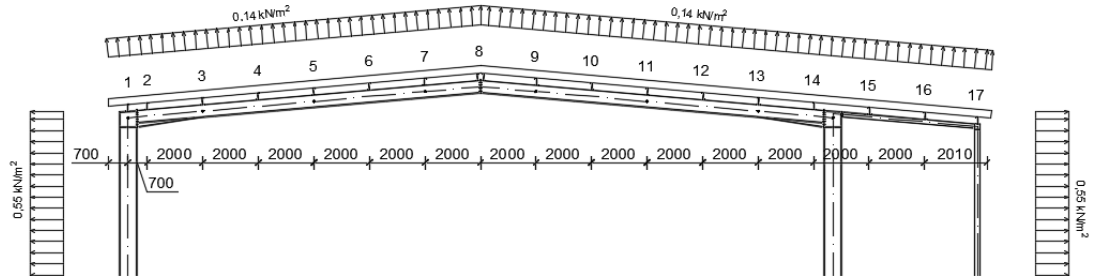
- Vlastní tíha vaznice $g_k = 0,097 \text{ kN/m}$
- Vlastní tíha střešního pláště $g_k = 0,42 \text{ kN/m}^2$
- Vlastní tíha fasádního pláště $g_k = 0,48 \text{ kN/m}^2$
- Vlastní tíha stropu administrativní části $g_k = 5,61 \text{ kN/m}^2$

- Vlastní tíha samotného rámu byla vygenerována programem SCIA Engineer

Ostatní stálé zatížení (trasování elektřiny, vzduchotechnika,...) $g_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$

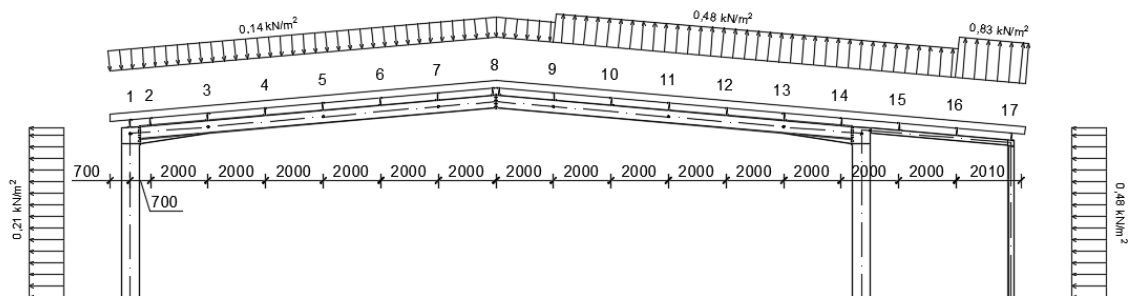
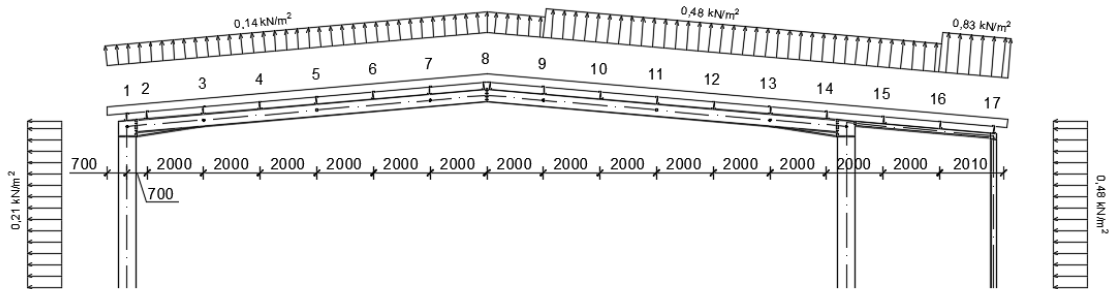
Zatížení proměnné

Zatížení větrem – vítr působí rovnoběžně s hřebenem střechy (vítr I, vítr II)

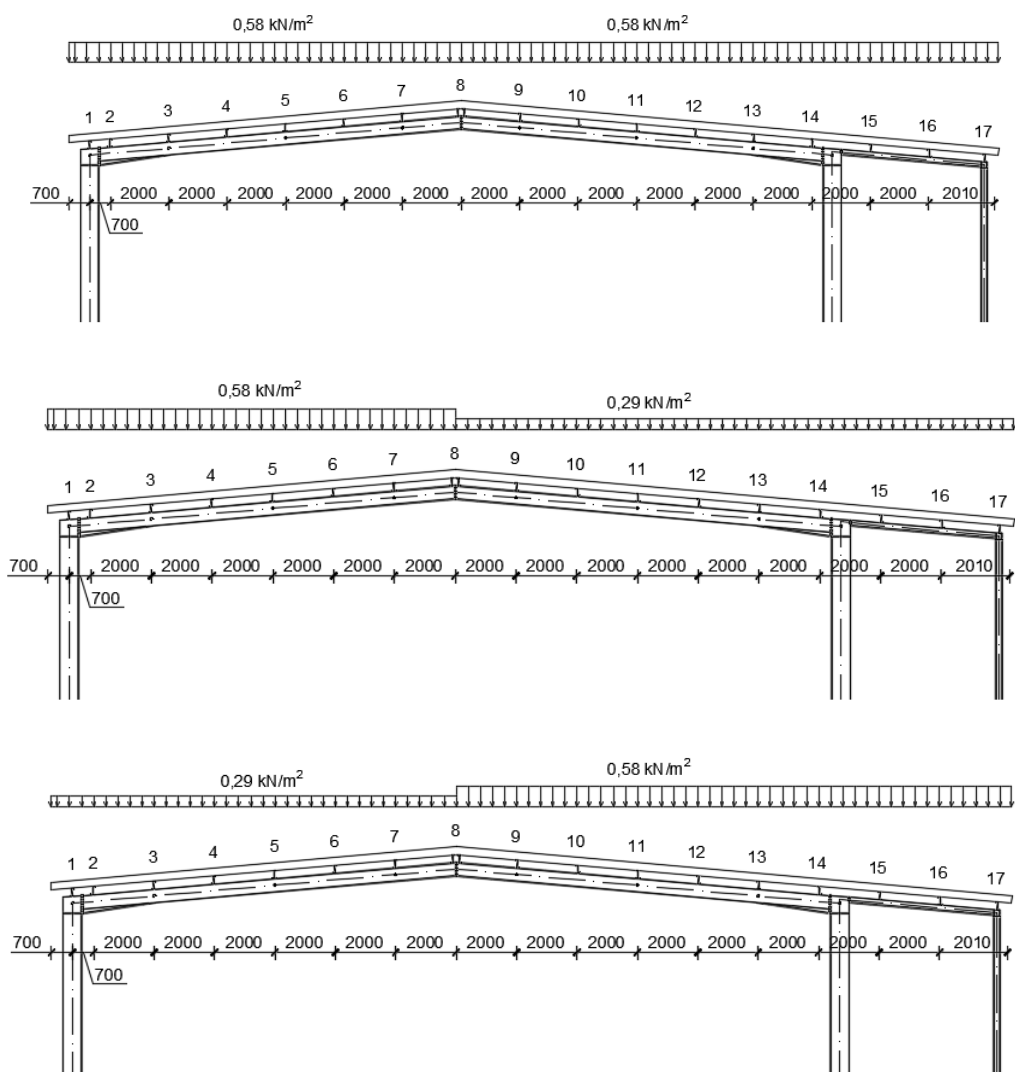


Zatížení proměnné

Zatížení větrem – vítr působí kolmo na hřeben střechy (vítr III, vítr IV)



Zatížení sněhem



Zatížení teplotou

Na konstrukci bylo uvažováno rovnoměrné zatížení teplotou o velikosti $\Delta T \pm 25^\circ \text{K}$

Užitné zatížení

Na strop administrativní části budovy bylo uvažováno užité zatížení kategorie B – kancelářské plochy o hodnotě $2,5 \text{ kN/m}^2$ a zatížení přemístitelnými příčkami $0,8 \text{ kN/m}^2$.

Zatížení od jeřábů a strojního vybavení

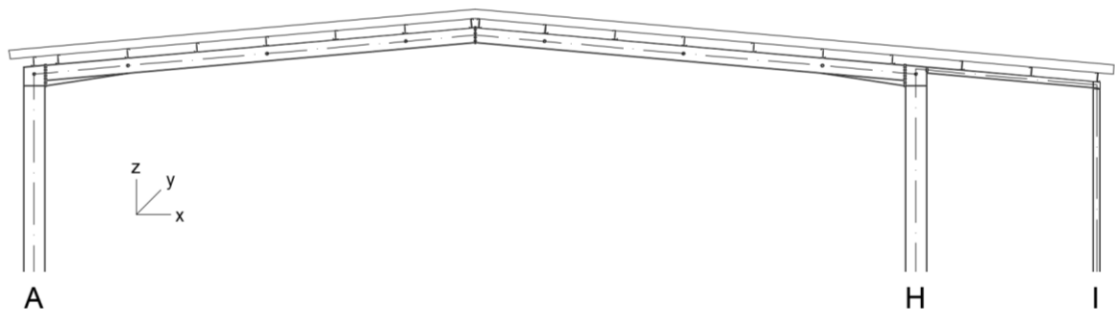
V hale se nachází jeden mostový dvounosíkový jeřáb o maximální nosnosti $Q = 10 \text{ t}$ o rozpětí $l = 24,0 \text{ m}$. Jeřáb je na sloupy uložen na konzolách s excentricitou o velikosti 700 mm .

Zatížení střešní konstrukce je na rám přenášeno pomocí tenkostěnných vaznic. Výsledné charakteristické hodnoty reakcí byly spočteny pomocí zatěžovacích ploch vyznačených ve schématech a jsou uvedeny v následujících tabulkách.

zatížení	vaznice								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
vl. tíha vaznice	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
vl. tíha střeš. pl.	2,69	3,46	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12
ost. stálé zat.	3,20	4,12	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10
sníh I	3,71	4,78	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08
sníh II	3,71	4,78	7,08	7,08	7,08	7,08	5,31	3,54	3,54
sníh III	1,86	2,39	3,54	3,54	3,54	3,54	5,31	7,08	7,08
vítr I	-0,9	-1,15	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71
vítr II	0,9	1,15	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71
vítr III	-0,9	-1,15	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-3,78
vítr IV	0,9	1,15	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	-5,86

zatížení	vaznice								
	10	11	12	13	14	15	16	17	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
vl. tíha vaznice	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	
vl. tíha střeš. pl.	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	2,57	
ost. stálé zat.	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	3,07	
sníh I	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	3,55	
sníh II	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	1,78	
sníh III	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	3,55	
vítr I	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-0,86	
vítr II	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	0,86	
vítr III	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86	-7,99	-5,09	
vítr IV	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86	-5,86	-10,13	-5,09	

Na sloupky je zatížení větrem přenášeno pomocí kazet. Hodnota liniového zatížení byla stanovena dle zatěžovacích ploch jednotlivých sloupů.



zatížení	hodnota	jednotka	sloup	osa	excentricita
			[-]	[-]	[mm]
vítr I	3,37	[kN/m]	A, I	x	0,0
vítr II	3,37	[kN/m]	A, I	x	0,0
vítr III	1,28	[kN/m]	A	x	0,0
	2,93	[kN/m]	I	x	0,0
vítr IV	1,28	[kN/m]	A	x	0,0
	2,93	[kN/m]	I	x	0,0
vl. strop	44,71	[kN]	H, I	z	0,0
proměnné strop	52,35	[kN]	H, I	z	0,0
JD char. (MSP)	114,20	[kN]	A, H	z	700,0
	12,90	[kN]	A, H	x	700,0
	6,40	[kN]	A, H	y	700,0
JD návrhové (MSÚ)	180,50	[kN]	A, H	z	700,0
	17,40	[kN]	A, H	x	700,0
	13,00	[kN]	A, H	y	700,0

5.2.2 Kombinace zatížení

Pro posouzení konstrukce na mezní stav únosnosti byly sestaveny kombinace zatížení podle vzorce 6.10 dle ČSN EN 1990. Pro posouzení jednotlivých prvků byla použita „obálka“ výsledků daných kombinací. Pro mezní stav použitelnosti byly stanoveny charakteristické kombinace zatížení.

Kombinace zatížení MSÚ, STR/GEO

$$\sum \gamma_G * G_{ki} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} * \Psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

Kombinace zatížení MSP, charakteristická

$$\sum G_{ki} + Q_{k,1} + \sum \Psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

Hodnoty použitých kombinačních součinitelů

zatížení	$\Psi_{0,i}$
sníh	0,5
vítr	0,6
kategorie B kancelářské plochy	0,7
teplota	0,6

Výpočet vnitřních sil, analýza konstrukce

Účinek globální imperfekce konstrukční soustavy byl ve výpočtu vyjádřen pomocí ekvivalentní imperfekce ve tvaru počátečního naklonění konstrukce. Její hodnota byla stanovena v programu Scia Engineer s následujícími parametry:

- Základní hodnota naklonění konstrukce $\Phi_0 = 1/200$
- Výška konstrukce $h = 11$ metrů
- Počet sloupů v řadě $m = 2$

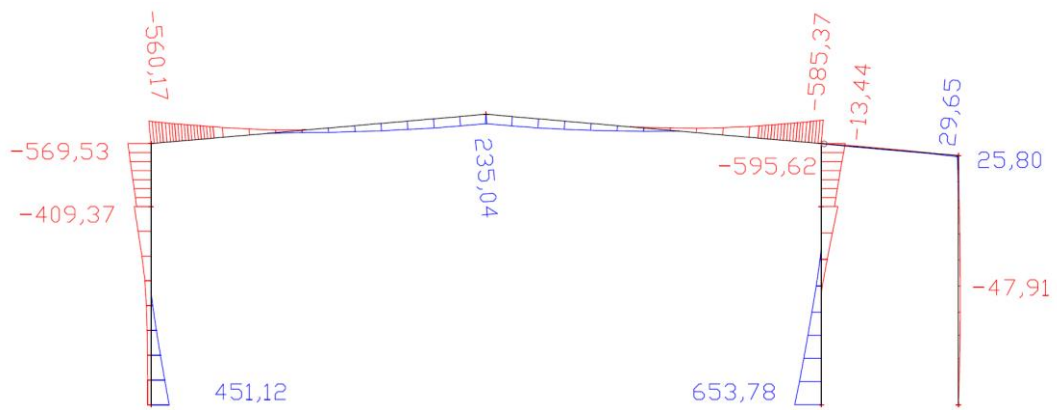
Lokální imperfekce jednotlivých prutů byly vzaty v úvahu při jejich posouzení.

Vnitřní síly na konstrukci byly stanoveny nelineárním výpočtem.

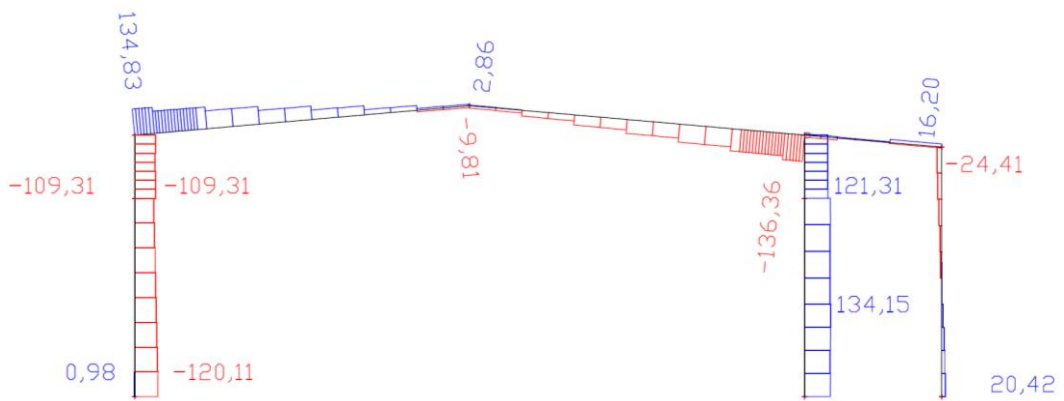
5.2.3 Návrh a posouzení

Vnitřní síly

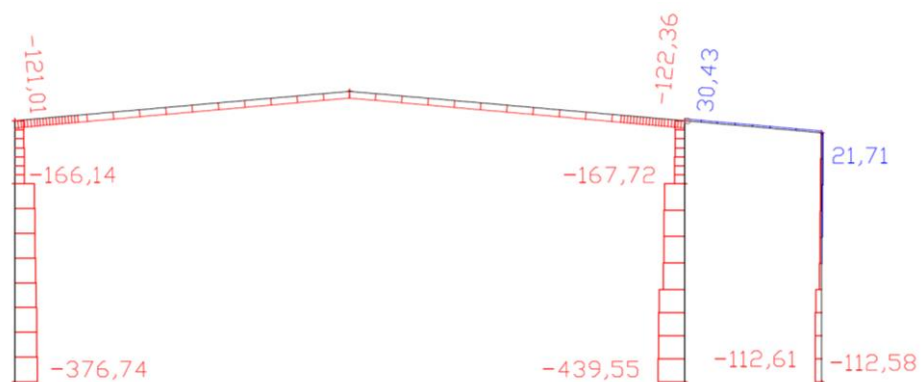
M_y



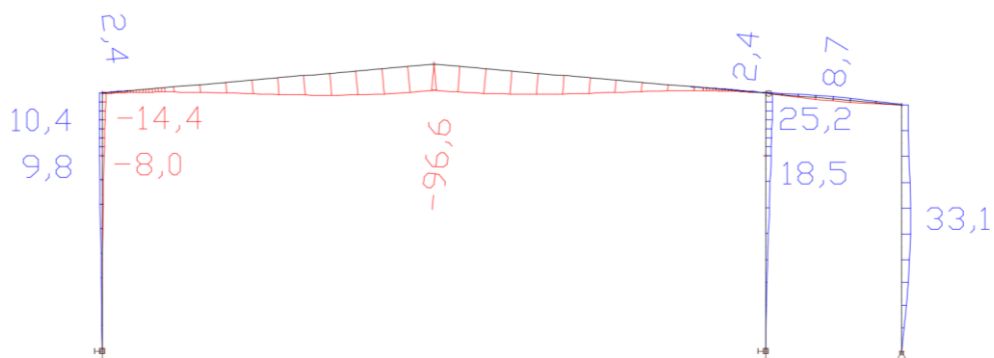
V_z



N



Deformace

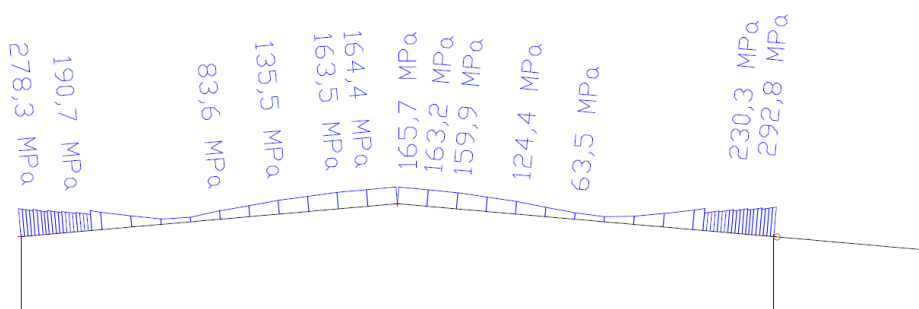


5.2.3.1 Rámová příčle – hlavní loď

Mezní stav únosnosti

Rámová příčle bude posouzena ve středu rozpětí (bod 1), kde se nachází nejvyšší ohybový moment na průřezu profilu IPE 450, a v místě nejvyššího ohybového momentu (bod 2). Z průběhu normálového napětí vyplývá, že se na nosníku další kritický průřez nenachází.

Normálové napětí σ_x



Rámová příčle

Bod 1

Navrhuji profil IPE 450.

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
výška profilu	h	450,0	mm
šířka profilu	b	190,0	mm
tloušťka stojiny	t_w	9,4	mm
tloušťka pásnice	t_f	14,6	mm
výška rovné části stojiny	d	378,8	mm
plocha průřezu	A	9882,0	mm ²
účinná smyková plocha	$A_{v,z}$	5084,4	mm ²
moment setrvačnosti	I_y	337400000,0	mm ⁴
moment setrvačnosti	I_z	16760000,0	mm ⁴
poloměr setrvačnosti	i_y	184,8	mm
poloměr setrvačnosti	i_z	41,2	mm
hmotnost průřezu	G	77,6	kg/m
elastický průřezový modul	W_y	1500000,0	mm ³
plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	1702000,0	mm ³

MSÚ

Zatřídění průřezu

Stojina – tlačená a ohýbaná část

$$z = \frac{N_{Ed}}{t_w * f_{yd}} = \frac{122\,360}{9,4 * 355,00} = 36,7 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 * d + z}{d} = \frac{0,5 * 378,8 + 36,7}{378,8} = 0,60 > 0,5$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235,00}{f_y}} = \sqrt{\frac{235,00}{355,00}} = 0,81$$

$$\frac{c}{t} = \frac{378,8}{9,4} = 40,29 \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * 0,81}{13 * 0,60 - 1} = 48,09$$

Stojina třídy 1

Pásnice – tlačená část

$$\frac{c}{t} = \frac{69,3}{14,6} = 4,75 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,29$$

Pásnice třídy 1

Navržený průřez IPE 450 klasifikuji jako třídu průřezu 1.

Posouzení – bod 1

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 9\,882 * 355,00 = 3\,508\,110 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{pl,y} = 355,00 * 1\,702 * 10^3 = 604,21 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Klopení

Kritický moment byl stanoven pomocí programu LTBeamN.

$$M_{cr} = 1341,3 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{355,00 * 2\,120 * 10^3}{1341,3 * 10^6}} = 0,74$$

$$\begin{aligned} \Phi_{LT} &= 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2] \\ &= 0,5 * [1 + 0,76 * (0,74 - 0,4) + 0,75 * 0,74^2] = 0,79 \end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,79 + \sqrt{0,79^2 - 0,75 * 0,74^2}} = 0,80$$

Vybočení ve směru osy y

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z * \lambda_1} = \frac{4\ 000}{41,2 * 76,06} = 1,27$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (1,27 - 0,2) + 1,27^2] = 1,49$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,49 + \sqrt{1,49^2 - 1,27^2}} = 0,44$$

Vybočení ve směru osy z

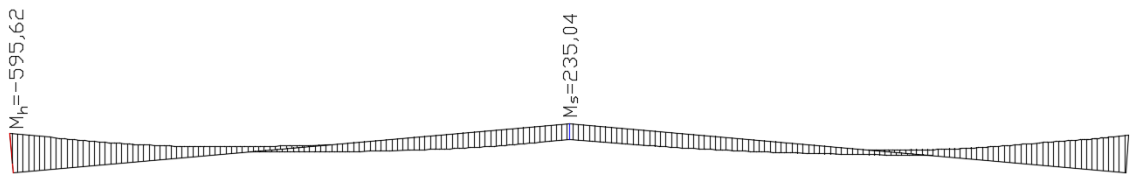
$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y * \lambda_1} = \frac{25\ 498}{184,8 * 76,06} = 1,81$$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,81 - 0,2) + 1,81^2] = 2,30$$

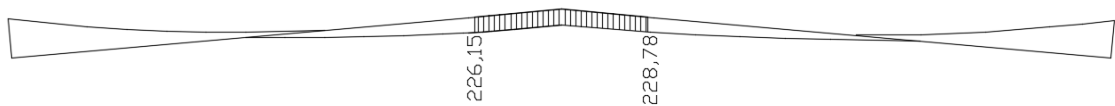
$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{2,30 + \sqrt{2,30^2 - 1,81^2}} = 0,27$$

Kombinace tlaku s ohybem



$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{235,04}{-595,62} = -0,39$$

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s = 0,1 - 0,8 * (-0,39) = 0,42 \geq 0,4$$



$$\Psi = \frac{226,15}{228,78} = 0,99$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * \Psi = 0,6 + 0,4 * 0,96 = 0,99 \geq 0,4$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} * \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,42 * \left(1 + (1,81 - 0,20) * \frac{122\,360}{\frac{0,27 * 3\,508\,110}{1,0}} \right) \\ 0,42 * \left(1 + 0,8 * \frac{122\,360}{\frac{0,27 * 3\,508\,110}{1,0}} \right) \end{array} \right\} = \min \{0,50, 0,46\}$$

$$= 0,46$$

Pro $\bar{\lambda}_z = 1,27 > 0,40$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \end{array} \right\}$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * 1,27}{(0,99 - 0,25)} * \frac{122\,360}{\frac{0,44 * 3\,508\,110}{1,0}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(0,99 - 0,25)} * \frac{122\,360}{\frac{0,44 * 3\,508\,110}{1,0}} \right] \end{array} \right\} = \max \{0,99, 0,99\} = 0,99$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{122\,360}{\frac{0,27 * 3\,508\,110}{1,0}} + 0,46 * \frac{303,75 * 10^6}{\frac{0,82 * 604,21 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,13 + 0,28 = 0,41 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{122\,360}{\frac{0,44 * 3\,508\,110}{1,0}} + 0,99 * \frac{303,75 * 10^6}{\frac{0,82 * 604,21 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,08 + 0,61 = 0,69 \leq 1$$

VYHOVUJE

Zároveň však musí být splněna podmínka

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{122\,360}{\frac{3\,508\,110}{1,0}} + \frac{303,75 * 10^6}{\frac{604,21 * 10^6}{1,0}} = 0,03 + 0,50 = 0,53 \leq 1$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,y} = \frac{A_v * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{5\,084,4 * 355}{1,0 * \sqrt{3}} = 1\,042\,095 \text{ N} \geq V_{Ed} = 136\,300 \text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 1\,042\,095 \text{ N} \geq 2 * V_{Ed} = 2 * 136\,300 \text{ N} = 272\,600 \text{ N} \dots \text{ malý smyk}$$

VYHOVUJE

Bod 2

Navrhuji profil IPE 450 s náběhem IPE 450 h = 150 mm.

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
plocha průřezu	A	14116,0	mm ²
smyková plocha	A _z	5268,0	mm ²
moment setrvačnosti	I _y	696500000,0	mm ⁴
moment setrvačnosti	I _z	25170000,0	mm ⁴
poloměr setrvačnosti	i _y	222,1	mm
poloměr setrvačnosti	i _z	42,2	mm
hmotnost průřezu	G	110,8	kg/m
elastický průřezový modul	W _y	-2120000,0	mm ³
plastický průřezový modul	W _{pl,y}	2692670,0	mm ³

Posouzení – bod 2

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 14\,116 * 355,00 = 5\,011\,180 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{pl,y} = 355,00 * 2\,692,67 * 10^3 = 955,90 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Klopení

Kritický moment byl stanoven pomocí programu LTBeamN.

$$M_{cr} = 1341,3 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{355,00 * 2\,120 * 10^3}{1341,3 * 10^6}} = 0,74$$

$$\begin{aligned} \Phi_{LT} &= 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2] \\ &= 0,5 * [1 + 0,76 * (0,74 - 0,4) + 0,75 * 0,74^2] = 0,79 \end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,79 + \sqrt{0,79^2 - 0,75 * 0,74^2}} = 0,80$$

Vybočení ve směru osy y

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z * \lambda_1} = \frac{4\,000}{41,2 * 76,06} = 1,27$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (1,27 - 0,2) + 1,27^2] = 1,49$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,49 + \sqrt{1,49^2 - 1,27^2}} = 0,44$$

Vybočení ve směru osy z

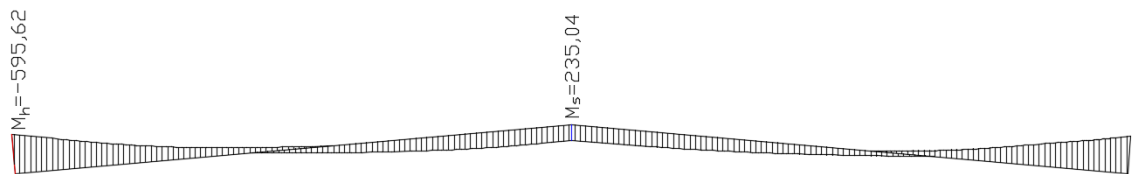
$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y * \lambda_1} = \frac{25\,498}{184,8 * 76,06} = 1,81$$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,81 - 0,2) + 1,81^2] = 2,30$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{2,30 + \sqrt{2,30^2 - 1,81^2}} = 0,27$$

Kombinace tlaku s ohybem



$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{235,04}{-595,62} = -0,39$$

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s = 0,1 - 0,8 * (-0,39) = 0,42 \geq 0,4$$



$$\Psi = \frac{-264,38}{-595,62} = 0,44$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * \Psi = 0,6 + 0,4 * 0,44 = 0,78 \geq 0,4$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} * \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,42 * \left(1 + (1,81 - 0,20) * \frac{122\,360}{\frac{0,27 * 3\,508\,110}{1,0}} \right) \\ 0,42 * \left(1 + 0,8 * \frac{122\,360}{\frac{0,27 * 3\,508\,110}{1,0}} \right) \end{array} \right\} = \min \{0,50\} \\ = 0,46$$

Pro $\bar{\lambda}_z = 1,27 > 0,40$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \end{array} \right\}$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * 1,27}{(0,78 - 0,25)} * \frac{122\,360}{\frac{0,44 * 3\,508\,110}{1,0}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(0,78 - 0,25)} * \frac{122\,360}{\frac{0,44 * 3\,508\,110}{1,0}} \right] \end{array} \right\} = \max \{0,98\} = 0,99$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{122\,360}{\frac{0,27 * 5\,011\,180}{1,0}} + 0,46 * \frac{595,62 * 10^6}{\frac{0,82 * 955,90 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,09 + 0,34 = 0,43 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{122\,360}{\frac{0,44 * 5\,011\,180}{1,0}} + 0,99 * \frac{595,62 * 10^6}{\frac{0,82 * 955,90 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,05 + 0,75 = 0,80 \leq 1$$

VYHOVUJE

Zároveň však musí být splněna podmínka

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{122\,360}{\frac{5\,011\,180}{1,0}} + \frac{595,62 * 10^6}{\frac{955,90 * 10^6}{1,0}} = 0,02 + 0,62 = 0,64 \leq 1$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,y} = \frac{A_v * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{5\,268,0 * 355,00}{1,0 * \sqrt{3}} = 1\,079\,725 \text{ N} \geq V_{Ed} = 136\,300 \text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 1\,079\,725 \text{ N} \geq 2 * V_{Ed} = 2 * 136\,300 \text{ N} = 272\,600 \text{ N} \dots \text{ malý smyk}$$

VYHOVUJE

MSP

$$\delta = 96,9 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{25\,400}{250} = 101,6 \text{ mm}$$

Navržený profil na MSP VYHOVUJE.

5.2.3.2 Sloup jeřábové dráhy

Navrhují profil HEA 650.

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
výška profilu	h	640,0	mm
šířka profilu	b	300,0	mm
tloušťka stojiny	t _w	13,5	mm
tloušťka pásnice	t _f	26,0	mm
výška rovné části stojiny	d	534,0	mm
plocha průřezu	A	24160,0	mm ²
účinná smyková plocha	A _{v,z}	10315,0	mm ²
moment setrvačnosti	I _y	1752000000,0	mm ⁴
poloměr setrvačnosti	i _y	269,0	mm
poloměr setrvačnosti	i _z	69,7	mm
hmotnost průřezu	G	189,7	kg/m
moment tuhosti v kroucení	I _t	4483000,0	mm ⁴
výsečový moment setrvačnosti	I _ω	11030000000000,0	mm ⁶
elastický průřezový modul	W _y	5474000,0	mm ³
plastický průřezový modul	W _{pl,y}	6136000,0	mm ³

MSÚ

Zatřídění průřezu

Stojina – tlačená a ohýbaná část

$$z = \frac{N_{Ed}}{t_w * f_{yd}} = \frac{439\,550}{13,5 * 235,00} = 138,6 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 * d + z}{d} = \frac{0,5 * 534,0 + 138,6}{534,0} = 0,76 > 0,5$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235,00}{f_y}} = \sqrt{\frac{235,00}{235,00}} = 1,00$$

$$\frac{c}{t} = \frac{534,0}{13,5} = 39,56 \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * 1,00}{13 * 0,76 - 1} = 43,59$$

Stojina třídy 1

Pásnice - tlačena část

$$\frac{c}{t} = \frac{116,25}{26,0} = 4,47 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 1,00 = 9,00$$

Pásnice třídy 1

Navržený průřez HEA 650 klasifikuji jako třídu průřezu 1.

Posouzení

Kombinace ohybu a tlaku

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 24\,160 * 235,00 = 5\,677\,600 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{pl,y} = 235,00 * 6\,136 * 10^3 = 1\,441,96 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Klopení

Kritický moment byl stanoven pomocí programu LTBeamN.

$$M_{cr} = 3\,540,2 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{235,00 * 5\,474 * 10^3}{3\,540,2 * 10^6}} = 0,60$$

$$\begin{aligned} \Phi_{LT} &= 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2] \\ &= 0,5 * [1 + 0,76 * (0,60 - 0,4) + 0,75 * 0,60^2] = 0,68 \end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,68 + \sqrt{0,68^2 - 0,75 * 0,60^2}} = 0,89$$

Vybočení ve směru osy y

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,00 = 93,90$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z * \lambda_1} = \frac{7\,500}{69,7 * 93,90} = 1,14$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (1,14 - 0,2) + 1,14^2] = 1,31$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,31 + \sqrt{1,31^2 - 1,14^2}} = 0,51$$

Vybočení ve směru osy z

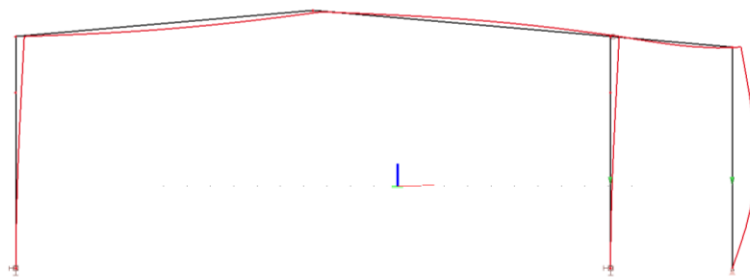
$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,00 = 93,90$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y * \lambda_1} = \frac{9\ 889}{269 * 93,90} = 0,39$$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (0,39 - 0,2) + 0,39^2] = 0,60$$

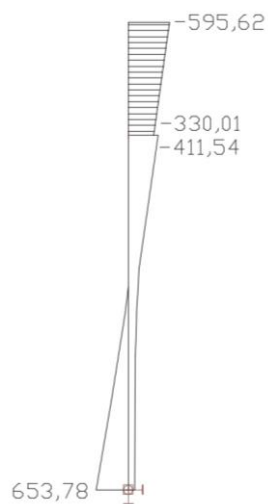
$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,60 + \sqrt{0,60^2 - 0,39^2}} = 0,96$$

Kombinace tlaku s ohybem



Pro vybočení s posunem styčnicků

$$C_{my} = 0,9$$



$$\Psi = \frac{-330,01}{-595,62} = 0,55$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * \Psi = 0,6 + 0,4 * 0,55 = 0,82 \geq 0,4$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} * \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,90 * \left(1 + (0,39 - 0,20) * \frac{439\,550}{\frac{0,96 * 5\,677\,600}{1,0}} \right) \\ 0,90 * \left(1 + 0,8 * \frac{439\,550}{\frac{0,96 * 5\,677\,600}{1,0}} \right) \end{array} \right\} = \min \{0,91\}$$

$$= 0,91$$

Pro $\bar{\lambda}_z = 1,14 > 0,40$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \end{array} \right\}$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * 1,14}{(0,82 - 0,25)} * \frac{439\,550}{\frac{0,51 * 5\,677\,600}{1,0}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(0,82 - 0,25)} * \frac{439\,550}{\frac{0,51 * 5\,677\,600}{1,0}} \right] \end{array} \right\} = \max \{0,97\} = 0,97$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{439\,550}{\frac{0,96 * 5\,677\,600}{1,0}} + 0,91 * \frac{653,78 * 10^6}{\frac{0,89 * 1\,441,96 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,08 + 0,49 = 0,57 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{439\,550}{\frac{0,51 * 5\,677\,600}{1,0}} + 0,97 * \frac{630,22 * 10^6}{\frac{0,89 * 1\,441,96 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,15 + 0,49 = 0,64 \leq 1$$

VYHOVUJE

Zároveň však musí být splněna podmínka

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{439\,550}{\frac{5\,677\,600}{1,0}} + \frac{653,78 * 10^6}{\frac{1\,441,96 * 10^6}{1,0}} = 0,08 + 0,45 = 0,53 \leq 1$$

VYHOVUJE

Kroucení

$$K_t = L * \sqrt{\frac{G * I_t}{E * I_\omega}} = 9\,889 * \sqrt{\frac{80\,700 * 448,3 * 10^4}{210\,000 * 11,03 * 10^{12}}} = 3,91$$

$$\alpha = 2,70$$

$$\beta = 1,11$$

$$\kappa = \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_t}\right)^2} = \frac{1}{1,11 + \left(\frac{2,70}{3,91}\right)^2} = 0,63$$

$$B_{Ed} = M_{z,Ed} * e * (1 - \kappa) = 21,48 * 10^6 * 700,0 * (1 - 0,63) = 5,56 \text{ kNm}^2$$

$$\omega_{\max} = \frac{b * h}{4} = \frac{300,0 * 640,0}{4} = 48\,000,0 \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk} = \frac{I_\omega}{\omega_{\max}} * f_y = \frac{11,03 * 10^{12}}{48\,000,0} * 235,00 = 54,00 \text{ kNm}^2$$

$$\kappa_w = 0,7 - \frac{0,2 * B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,7 - \frac{0,2 * 5,56}{\frac{54,00}{1,0}} = 0,68$$

$$\kappa_{zw} = 1 - \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{21,48 * 10^6}{11\,720 * 10^4 * \frac{235,00}{1,0}} = 1,00$$

$$\kappa_a = \frac{1}{1 - \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{653,78 * 10^6}{3\,540,2 * 10^6}} = 1,23$$

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{\kappa_w * \kappa_{zw} * \kappa_a * B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{439\,550}{\frac{0,96 * 5\,677\,600}{1,0}} + 1,02 * \frac{653,78 * 10^6}{\frac{0,89 * 1\,441,96 * 10^6}{1,0}} \\ &+ \frac{0,68 * 1,00 * 1,23 * 5,56}{\frac{54,00}{1,00}} = 0,08 + 0,52 + 0,09 = 0,69 \leq 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{\kappa_{1,w} * \kappa_{1,zw} * \kappa_{1,a} * B_{1,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{439\,550}{\frac{0,51 * 5\,677\,600}{1,0}} + 0,97 * \frac{653,78 * 10^6}{\frac{0,89 * 1\,441,96 * 10^6}{1,0}} \\ &+ \frac{0,68 * 1,00 * 1,23 * 5,56}{\frac{54,00}{1,00}} = 0,15 + 0,49 + 0,09 = 0,73 \leq 1 \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Zároveň však musí být splněna podmínka

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} + \frac{M_{Ed}}{\gamma_{M1}} + \frac{\kappa_{1,w} * \kappa_{1,zw} * \kappa_{1,a} * B_{1,Ed}}{\gamma_{M1}}$$

$$= \frac{439\,550}{5\,677\,600} + \frac{653,78 * 10^6}{1\,441,96 * 10^6} + \frac{0,68 * 1,00 * 1,23 * 5,56}{54,00}$$

$$= 0,08 + 0,45 + 0,09 = 0,62 \leq 1$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,y} = \frac{A_v * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{10\,315 * 235}{1,0 * \sqrt{3}} = 1\,400\,189 \text{ N} \geq V_{Ed} = 132\,790 \text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 1\,424\,939 \text{ N} \geq 2 * V_{Ed} = 2 * 132\,790 \text{ N} = 265\,580 \text{ N} \dots \text{ malý smyk}$$

VYHOVUJE

MSP

U sloupu jeřábové dráhy musí být kromě kritéria dané ČSN EN 1993-1-1 splněny i požadavky ČSN EN 1993-6.

Vodorovný průhyb v hlavě sloupu

$$\delta = 25,2 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{h}{150} = \frac{9\,890}{150} = 65,9 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Vodorovný průhyb v úrovni podepření jeřábu

$$\delta = 18,5 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{h_c}{400} = \frac{8\,050}{400} = 20,1 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

5.2.3.3 Sloup – administrativní část

Navrhuji průřez HEA 220

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
výška profilu	h	210,0	mm
šířka profilu	b	220,0	mm
tloušťka stojiny	t _w	7,0	mm
tloušťka pásnice	t _f	11,0	mm
výška rovné části stojiny	d	152,0	mm
plocha průřezu	A	6434,0	mm ²
účinná smyková plocha	A _{v,z}	2067,0	mm ²

moment setrvačnosti	I_y	54100000,0	mm ⁴
poloměr setrvačnosti	i_y	91,7	mm
poloměr setrvačnosti	i_z	55,1	mm
hmotnost průřezu	G	50,5	kg/m
elastický průřezový modul	W_y	515200,0	mm ³
plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	568500,0	mm ³

MSÚ

Zatřídění průřezu

Stojina - tlačená a ohýbaná část

$$z = \frac{N_{Ed}}{t_w * f_{yd}} = \frac{112\,580}{7,0 * 235,00} = 68,4 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 * d + z}{d} = \frac{0,5 * 152,0 + 68,4}{152,0} = 0,95 > 0,5$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235,00}{f_y}} = \sqrt{\frac{235,00}{235,00}} = 1,00$$

$$\frac{c}{t} = \frac{152,0}{7,0} = 21,71 \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * 1,00}{13 * 0,95 - 1} = 34,89$$

Stojina třídy 1

Pásnice - tlačená část

$$\frac{c}{t} = \frac{88,5}{11,0} = 8,0 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 1,00 = 9,00$$

Pásnice třídy 1

Navržený průřez HEA 220 klasifikuji jako třídu průřezu 1.

Posouzení - Sloup administrativní část

Kombinace ohybu a tlaku

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 6\,434 * 235,00 = 1\,511\,990 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{pl,y} = 235,00 * 568,5 * 10^3 = 133,60 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Klopení

Kritický moment byl stanoven pomocí programu LTBeamN.

$$M_{cr} = 363,1 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{235,00 * 515,2 * 10^3}{363,1 * 10^6}} = 0,57$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2]$$

$$= 0,5 * [1 + 0,49 * (0,57 - 0,4) + 0,75 * 0,57^2] = 0,66$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,69 + \sqrt{0,69^2 - 0,75 * 0,61^2}} = 0,91$$

Vybočení ve směru osy y

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,00 = 93,90$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z * \lambda_1} = \frac{9\,570}{55,1 * 93,90} = 1,82$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (1,82 - 0,2) + 1,82^2] = 2,44$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{2,44 + \sqrt{2,44^2 - 1,82^2}} = 0,25$$

Vybočení ve směru osy z

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,00 = 93,90$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y * \lambda_1} = \frac{9\,570}{152 * 93,90} = 1,10$$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,10 - 0,2) + 1,10^2] = 1,19$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,19 + \sqrt{1,19^2 - 1,10^2}} = 0,60$$

Kombinace tlaku s ohybem

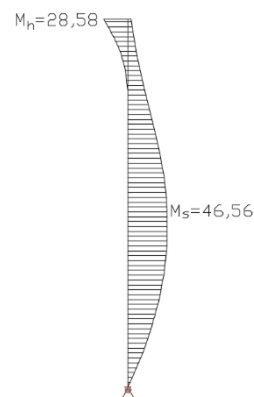
Pro vybočení s posunem styčniců

$$C_{my} = 0,9$$

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{28,58}{-46,56} = -0,61$$

$$C_{mLT} = 0,95 + 0,05 * \alpha_h = 0,95 + 0,05 * (-0,61)$$

$$= 0,92$$



$$\begin{aligned}
k_{yy} &= \min \left\{ \begin{aligned} & C_{my} * \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right) \\ & C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right) \end{aligned} \right\} \\
&= \min \left\{ \begin{aligned} & 0,90 * \left(1 + (1,10 - 0,20) * \frac{112\,580}{\frac{0,60 * 1\,511\,990}{1,0}} \right) \\ & 0,90 * \left(1 + 0,8 * \frac{112\,580}{\frac{0,60 * 1\,511\,990}{1,0}} \right) \end{aligned} \right\} = \min \{1,00\} \\
&= 0,99
\end{aligned}$$

$$\text{Pro } \bar{\lambda}_z = 1,82 > 0,40$$

$$\begin{aligned}
k_{zy} &= \max \left\{ \begin{aligned} & \left[1 - \frac{0,1 * \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right] \\ & \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right] \end{aligned} \right\} \\
&= \max \left\{ \begin{aligned} & \left[1 - \frac{0,1 * 1,82}{(0,92 - 0,25)} * \frac{112\,580}{\frac{0,25 * 1\,511\,990}{1,0}} \right] \\ & \left[1 - \frac{0,1}{(0,92 - 0,25)} * \frac{112\,580}{\frac{0,25 * 1\,511\,990}{1,0}} \right] \end{aligned} \right\} = \max \{0,92\} = 0,96
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} * M_{Rk}} &= \frac{112\,580}{\frac{0,60 * 1\,511\,990}{1,0}} + 0,99 * \frac{47,91 * 10^6}{\frac{0,91 * 133,60 * 10^6}{1,0}} \\
&= 0,12 + 0,39 = 0,51 \leq 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} * M_{Rk}} &= \frac{112\,580}{\frac{0,25 * 1\,511\,990}{1,0}} + 0,96 * \frac{47,91 * 10^6}{\frac{0,91 * 133,60 * 10^6}{1,0}} \\
&= 0,30 + 0,38 = 0,68 \leq 1
\end{aligned}$$

VYHOVUJE

Zároveň však musí být splněna podmínka

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1} N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{\gamma_{M1} M_{Rk}} = \frac{112\,580}{1,0 \cdot 1\,511\,990} + \frac{47,91 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 133,60 \cdot 10^6} = 0,07 + 0,52 = 0,59 \leq 1$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,y} = \frac{A_v \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{2\,067 \cdot 235,00}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 280\,445 \text{ N} \geq V_{Ed} = 24\,410 \text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 280\,445 \text{ N} \geq 2 \cdot V_{Ed} = 2 \cdot 24\,410 \text{ N} = 48\,820 \text{ N} \dots \text{ malý smyk}$$

VYHOVUJE

MSP

Vodorovný průhyb

$$\delta = 33,1 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{h}{250} = \frac{9\,570}{250} = 38,2 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

5.2.3.4 Příčle - administrativní část

Navrhuji profil IPE 180

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
výška profilu	h	180,0	mm
šířka profilu	b	91,0	mm
tloušťka stojiny	t _w	5,3	mm
tloušťka pásnice	t _f	8,0	mm
výška rovné části stojiny	d	146,0	mm
plocha průřezu	A	2395,0	mm ²
účinná smyková plocha	A _{v,z}	1125,4	mm ²
moment setrvačnosti	I _y	13170000,0	mm ⁴
poloměr setrvačnosti	i _y	74,2	mm
poloměr setrvačnosti	i _z	20,5	mm
hmotnost průřezu	G	18,8	kg/m
elastický průřezový modul	W _y	146300,0	mm ³
plastický průřezový modul	W _{pl,y}	166400,0	mm ³

MSÚ

Zatřídění průřezu

Stojina - ohýbaná část

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235,00}{f_y}} = \sqrt{\frac{235,00}{355,00}} = 0,81$$

$$\frac{c}{t} = \frac{146,0}{5,3} = 27,5 \leq 72 * \varepsilon = 72 * 0,81 = 58,32$$

Stojina třídy 1

Pásnice - tlačená část

$$\frac{c}{t} = \frac{33,9}{8,0} = 4,23 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 1,00 = 7,29$$

Pásnice třídy 1

Navržený průřez IPE 180 klasifikuji jako třídu průřezu 1.

Posouzení - Příčle - administrativní část

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 2\,395 * 355,00 = 850\,225 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{pl,y} = 355,00 * 166,4 * 10^3 = 59,07 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Klopení

Kritický moment byl stanoven pomocí programu LTBeamN.

$$M_{cr} = 50,44 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{355,00 * 146,3 * 10^3}{50,44 * 10^6}} = 1,02$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2] \\ = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,02 - 0,4) + 0,75 * 1,02^2] = 1,05$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{1,05 + \sqrt{1,05^2 - 0,75 * 1,02^2}} = 0,62$$

Kombinace tahu s ohybem

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} * M_{Rk}} = \frac{30\,430}{850\,225} + \frac{29,65 * 10^6}{0,62 * 59,07 * 10^6} = 0,04 + 0,78 = 0,82 \leq 1$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,y} = \frac{A_v * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{1\,125 * 235,00}{1,0 * \sqrt{3}} = 152\,636\text{ N} \geq V_{Ed} = 16\,200\text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 152\,636\text{ N} \geq 2 * V_{Ed} = 2 * 16\,200\text{ N} = 32\,400\text{ N} \dots \text{malý smyk}$$

VYHOVUJE

MSP

$$\delta = 8,7\text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{5\,200}{250} = 20,8\text{ mm}$$

VYHOVUJE

6 Štítová stěna

Zatížení

Zatížení konstrukce bylo stanoveno dle norem ČSN 1990, ČSN 1991-1-1, ČSN 1991-1-3, ČSN 1991-1-4, ČSN 1991-1-5 a ČSN 1991-3.

Zatížení stálé

Vlastní tíha

- Vlastní tíha fasádního pláště $g_k = 0,48\text{ kN/m}^2$
- Vlastní tíha konstrukce byla vygenerována programem SCIA Engineer

Zatížení proměnné

Zatížení větrem – vítr působí rovnoběžně s hřebenem střechy (vítr I, vítr II)

– vítr působí kolmo na hřeben střechy (vítr III, vítr IV)

zatížení	sloup				
	A	B	C	D	E
	[KN/m]	[KN/m]	[KN/m]	[KN/m]	[KN/m]
vl. tíha fasádního pl.	0,88	1,61	1,92	1,92	1,92
vítr I	0,88	1,61	1,92	1,92	1,92
vítr II	-0,39	-0,70	-0,84	-0,84	-0,84
vítr III	-1,52	-2,61	-2,20	-2,20	-2,20
vítr IV	-0,64	-1,17	-1,42	-2,20	-2,20

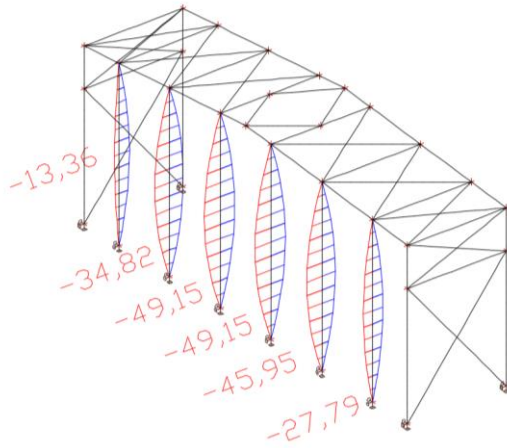
zatížení	sloup			
	F	G	H	I
	[KN/m]	[KN/m]	[KN/m]	[KN/m]
vl. tíha fasádního pl.	1,92	1,61	1,90	1,38
vítr I	1,92	1,61	1,90	1,38
vítr II	-0,84	-0,70	-0,83	-0,60
vítr III	-2,20	-1,43	-1,38	-1,00
vítr IV	-2,20	-1,84	-2,59	-2,39

6.1 Sloup B - G

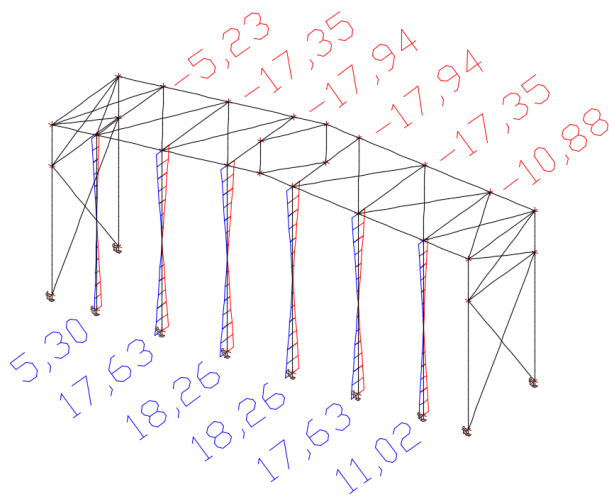
Návrh a posouzení

Vnitřní síly

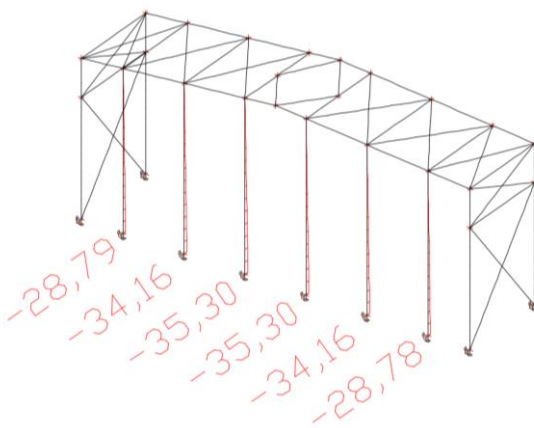
M_y



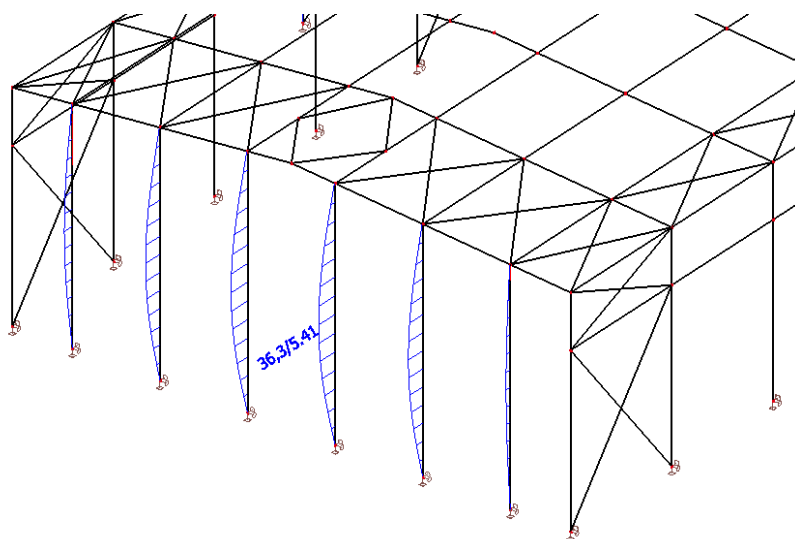
V_z



N



Deformace



Navrhuji průřez HEA 220

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
výška profilu	h	210,0	mm
šířka profilu	b	220,0	mm
tloušťka stojiny	t _w	7,0	mm
tloušťka pásnice	t _f	11,0	mm
výška rovné části stojiny	d	152,0	mm
plocha průřezu	A	6434,0	mm ²
účinná smyková plocha	A _{v,z}	2067,0	mm ²
moment setrvačnosti	I _y	54100000,0	mm ⁴
poloměr setrvačnosti	i _y	91,7	mm
poloměr setrvačnosti	i _z	55,1	mm
hmotnost průřezu	G	50,5	kg/m
elastický průřezový modul	W _y	515200,0	mm ³
plastický průřezový modul	W _{pl,y}	568500,0	mm ³

Zatřídění průřezu

Stojina – tlačená a ohýbaná část

$$z = \frac{N_{Ed}}{t_w * f_{yd}} = \frac{35\,300}{7,0 * 235,00} = 21,5 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 * d + z}{d} = \frac{0,5 * 152,0 + 21,5}{152,0} = 0,64 > 0,5$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235,00}{f_y}} = \sqrt{\frac{235,00}{235,00}} = 1,00$$

$$\frac{c}{t} = \frac{152,0}{7,0} = 21,71 \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * 1,00}{13 * 0,64 - 1} = 54,10$$

Stojina třídy 1

Pásnice – tlačená část

$$\frac{c}{t} = \frac{88,5}{11,0} = 8,0 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 1,00 = 9,00$$

Pásnice třídy 1

Navržený průřez HEA 220 klasifikuji jako třídu průřezu 1.

Posouzení

Kombinace ohybu a tlaku

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 6\,434 * 235,00 = 1\,511\,990 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{pl,y} = 235,00 * 568,5 * 10^3 = 133,60 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Klopení

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{235,00 * 515,2 * 10^3}{107,78 * 10^6}} = 1,04$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2] \\ = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,04 - 0,4) + 0,75 * 1,04^2] = 1,06$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{1,06 + \sqrt{1,06^2 - 0,75 * 1,04^2}} = 0,61$$

Vybočení ve směru osy y

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,00 = 93,90$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z * \lambda_1} = \frac{10\,826}{55,1 * 93,90} = 2,02$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (2,02 - 0,2) + 2,02^2] = 2,86$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{2,86 + \sqrt{2,86^2 - 2,02^2}} = 0,20$$

Vybočení ve směru osy z

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,00 = 93,90$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y * \lambda_1} = \frac{10\,826}{152 * 93,90} = 1,22$$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,22 - 0,2) + 1,22^2] = 1,35$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,35 + \sqrt{1,35^2 - 1,22^2}} = 0,52$$

Kombinace tlaku s ohybem

$$\alpha_h = 0$$

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,95 + 0,05 * \alpha_h = 0,95 + 0,05 * 0 = 0,95$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} * \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right) \\ C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,95 * \left(1 + (1,22 - 0,20) * \frac{35\,300}{0,52 * 1\,511\,990} \right) \\ 0,95 * \left(1 + 0,8 * \frac{35\,300}{0,52 * 1\,511\,990} \right) \end{array} \right\} = \min \{0,99, 0,98\}$$

$$= 0,98$$

$$\text{Pro } \bar{\lambda}_z = 2,02 > 0,40$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right] \end{array} \right\}$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 * 2,02}{(0,95 - 0,25)} * \frac{35\,300}{0,20 * 1\,511\,990} \right] \\ \left[1 - \frac{0,1}{(0,95 - 0,25)} * \frac{35\,300}{0,20 * 1\,511\,990} \right] \end{array} \right\} = \max \{0,97, 0,98\} = 0,98$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} * M_{Rk}} = \frac{35\,300}{0,52 * 1\,511\,990} + 0,98 * \frac{49,15 * 10^6}{0,61 * 133,60 * 10^6}$$

$$= 0,04 + 0,55 = 0,59 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} * M_{Rk}} = \frac{35\,300}{0,20 * 1\,511\,990} + 0,98 * \frac{49,15 * 10^6}{0,61 * 133,60 * 10^6}$$

$$= 0,12 + 0,55 = 0,67 \leq 1$$

VYHOVUJE

Zároveň však musí být splněna podmínka

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rk}} = \frac{35\,300}{1\,511\,990} + \frac{49,15 * 10^6}{133,60 * 10^6} = 0,02 + 0,34 = 0,36 \leq 1$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,y} = \frac{A_v * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{2\,067 * 235,00}{1,0 * \sqrt{3}} = 280\,445 \text{ N} \geq V_{Ed} = 18\,260 \text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 280\,445 \text{ N} \geq 2 * V_{Ed} = 2 * 18\,260 \text{ N} = 36\,520 \text{ N} \dots \text{ malý smyk}$$

VYHOVUJE

MSP

Vodorovný průhyb

$$\delta = 36,3 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{h}{250} = \frac{10\,826}{250} = 43,3 \text{ mm}$$

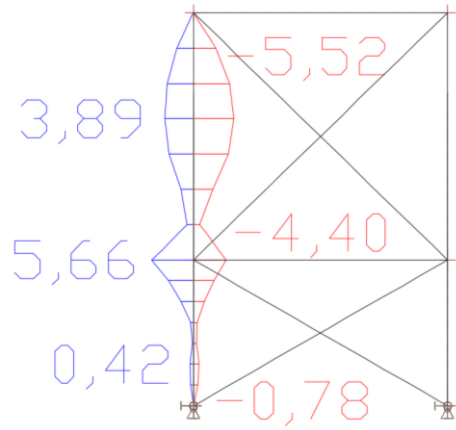
VYHOVUJE

Sloupy štítové stěny I a H budou konzervativně posouzeny na hodnoty normálové síly, ohybového momentu kolem osy y a posouvací síly ve směru osy běžného sloupu.

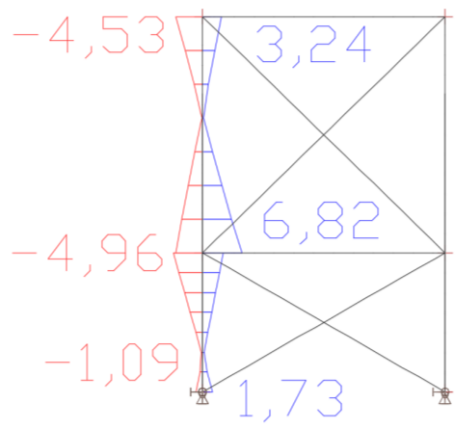
6.2 Sloup I

Vnitřní síly

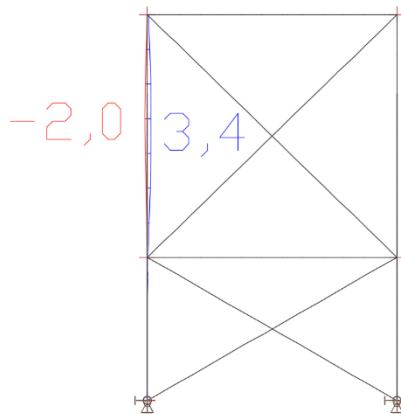
M_z



V_z



Deformace



Navrhuj prřez HEA 220

Posouzení

Kombinace ohybu a tlaku

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 6\,434 * 235,00 = 1\,511\,990 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{pl,y} = 235,00 * 568,5 * 10^3 = 133,60 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{z,Rk} = f_{yk} * W_{pl,z} = 235,00 * 177,7 * 10^3 = 41,76 * 10^6 \text{ Nm}$$

Klopení

$$\chi_{LT} = 0,91$$

Vybočení ve směru osy y

$$\chi_z = 0,25$$

Vybočení ve směru osy z

$$\chi_y = 0,60$$

Kombinace tlaku s ohybem

Pro vybočení s posunem styčniců

$$C_{my} = 0,9$$

$$C_{mLT} = 0,92$$

$$k_{yy} = 0,99$$

Pro $\bar{\lambda}_z = 1,82 > 0,40$

$$k_{zy} = 0,96$$

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{0,94}{5,80} = 0,16$$

$$C_{mz} = 0,2 + 0,8 * \alpha_s = 0,2 + 0,8 * 0,16 = 0,33 \geq 0,4$$

$$k_{zz} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{mz} * \left(1 + (2 * \bar{\lambda}_z - 0,6) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{mz} * \left(1 + 1,4 * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,40 * \left(1 + (2 * 1,82 - 0,60) * \frac{112\,580}{\frac{0,25 * 1\,511\,990}{1,0}} \right) \\ 0,40 * \left(1 + 1,4 * \frac{112\,580}{\frac{0,25 * 1\,511\,990}{1,0}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \{0,76\} = 0,57$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 0,57 = 0,34$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{112\,580}{\frac{0,60 * 1\,511\,990}{1,0}} + 0,99 * \frac{47,91 * 10^6}{\frac{0,91 * 133,60 * 10^6}{1,0}} + 0,34 * \frac{5,66 * 10^6}{\frac{41,76 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,12 + 0,39 + 0,05 = 0,56 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{112\,580}{\frac{0,25 * 1\,511\,990}{1,0}} + 0,96 * \frac{47,91 * 10^6}{\frac{0,91 * 133,60 * 10^6}{1,0}} + 0,57 * \frac{5,66 * 10^6}{\frac{41,76 * 10^6}{1,0}}$$

$$= 0,30 + 0,38 + 0,08 = 0,76 \leq 1$$

VYHOVUJE

Zároveň však musí být splněna podmínka

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{112\,580}{\frac{1\,511\,990}{1,0}} + \frac{47,91 * 10^6}{\frac{133,60 * 10^6}{1,0}} + \frac{5,66 * 10^6}{\frac{41,76 * 10^6}{1,0}} = 0,07 + 0,52 + 0,14$$

$$= 0,73 \leq 1$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,z} = \frac{A_{v,z} * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{2\,067 * 235,00}{1,0 * \sqrt{3}} = 280\,445 \text{ N} \geq V_{z,Ed} = 24\,410 \text{ N}$$

$$V_{pl,z} = 280\,445\text{ N} \geq 2 * V_{z,Ed} = 2 * 24\,740\text{ N} = 48\,820\text{ N} \dots \text{malý smyk}$$

VYHOVUJE

$$V_{pl,y} = \frac{A_{v,y} * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{5\,015 * 235,00}{1,0 * \sqrt{3}} = 680\,421\text{ N} \geq V_{y,Ed} = 6\,840\text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 680\,421\text{ N} \geq 2 * V_{y,Ed} = 2 * 6\,840\text{ N} = 13\,680\text{ N} \dots \text{malý smyk}$$

VYHOVUJE

MSP

Vodorovný průhyb

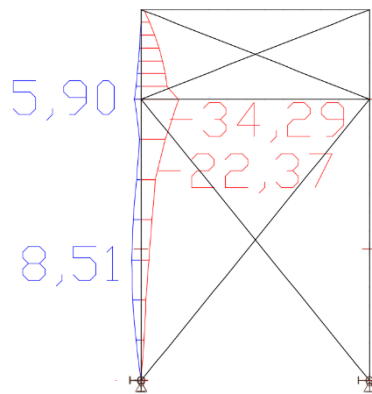
$$\delta = 3,4\text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{h}{250} = \frac{9\,570}{250} = 38,2\text{ mm}$$

VYHOVUJE

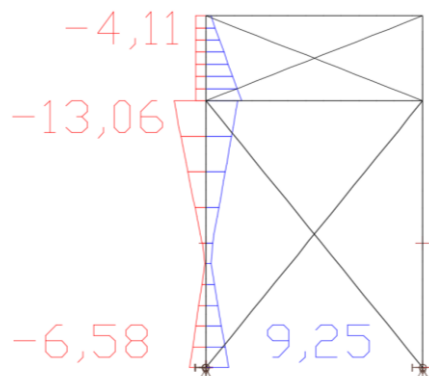
6.3 Sloup H

Vnitřní síly

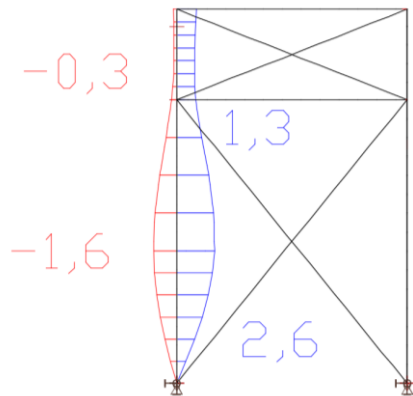
M_z



V_z



Deformace



Navrhuji profil HEA 650.

Posouzení

Kombinace ohybu a tlaku

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 24\,160 * 235,00 = 5\,677\,600 \text{ N}$$

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{pl,y} = 235,00 * 6\,136 * 10^3 = 1\,441,96 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{z,Rk} = f_{yk} * W_{pl,z} = 235,00 * 1\,205 * 10^3 = 283,18 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\chi_{LT} = 0,89$$

Vybočení ve směru osy y

$$\chi_z = 0,51$$

Vybočení ve směru osy z

$$\chi_y = 0,96$$

Kombinace tlaku s ohybem

Pro vybočení s posunem styčnicků

$$C_{my} = 0,9$$

$$C_{mLT} = 0,82 \geq 0,4$$

$$k_{yy} = 0,91$$

Pro $\bar{\lambda}_z = 1,14 > 0,40$

$$k_{zy} = 0,97$$

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{3,71}{15,30} = 0,24$$

$$C_{mz} = 0,2 + 0,8 * \alpha_s = 0,2 + 0,8 * 0,24 = 0,39 \geq 0,4$$

$$k_{zz} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{mz} * \left(1 + (2 * \bar{\lambda}_z - 0,6) * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right) \\ C_{mz} * \left(1 + 1,4 * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,40 * \left(1 + (2 * 1,14 - 0,60) * \frac{439\,550}{0,51 * 5\,677\,600} \right) \\ 0,40 * \left(1 + 1,4 * \frac{439\,550}{0,51 * 5\,677\,600} \right) \end{array} \right\}$$

$$= \min \{0,50\} = 0,49$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 0,49 = 0,29$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rk}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = \frac{439\,550}{5\,677\,600} + \frac{653,78 * 10^6}{1\,441,96 * 10^6} + \frac{34,29 * 10^6}{283,18 * 10^6}$$

$$= 0,08 + 0,45 + 0,12 = 0,65 \leq 1$$

VYHOVUJE

Kroucení

$$K_t = L * \sqrt{\frac{G * I_t}{E * I_\omega}} = 9\,889 * \sqrt{\frac{80\,700 * 448,3 * 10^4}{210\,000 * 11,03 * 10^{12}}} = 3,91$$

$$\alpha = 2,70$$

$$\beta = 1,11$$

$$\kappa = \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_t}\right)^2} = \frac{1}{1,11 + \left(\frac{2,70}{3,91}\right)^2} = 0,63$$

$$B_{Ed} = M_{z,Ed} * e * (1 - \kappa) = 34,29 * 10^6 * 700,0 * (1 - 0,63) = 5,56 \text{ kNm}^2$$

$$\omega_{max} = \frac{b * h}{4} = \frac{300,0 * 640,0}{4} = 48\,000,0 \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk} = \frac{I_\omega}{\omega_{max}} * f_y = \frac{11,03 * 10^{12}}{48\,000,0} * 235,00 = 54,00 \text{ kNm}^2$$

$$\kappa_w = 0,7 - \frac{0,2 * B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,7 - \frac{0,2 * 5,56}{\frac{54,00}{1,0}} = 0,68$$

$$\kappa_{zw} = 1 - \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{21,48 * 10^6}{11\,720 * 10^4 * \frac{235,00}{1,0}} = 1,00$$

$$\kappa_a = \frac{1}{1 - \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{653,78 * 10^6}{3\,540,2 * 10^6}} = 1,23$$

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} * M_{Rk}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} + \frac{\kappa_w * \kappa_{zw} * \kappa_a * B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ = \frac{439\,550}{\frac{0,96 * 5\,677\,600}{1,0}} + 0,91 * \frac{653,78 * 10^6}{\frac{0,89 * 1\,441,96 * 10^6}{1,0}} + 0,29 \\ * \frac{34,29 * 10^6}{\frac{283,18 * 10^6}{1,0}} + \frac{0,68 * 1,00 * 1,23 * 5,56}{\frac{54,00}{1,00}} = 0,08 + 0,49 + 0,04 + 0,09 \\ = 0,70 \leq 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} * M_{Rk}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} + \frac{\kappa_{1,w} * \kappa_{1,zw} * \kappa_{1,a} * B_{1,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ = \frac{439\,550}{\frac{0,51 * 5\,677\,600}{1,0}} + 0,97 * \frac{653,78 * 10^6}{\frac{0,89 * 1\,441,96 * 10^6}{1,0}} + 0,49 \\ * \frac{34,29 * 10^6}{\frac{283,18 * 10^6}{1,0}} + \frac{0,68 * 1,00 * 1,23 * 5,56}{\frac{54,00}{1,00}} = 0,15 + 0,49 + 0,06 + 0,09 \\ = 0,79 \leq 1 \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,z} = \frac{A_{v,z} * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{10\,315 * 235}{1,0 * \sqrt{3}} = 1\,400\,189 \text{ N} \geq V_{z,Ed} = 132\,790 \text{ N}$$

$$V_{pl,z} = 1\,424\,939 \text{ N} \geq 2 * V_{z,Ed} = 2 * 132\,790 \text{ N} = 265\,580 \text{ N} \dots \text{ malý smyk}$$

VYHOVUJE

$$V_{pl,y} = \frac{A_{v,y} * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{16\,146 * 235,00}{1,0 * \sqrt{3}} = 2\,190\,645 \text{ N} \geq V_{y,Ed} = 13\,060 \text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 2\,190\,645 \text{ N} \geq 2 * V_{y,Ed} = 2 * 13\,060 \text{ N} = 26\,120 \text{ N} \dots \text{ malý smyk}$$

VYHOVUJE

MSP

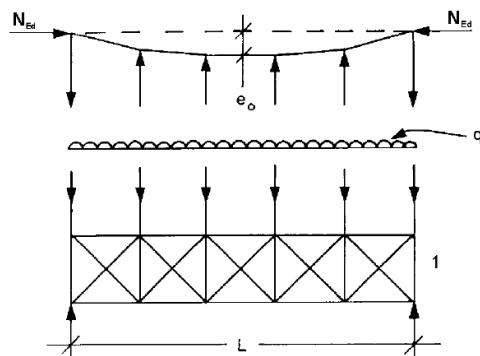
Vodorovný průhyb

$$\delta = 2,6 \text{ mm} \leq \delta_{\text{lim}} = \frac{h}{250} = \frac{9\,570}{250} = 38,2 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

7 Výztužný systém

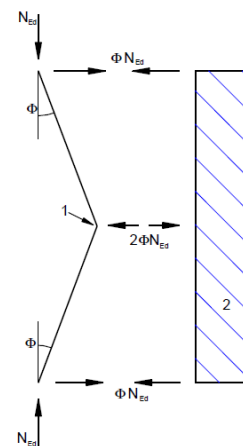
Účinky imperfekcí ve tvaru počátečního prohnutí příčle byly nahrazeny ekvivalentním stabilizujícím zatížením o velikosti síly F_d . Zatížení F_d bylo v modelu konstrukce umístěno do styčnicků příčle a výztužného systému.



Účinky imperfekcí sloupů byly ve výpočtu vyjádřeny pomocí ekvivalentní imperfekce ve tvaru počátečního naklonění konstrukce. Její hodnota byla stanovena v programu Scia Engineer s následujícími parametry:

- Základní hodnota naklonění konstrukce $\Phi_0 = 1/200$
- Výška konstrukce $h = 11$ metrů
- Počet sloupů v řadě $m = 12$

Dále se má prokázat, že v bodech styků nosníků nebo tlačných prutů je výztužný systém schopen zachytit místní síly o velikosti $(\alpha_m * N_{Ed})/100$, působící na všechny nosníky nebo tlačené pruty spojené v tomto bodu, a přenést tyto síly do přilehlých bodů, ve kterých je nosník nebo tlačný prut podepřen.



Příčle

$$N_{Ed} = 122,36 * \frac{12}{3} = 489,44 \text{ kN}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{12}\right)} = 0,74$$

$$F_{1,Ed} = \frac{\alpha_m * N_{Ed}}{100} = \frac{0,74 * 489,44}{100} = 3,62 \text{ kN}$$

$$e_0 = \frac{\alpha_m * l}{500} = \frac{0,74 * 25\,498}{500} = 37,7 \text{ mm}$$

$$q_d = \sum N_{Ed} * 8 * \frac{e_0 + \delta_p}{l^2} = 734\,160 * 8 * \frac{37,7 + 0}{25\,498^2} = 0,34 \text{ kN/m}$$

$$F_d = q_d * \xi = 0,34 * 4 = 1,36 \text{ kN}$$

Sloupy A a H

$$N_{Ed} = 439,55 * \frac{12}{3} = 1\,758,20 \text{ kN}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{12}\right)} = 0,74$$

$$F_{2,Ed} = \frac{\alpha_m * N_{Ed}}{100} = \frac{0,74 * 2\,637,30}{100} = 13,01 \text{ kN}$$

Sloup I

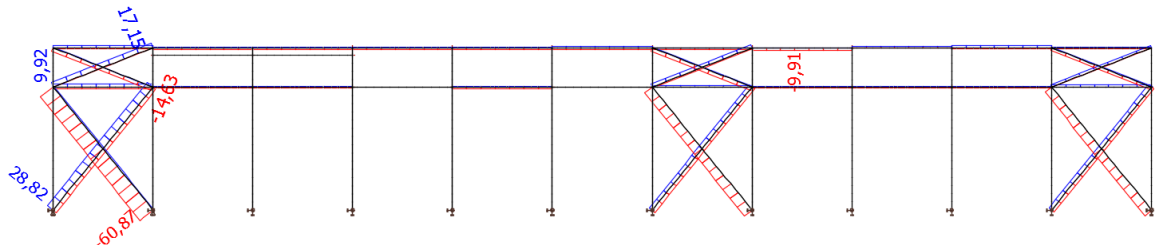
$$N_{Ed} = 112,61 * \frac{8}{2} = 450,44 \text{ kN}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{8}\right)} = 0,75$$

$$F_{3,Ed} = \frac{\alpha_m * N_{Ed}}{100} = \frac{0,75 * 450,44}{100} = 3,38 \text{ kN}$$

Síly budou umístěny v místech styku vazníku a ztužení.

7.1 Stěnové ztužidlo hlavní loď



Návrh TR 140x5,0

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 2\,121 * 355,00 = 752\,955 \text{ N}$$

$$N_{Ed} = 60\,870 + \frac{13\,010}{\cos 51} = 81\,543 \text{ N}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,40$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{9\,667}{47,8 * 76,40} = 2,65$$

$$\Phi = 0,5 * \left[1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2\right] = 0,5 * \left[1 + 0,21 * (2,65 - 0,2) + 2,65^2\right] = 4,26$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{4,26 + \sqrt{4,26^2 - 2,65^2}} = 0,13$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{81\,543}{0,13 * 752\,955} = 0,84 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} = \frac{81\,543}{1,0}$$

VYHOVUJE

Návrh TR 82,5x4,5

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1\,103 * 355,00 = 391\,565 \text{ N}$$

$$N_{Ed} = 14\,630 + \frac{13\,010}{\cos 21} = 28\,565 \text{ N}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,40$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{6\,551}{27,6 * 76,40} = 3,11$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (3,11 - 0,2) + 3,11^2] = 5,63$$

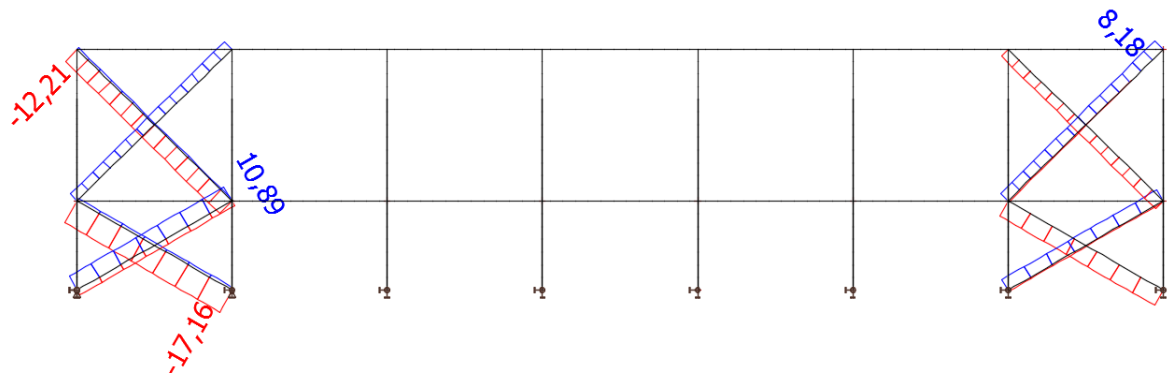
$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{5,63 + \sqrt{5,63^2 - 3,11^2}} = 0,10$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{28\,565}{0,10 * 391\,565} = 0,83 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} = \frac{28\,565}{1,0}$$

VYHOVUJE

7.2 Stěnové ztužidlo administrativní část



Návrh TR 102x3,6

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1\,113 * 235,00 = 261\,555 \text{ N}$$

$$N_{Ed} = 12\,210 + \frac{3\,380}{\cos 44} = 16\,908 \text{ N}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{8\,605}{34,8 * 93,90} = 2,60$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (2,60 - 0,2) + 2,60^2] = 4,14$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{4,14 + \sqrt{4,14^2 - 2,60^2}} = 0,14$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{16\,908}{0,14 * 261\,555} = 0,46 \leq 1$$

VYHOVUJE

Návrh TR 89x3,6

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 966 * 235,00 = 227\,010 \text{ N}$$

$$N_{Ed} = 17\,160 + \frac{3\,380}{\cos 30} = 21\,062 \text{ N}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{7\,033}{30,2 * 93,90} = 2,48$$

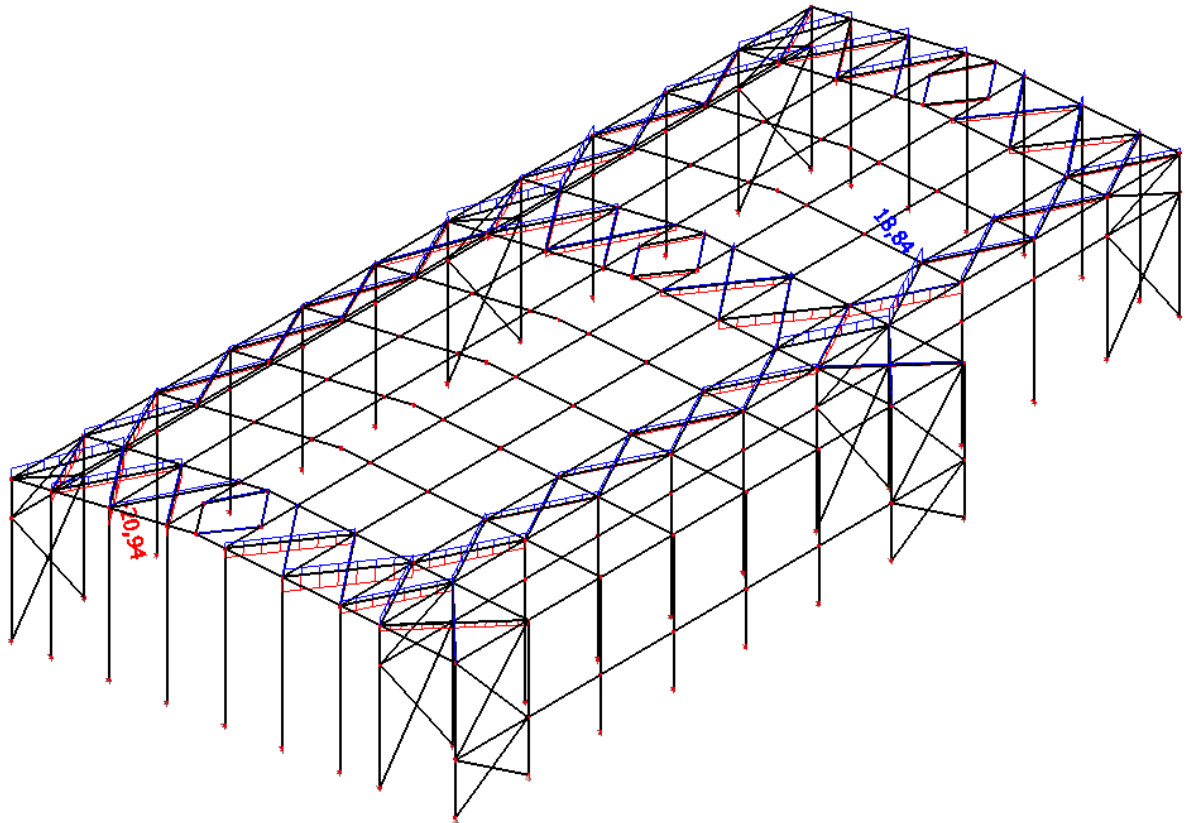
$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (2,48 - 0,2) + 2,48^2] = 3,81$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{3,81 + \sqrt{3,81^2 - 2,48^2}} = 0,15$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{21\,062}{0,15 * 227\,010} = 0,62 \leq 1$$

VYHOVUJE

7.3 Střešní ztužidlo



Návrh TR 89x3,6

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 966 * 235,00 = 227\,010 \text{ N}$$

$$N_{Ed} = 20\,940 + \frac{3\,620}{\cos 33} = 25\,256 \text{ N}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{7\,295}{30,2 * 93,90} = 2,57$$

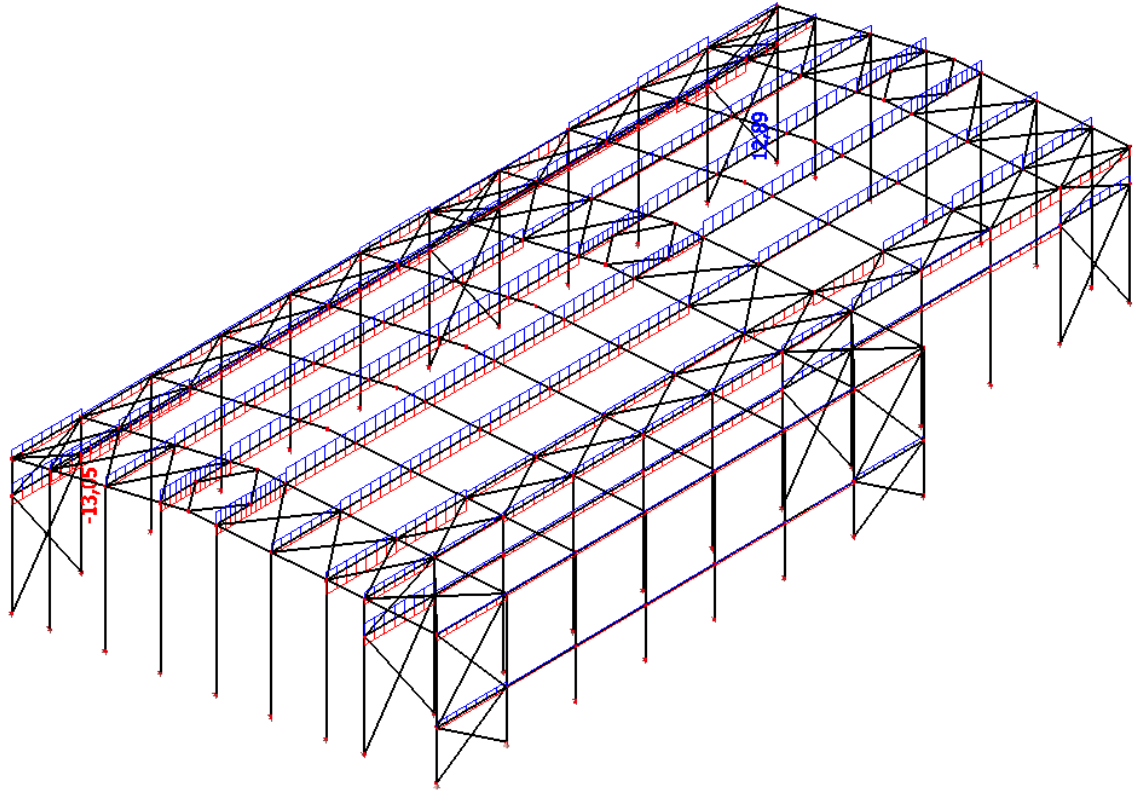
$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (2,57 - 0,2) + 2,57^2] = 4,06$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{4,06 + \sqrt{4,06^2 - 2,57^2}} = 0,14$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{25\,256}{\frac{0,14 * 227\,010}{1,0}} = 0,80 \leq 1$$

VYHOVUJE

7.4 Vzpěra



Návrh TR 76x3,2

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 732 * 235,00 = 172\,020 \text{ N}$$

$$N_{Ed} = 13\,050 \text{ N}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{6\,100}{25,8 * 93,90} = 2,52$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (2,52 - 0,2) + 2,52^2] = 3,91$$

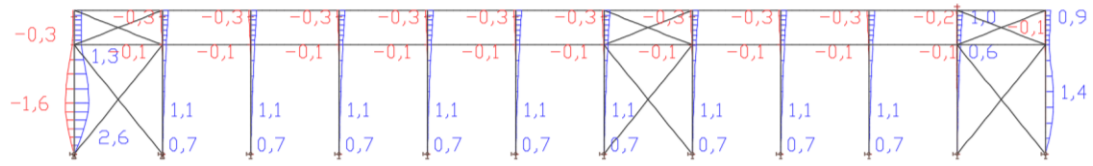
$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{3,91 + \sqrt{3,91^2 - 2,52^2}} = 0,14$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{13\,050}{0,14 * 172\,020} = 0,52 \leq 1$$
$$\frac{\quad}{\gamma_{M1}} = \frac{\quad}{1,0}$$

VYHOVUJE

7.5 Mezní stav použitelnosti

Deformace

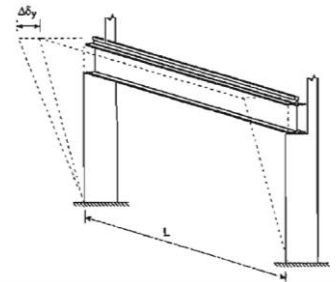


Dle ČSN EN 1993-6 musí být splněno

Rozdíl mezi vodorovnými posuvy sousedních rámu podpírajících nosníky jeřábové dráhy uvnitř budovy

$$\delta = 1,3 \text{ mm} \leq \delta_{\text{lim}} = \frac{L}{600} = \frac{6\,100}{250} = 10,1 \text{ mm}$$

VYHOVUJE



8 Details

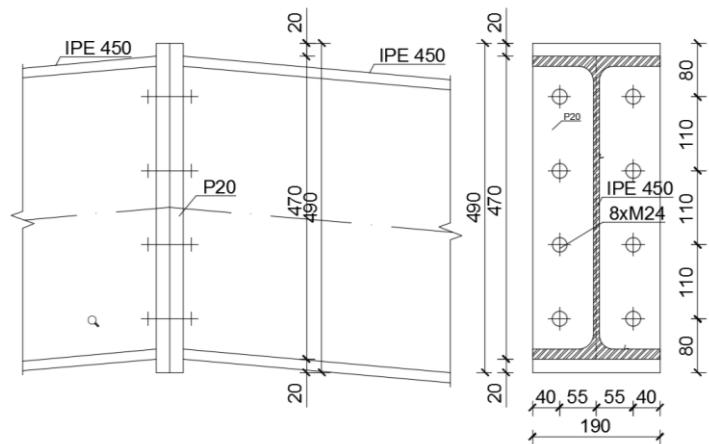
8.1 Detail 1 - Momentový přípoj příčle

8.1.1 Momentový přípoj příčle

Návrh a posouzení koutových svarů

Svary se konzervativně navrhnu na plnou únosnost průřezů

Svar čelní desky a tažené pásnice příčle



$$a_{w,1} \geq t_f * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} * \frac{\beta_w * \gamma_{M2}}{f_u * \sqrt{2}}$$

$$= 14,6 * \frac{355,00}{1,0}$$

$$* \frac{0,9 * 1,25}{490,00 * \sqrt{2}}$$

$$= 8,4 \text{ mm}$$

$$a_{w,1} = 9,0 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a tlačené pásnice

Svar čelní desky a tlačené pásnice lze navrhnout pouze konstrukční, je-li tlak přenášen kontaktem. Pro přenos kontaktem je nutné provést úpravu styčné plochy. Zjednodušeně bude svar navržen se stejnou tloušťkou jako u horní pásnice.

$$a_{w,2} = 9,0 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a stojiny příčle

$$a_{w,3} \geq t_w * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} * \frac{\beta_w * \gamma_{M2}}{f_u * \sqrt{2}} = 9,4 * \frac{355,00}{1,0} * \frac{0,9 * 1,25}{490,00 * \sqrt{2}} = 5,4 \text{ mm}$$

$$a_{w,3} = 6,0 \text{ mm}$$

Únosnost dílčích komponent

Čelní deska

$$t_d = 20,0 \text{ mm}$$

Výpočet únosnosti řady šroubů v tahu

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 353,0 * 1\,000,00}{1,25} = 254\,160 \text{ N}$$

Výpočet 1. řady šroubů

Stanovení únosnosti pásnice náhradního T - průřezu

$$c_1 = 0,8 * a_{w,1} * \sqrt{2} = 0,8 * 9,0 * \sqrt{2} = 10,2 \text{ mm}$$

$$m_2 = 45,4 - c_1 = 45,4 - 10,2 = 35,2 \text{ mm}$$

$$c_2 = 0,8 * a_{w,3} * \sqrt{2} = 0,8 * 6,0 * \sqrt{2} = 6,8 \text{ mm}$$

$$m = 50,3 - 6,8 = 43,5 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{43,5}{43,5 + 40,0} = 0,52$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{35,2}{43,5 + 40,0} = 0,42$$

$$\alpha = 6$$

Výpočet efektivní šířky pro náhradní T - průřez pro řadu šroubů pod taženou pásnicí

Řada šroubů působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = 2 * \pi * m = 2 * \pi * 43,5 = 273,3 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = \alpha * m = 6 * 43,5 = 264,0 \text{ mm}$$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

Kruhové porušení

$$l_{\text{eff,cp}} = \pi * m + p = \pi * 43,5 + 110,0 = 246,7 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{\text{eff,nc}} = 0,5 * p + \alpha * m - (2 * m + 0,625 * e) \\ = 0,5 * 110,0 + 6 * 43,5 - (2 * 43,5 + 0,625 * 40,0) = 204,0 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1}} = \min(\min l_{\text{eff,cp}} ; \min l_{\text{eff,nc}}) = \min(246,7 ; 204,0) = 204,0 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2}} = \min(l_{\text{eff,nc}}) = \min(264,0 ; 204,0) = 204,0 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff,1}} * t_{\text{fc}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 0,25 * 204,0 * 20,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 7,24 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{pl,2,Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff,2}} * t_{\text{fc}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 0,25 * 204,0 * 20,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 7,24 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$n = \min(e ; 1,25 * m) = \min(40 ; 1,25 * 49,2) = 61,5 = 40,0 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí

Způsob porušení 1

$$F_{\text{t,a,Rd}} = \frac{4 * M_{\text{pl,1,Rd}}}{m} = \frac{4 * 7,24 * 10^6}{43,5} = 665\,747 \text{ N}$$

Způsob porušení 2

$$F_{\text{t,b,Rd}} = \frac{2 * M_{\text{pl,2,Rd}} + n * \sum F_{\text{t,Rd}}}{m + n} = \frac{2 * 8,76 * 10^6 + 40,0 * 2 * 254\,160}{43,5 + 40,0} = 416\,919 \text{ N}$$

Způsob porušení 3

$$F_{\text{t,c,Rd}} = \sum F_{\text{t,Rd}} = 2 * 254\,160 = 508\,320 \text{ N}$$

Únosnost 1. řady šroubů

$$F_{\text{t,1,Rd}} = \min(F_{\text{t,a,Rd}} ; F_{\text{t,b,Rd}} ; F_{\text{t,c,Rd}}) = \min(665\,747 ; 416\,919 ; 508\,320) = 416\,919 \text{ N}$$

Výpočet 2. řady šroubů

Stanovení únosnosti pásnice náhradního T - průřezu

$$m_2 = 110,0 \text{ mm}$$

$$c_2 = 0,8 * a_{\text{w,3}} * \sqrt{2} = 0,8 * 6,0 * \sqrt{2} = 6,8 \text{ mm}$$

$$m = 50,3 - 6,8 = 43,5 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{43,5}{43,5 + 40,0} = 0,52$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{110,0}{43,5 + 40,0} = 1,31$$

$$\alpha = 5$$

Výpočet efektivní šířky pro náhradní T – průřez pro vnitřní řadu šroubů

Řada šroubů působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{\text{eff,cp}} = 2 * \pi * m = 2 * \pi * 43,5 = 273,3 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{\text{eff,nc}} = 4 * m + 1,25 * e = 4 * 43,5 + 1,25 * 40,0 = 224,0 \text{ mm}$$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

Kruhové porušení

$$l_{\text{eff,cp}} = 2 * p = 2 * 110,0 = 220,0 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{\text{eff,nc}} = p = 110,0 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},1} = \min(\min l_{\text{eff,cp}} ; \min l_{\text{eff,nc}}) = \min(220,0 ; 110,0) = 110,0 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},2} = \min(l_{\text{eff,nc}}) = \min(224,0 ; 110,0) = 110,0 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff},1} * t_{\text{fc}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M}0}} = 0,25 * 110,0 * 20,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 3,91 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{pl},2,\text{Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff},2} * t_{\text{fc}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M}0}} = 0,25 * 110,0 * 20,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 3,91 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$n = \min(e ; 1,25 * m) = \min(40 ; 1,25 * 49,2 = 61,5) = 40,0 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost vnitřní řady šroubů

Způsob porušení 1

$$F_{\text{t,a,Rd}} = \frac{4 * M_{\text{pl},1,\text{Rd}}}{m} = \frac{4 * 3,91 * 10^6}{43,5} = 359 540 \text{ N}$$

Způsob porušení 2

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 * 3,91 * 10^6 + 40,0 * 2 * 254\,160}{43,5 + 40,0} = 337\,159 \text{ N}$$

Způsob porušení 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 * 254\,160 = 508\,320 \text{ N}$$

Únosnost 2. řady šroubů

$$F_{t,2,Rd} = \min(F_{t,a,Rd} ; F_{t,b,Rd} ; F_{t,c,Rd}) = \min(359\,540 ; 337\,159 ; 508\,320) = 337\,159 \text{ N}$$

Výpočet 3. řady šroubů

3. řada šroubů má shodnou únosnost jako 2. řada šroubů

$$F_{t,3,Rd} = F_{t,2,Rd} = 337\,159 \text{ N}$$

Výpočet 4. řady šroubů – smyková únosnost

Pro přenos smykové síly bude použita 4. řada šroubů, která konzervativně nebude uvažována pro výpočet momentové únosnosti.

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu – smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 353,0 * 1\,000,00}{1,25} = 169\,440 \text{ N}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 * 1,0 * 24,0 * 20,0 * 490,00}{1,25} = 470\,400 \text{ N}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{80,0}{3 * 26,0} \\ \frac{1\,000,00}{490,00} \\ 1,0 \end{array} \right\} = 1,0$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{40,0}{26,0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = 2,50$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = 2 * \min(F_{v,Rd} ; F_{b,Rd}) = 2 * \min(169\,440 ; 470\,400) = 2 * 169\,440 = 338\,880 \text{ N} \\ \geq V_{Ed} = 136\,740 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Únosnost základních komponent

Únosnost pásnice příčle v tlaku

- Třída oceli náběhu odpovídá třídě oceli nosníku
- Pásnice a tloušťka stojiny náběhu nejsou menší než u nosníku
- Úhel mezi pásnicí náběhu a pásnicí nosníku není větší než 45°

$$M_{c,Rd} = f_{yk} * W_{pl,y} = 355,00 * 1\,702 * 10^3 = 604,21 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{(h - t_{fb})} = \frac{604,21 * 10^6}{(450,0 - 14,6)} = 1\,387\,712 \text{ N}$$

$$F_{c,fb,Rd} = 1\,387\,712 \text{ N} \geq \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd} = 416\,919 + 2 * 337\,159 = 1\,091\,237 \text{ N}$$

Podmínka byla splněna.

Rozdělení sil a momentová únosnost

Plastické rozdělení sil lze uvažovat v případě, že byly splněny předchozí podmínky a současně

$$F_{t,i,Rd} \leq 1,9 * F_{t,Rd}$$

$$F_{t,1,Rd} = 416\,919 \text{ N} \leq 1,9 * F_{t,Rd} = 1,9 * 254\,160 = 482\,904 \text{ N}$$

VYHOVUJE

$$F_{t,2,Rd} = 337\,159 \text{ N} \leq 1,9 * F_{t,Rd} = 1,9 * 254\,160 = 482\,904$$

VYHOVUJE

Řada	Únosnost řady	Rameno h_i
	[N]	[mm]
1	416 919	382,7
2	337 159	272,7
3	337 159	162,7
Celkem	1 091 237	

$$M_{Rd} = \sum F_{t,i,Rd} * h_i = 416\,919 * 382,7 + 337\,159 * 272,7 + 337\,159 * 162,7 + \\ = 306,35 * 10^6 \text{ Nmm} \geq M_{Rd} = 235,04 * 10^6 \text{ Nmm}$$

VYHOVUJE

8.1.2 Přípoj ztužidla

Posouzení styčnickového plechu

Průřez 100 x 10 mm

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{100 \cdot 10^3}{12} = 8\,333 \text{ mm}^4$$

$$A = b \cdot h = 10 \cdot 100 = 1\,000 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{8\,333}{1\,000}} = 2,88 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} = \frac{155 \cdot 2}{3,46 \cdot 93,90} = 1,14$$

$$\Phi = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,49 \cdot (1,14 - 0,2) + 1,14^2 \right] = 1,39$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,39 + \sqrt{1,39^2 - 1,14^2}} = 0,46$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 1\,000 \cdot 235,00 = 235\,000 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{Rk}} = \frac{25\,256}{0,46 \cdot 235\,000} = 0,23 \leq 1$$

VYHOVUJE

Svar styčnickového plechu a vazníku

$$F_{x,Ed} = N_{Ed} \cdot \cos \alpha = 25\,256 \cdot \cos 57 = 13\,755 \text{ N}$$

$$F_{y,Ed} = N_{Ed} \cdot \sin \alpha = 25\,256 \cdot \sin 57 = 21\,181 \text{ N}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{x,Ed}}{2 \cdot l_w \cdot a_w} = \frac{13\,755}{2 \cdot 105,0 \cdot 3} = 21,83 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{F_{y,Ed}}{2 \cdot l_w \cdot a_w} = \frac{21\,181}{2 \cdot 105,0 \cdot 3} = 33,62 \text{ MPa}$$

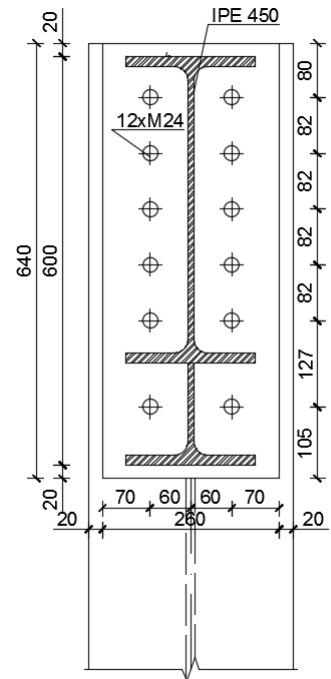
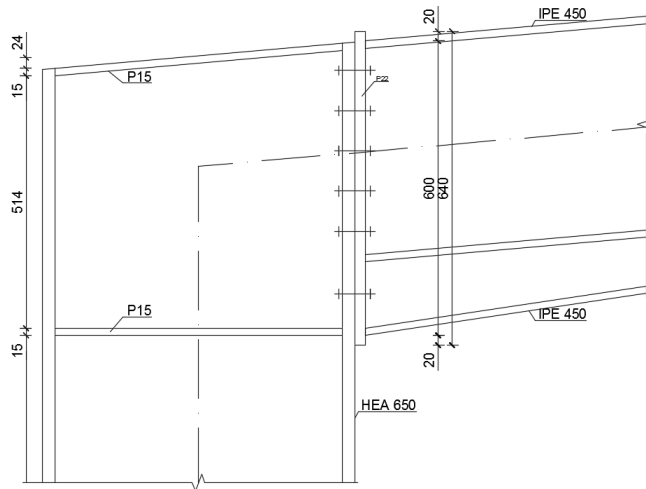
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{33,62}{\sqrt{2}} = 23,77 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{23,77^2 + 3 \cdot (23,77^2 + 21,83^2)} = 60,75 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \\ = \frac{360,00}{0,8 \cdot 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

8.2 Detail 2 – Rámový roh

8.2.1 Momentový přípoj příčle ke sloupu



Návrh a posouzení koutových svarů

Svary se konzervativně navrhnou na plnou únosnost průřezů

Svar čelní desky a tažené pásnice příčle

$$a_{w,1} \geq t_f * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} * \frac{\beta_w * \gamma_{M2}}{f_u * \sqrt{2}} = 14,6 * \frac{355,00}{1,0} * \frac{0,9 * 1,25}{490,00 * \sqrt{2}} = 8,4 \text{ mm}$$

$$a_{w,1} = 9,0 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a tlačené pásnice

Svar čelní desky a tlačené pásnice lze navrhnout pouze konstrukční, je-li tlak přenášen kontaktem. Pro přenos kontaktem je nutné provést úpravu styčné plochy.

$$a_{w,2} = 5,0 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a stojiny příčle

$$a_{w,3} \geq t_w * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} * \frac{\beta_w * \gamma_{M2}}{f_u * \sqrt{2}} = 9,4 * \frac{355,00}{1,0} * \frac{0,9 * 1,25}{490,00 * \sqrt{2}} = 5,4 \text{ mm}$$

$$a_{w,3} = 6,0 \text{ mm}$$

Svar výztuhy a stojiny sloupu

Svar bude navržen se stejnou výškou jako svar čelní desky a stojiny příčle.

$$a_{w,4} = 6,0 \text{ mm}$$

Svar výztuhy a pásnice sloupu

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{h} = \frac{595,62 * 10^6}{600} = 992\,700 \text{ N}$$

Únosnost stěny sloupu v příčném tlaku

Převodní součinitel

$$\beta = 1,0$$

Redukční součinitel

$$\omega = \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 * \left(\frac{b_{\text{eff,c,wc}} * t_{\text{wc}}}{A_{\text{vc}}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3 * \left(\frac{315,7 * 13,5}{10\,320}\right)^2}} = 0,90$$

$$b_{\text{eff,c,wc}} = t_{\text{fb}} + 2 * \sqrt{2} * a_{\text{p}} + 5 * (t_{\text{fc}} + s) + s_{\text{p}} \\ = 14,6 + 2 * \sqrt{2} * 5,0 + 5 * (26,0 + 27,0) + 22,0 = 315,7 \text{ mm}$$

$$s = r_{\text{c}} = 27,0 \text{ mm}$$

$$s_{\text{p}} = t_{\text{p}} = 22,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A} + \frac{M_{\text{Ed}}}{I_{\text{y}}} * x = \frac{439\,550}{24\,160} + \frac{653,78 * 10^6}{1\,752,00 * 10^6} * 267,0 = 117,83 \text{ MPa} \\ \leq 0,7 * f_{\text{y,wc}} = 0,7 * 235,00 = 164,50 \text{ MPa}$$

$$k_{\text{wc}} = 1,0$$

$$a_{\text{w},5} = 6,0 \text{ mm}$$

$$F_{\text{t,wc,Rd}} = \frac{\omega * k_{\text{wc}} * b_{\text{eff,c,wc}} * t_{\text{wc}} * f_{\text{y,wc}}}{\gamma_{\text{M0}}} = \frac{0,90 * 1,0 * 315,7 * 13,5 * 235,00}{1,0} \\ = 901\,402 \text{ N}$$

$$F_{\text{Ed}} = N_{\text{Ed}} - F_{\text{t,wc,Rd}} = 992\,700 - 901\,402 = 91\,298 \text{ N}$$

$$\tau_{\parallel} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{we}} = \frac{F_{\text{Ed}}}{4 * l_{\text{w}} * a_{\text{w}}} = \frac{91\,298}{4 * 116,2 * 5} = 39,28 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{\text{we}}}{\sqrt{2}} = \frac{39,28}{\sqrt{2}} = 27,77 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_{\text{u}}}{\gamma_{\text{M2}}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{27,77^2 + 3 * (0,0^2 + 27,77^2)} = 55,54 \text{ MPa} \leq \frac{f_{\text{u}}}{\beta_{\text{w}} * \gamma_{\text{M2}}} \\ = \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Únosnost dílčích komponent

Výztuha stojiny sloupu

$$t_{\text{v}} = 15,0 \text{ mm} \approx t_{\text{f}} = 14,6 \text{ mm} - \text{tl. pásnice příčle}$$

Čelní deska

$$t_{\text{d}} = 22,0 \text{ mm} < t_{\text{f}} = 26,0 \text{ mm} - \text{tl. pásnice sloupu}$$

Výpočet únosnosti řady šroubů v tahu

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 353,0 * 1\,000,00}{1,25} = 254\,160 \text{ N}$$

Výpočet 1. řady šroubů

Stanovení únosnosti pásnice náhradního T - průřezu

$$c_1 = 0,8 * a_{w,1} * \sqrt{2} = 0,8 * 9,0 * \sqrt{2} = 10,2 \text{ mm}$$

$$m_2 = 45,4 - c_1 = 45,4 - 10,2 = 35,2 \text{ mm}$$

$$c_2 = 0,8 * a_{w,3} * \sqrt{2} = 0,8 * 6,0 * \sqrt{2} = 6,8 \text{ mm}$$

$$m = 56,0 - 6,8 = 49,2 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{49,2}{49,2 + 70,0} = 0,41$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{35,2}{49,2 + 70,0} = 0,30$$

$$\alpha = 7$$

Výpočet efektivní šířky pro náhradní T - průřez pro řadu šroubů pod taženou pásnicí

Řada šroubů působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = 2 * \pi * m = 2 * \pi * 49,2 = 309,1 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = \alpha * m = 7 * 49,2 = 344,4 \text{ mm}$$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = \pi * m + p = \pi * 49,2 + 82,0 = 236,6 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$\begin{aligned} l_{eff,nc} &= 0,5 * p + \alpha * m - (2 * m + 0,625 * e) \\ &= 0,5 * 82,0 + 7 * 49,2 - (2 * 49,2 + 0,625 * 70,0) = 243,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp} ; \min l_{eff,nc}) = \min(236,6 ; 243,3) = 236,6 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = \min(l_{eff,nc}) = \min(344,4 ; 243,3) = 243,3 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 * l_{eff,1} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 * 236,6 * 22,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 10,16 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 * l_{eff,2} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 * 243,3 * 22,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 10,45 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$n = \min(e ; 1,25 * m) = \min(70 ; 1,25 * 49,2 = 61,5) = 61,5 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí

Způsob porušení 1

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 * 10,16 * 10^6}{49,2} = 826 016 \text{ N}$$

Způsob porušení 2

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 * 10,45 * 10^6 + 61,5 * 2 * 254 160}{49,2 + 61,5} = 471 198 \text{ N}$$

Způsob porušení 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 * 254 160 = 508 320 \text{ N}$$

Únosnost 1. řady šroubů

$$F_{t,1,Rd} = \min(F_{t,a,Rd} ; F_{t,b,Rd} ; F_{t,c,Rd}) = \min(826 016 ; 471 198 ; 508 320) = 471 198 \text{ N}$$

Výpočet 2. řady šroubů

Stanovení únosnosti pásnice náhradního T - průřezu

$$m_2 = 82,0 \text{ mm}$$

$$c_2 = 0,8 * a_{w,3} * \sqrt{2} = 0,8 * 6,0 * \sqrt{2} = 6,8 \text{ mm}$$

$$m = 56,0 - 6,8 = 49,2 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{49,2}{49,2 + 70,0} = 0,41$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{82,0}{49,2 + 70,0} = 0,69$$

$$\alpha = 6$$

Výpočet efektivní šířky pro náhradní T - průřez pro vnitřní řadu šroubů

Řada šroubů působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{\text{eff,cp}} = 2 * \pi * m = 2 * \pi * 49,2 = 309,1 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{\text{eff,nc}} = 4 * m + 1,25 * e = 4 * 49,2 + 1,25 * 70,0 = 284,3 \text{ mm}$$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

Kruhové porušení

$$l_{\text{eff,cp}} = 2 * p = 2 * 82,0 = 164,0 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{\text{eff,nc}} = p = 82,0 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1}} = \min(\min l_{\text{eff,cp}} ; \min l_{\text{eff,nc}}) = \min(164,0 ; 82,0) = 82,0 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2}} = \min(l_{\text{eff,nc}}) = \min(284,3 ; 82,0) = 82,0 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff,1}} * t_{\text{fc}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 0,25 * 82,0 * 22,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 3,52 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{pl,2,Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff,2}} * t_{\text{fc}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 0,25 * 82,0 * 22,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 3,52 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$n = \min(e ; 1,25 * m) = \min(70 ; 1,25 * 49,2 = 61,5) = 61,5 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost vnitřní řady šroubů

Způsob porušení 1

$$F_{\text{t,a,Rd}} = \frac{4 * M_{\text{pl,1,Rd}}}{m} = \frac{4 * 3,52 * 10^6}{49,2} = 286 178 \text{ N}$$

Způsob porušení 2

$$F_{\text{t,b,Rd}} = \frac{2 * M_{\text{pl,2,Rd}} + n * \sum F_{\text{t,Rd}}}{m + n} = \frac{2 * 3,52 * 10^6 + 61,5 * 2 * 254 160}{49,2 + 61,5} = 345 995 \text{ N}$$

Způsob porušení 3

$$F_{\text{t,c,Rd}} = \sum F_{\text{t,Rd}} = 2 * 254 160 = 508 320 \text{ N}$$

Únosnost 2. řady šroubů

$$F_{t,2,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = \min(286\,178; 345\,995; 508\,320) = 286\,178 \text{ N}$$

Výpočet 3., 4. a 5. řady šroubů

3., 4., 5., a 6. řada šroubů mají shodnou únosnost jako 2. řada šroubů

$$F_{t,3,Rd} = F_{t,2,Rd} = 286\,178 \text{ N}$$

$$F_{t,4,Rd} = F_{t,2,Rd} = 286\,178 \text{ N}$$

$$F_{t,5,Rd} = F_{t,2,Rd} = 286\,178 \text{ N}$$

$$F_{t,6,Rd} = F_{t,2,Rd} = 286\,178 \text{ N}$$

Výpočet 6. řady šroubů – smyková únosnost

Pro přenos smykové síly bude použita 6. řada šroubů, která konzervativně nebude uvažována pro výpočet momentové únosnosti.

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu – smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 353,0 * 1\,000,00}{1,25} = 169\,440 \text{ N}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 * 1,0 * 24,0 * 22,0 * 490,00}{1,25} = 517\,440 \text{ N}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{79,6}{3 * 26,0} \\ \frac{1\,000,00}{490,00} \\ 1,0 \end{array} \right\} = 1,0$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{70,0}{26,0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = 2,50$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = 2 * \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 * \min(169\,440; 517\,440) = 2 * 169\,440 = 338\,880 \text{ N} \\ \geq V_{Ed} = 136\,740 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Únosnost základních komponent

Únosnost pásnice příčně v tlaku

- Třída oceli náběhu odpovídá třídě oceli nosníku
- Pásnice a tloušťka stojiny náběhu nejsou menší než u nosníku

- Úhel mezi pásnicí náběhu a pásnicí nosníku není větší než 45°

$$M_{c,Rd} = f_{yk} * W_{pl,y} = 355,00 * 2\,692,67 * 10^3 = 955,90 * 10^6 \text{ Nmm}$$

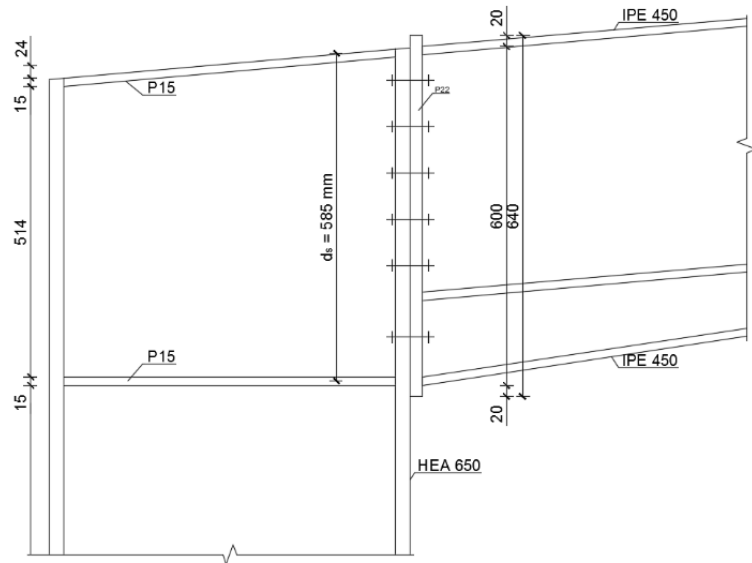
$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{(h - t_{fb})} = \frac{955,90 * 10^6}{(600,0 - 14,6)} = 1\,632\,900 \text{ N}$$

$$F_{c,fb,Rd} = 1\,632\,900 \text{ N} \geq \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd} = 471\,198 + 4 * 286\,178 = 1\,615\,910 \text{ N}$$

Podmínka vyhovuje

Únosnost stěny sloupu
ve smyku

Ověření podmínky pro
štíhlost stěny sloupu



$$\frac{d_c}{t_w} = \frac{534,0}{13,5} = 39,56 \leq 69,00 * \epsilon = 69,00 * 1,00 = 69,00 \dots \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost sloupu vyztužené stěny ve smyku

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 * f_{yd} * A_V^{HEA}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} + V_{wp,add,Rd} = \frac{0,9 * 235,00 * 10\,320}{\sqrt{3} * 1,0} + 54\,383$$

$$= 1\,260\,170 + 54\,383 = 1\,314\,553 \text{ N}$$

Příspěvek příčných výztuh a pásnic sloupu

$$V_{wp,add,Rd} = \min \left(\frac{4 * M_{pl,fc,Rd}}{d_s} ; \frac{2 * M_{pl,fc,Rd} + 2 * M_{pl,st,Rd}}{d_s} \right)$$

$$= \min \left(\frac{4 * 11,91 * 10^6}{585,0} ; \frac{2 * 11,91 * 10^6 + 2 * 3,97 * 10^6}{585,0} \right)$$

$$= \min(81\,575 ; 54\,383) = 54\,383 \text{ N}$$

$$M_{pl,fc,Rd} = 0,25 * b * t_f^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 * 26,0^2 * 300 * \frac{235,00}{1,0} = 11,91 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,st,Rd} = 0,25 * b_{st} * t_{st}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 * 15,0^2 * 300 * \frac{235,00}{1,0} = 3,97 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$V_{wp,Rd} = 1\,314\,553\text{ N} \geq \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd} = 1\,632\,900\text{ N}$$

Podmínka únosnosti stěny sloupu ve smyku nebyla splněna, ke stěně sloupu bude jednostranně přivařen plech tloušťky 6 mm.

$$\begin{aligned} V_{wp,Rd} &= \frac{0,9 * f_{yd} * (A_v^{HEA} + t_p * d_p)}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} + V_{wp,add,Rd} \\ &= \frac{0,9 * 235,00 * (10\,320 + 520 * 6)}{\sqrt{3} * 1,0} + 56\,323 = 1\,641\,152 + 54\,383 \\ &= 1\,695\,535\text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{wp,Rd} = 1\,695\,535\text{ N} \geq \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd} = 1\,632\,900\text{ N}$$

Rozdělení sil a momentová únosnost

Plastické rozdělení sil lze uvažovat v případě, že byly splněny předchozí podmínky a současně

$$F_{t,i,Rd} \leq 1,9 * F_{t,Rd}$$

$$F_{t,1,Rd} = 471\,198\text{ N} \leq 1,9 * F_{t,Rd} = 1,9 * 254\,160 = 482\,904\text{ N}$$

Podmínka vyhovuje.

$$F_{t,2,Rd} = 286\,178\text{ N} \leq 1,9 * F_{t,Rd} = 1,9 * 254\,160 = 482\,904\text{ N}$$

Podmínka vyhovuje

řada	únosnost řady	rameno h_i
	[N]	[mm]
1	471 198	532,7
2	286 178	450,7
3	286 178	368,7
4	286 178	286,7
5	286 178	204,7
Celkem	1 615 910	

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= \sum F_{t,i,Rd} * h_i = 471\,198 * 532,7 + 286\,178 * (450,7 + 368,7 + 286,7 + 204,7) \\ &= 626,13 * 10^6\text{ Nmm} \geq M_{Rd} = 595,62 * 10^6\text{ Nmm} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Styčnick je kromě momentu namáhán osovou silou, tu však lze při návrhu styčnicku zanedbat, pokud nepřekročí 10% únosnosti v tlaku připojovaného nosníku.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{N_{Ed}}{\frac{A * f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{120\,980}{\frac{9\,882 * 355,00}{1,0}} = 0,03$$

Podmínka vyhovuje, osovou sílu lze při návrhu přípoje zanedbat.

8.2.2 Kloubový přípoj IPE 180 na sloup

Svar IPE 180 a čelní desky

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 * I_w * a_w} = \frac{16\,200}{2 * 130,0 * 3} = 20,80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{2 * I_w * a_w} = \frac{30\,430}{2 * 130,0 * 3} = 39,36 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{39,36}{\sqrt{2}} = 27,83 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 490,00}{1,25} = 352,80 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &= \sqrt{27,83^2 + 3 * (27,83^2 + 20,80^2)} = 79,02 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \\ &= \frac{490,00}{0,9 * 1,25} = 435,55 \text{ MPa} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Čelní deska v tahu

Výpočet únosnosti řady šroubů v tahu

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 157,0 * 800,00}{1,25} = 90\,432 \text{ N}$$

Výpočet 1. řady šroubů

Stanovení únosnosti pásnice náhradního T – průřezu

$$c_2 = 0,8 * a_{w,3} * \sqrt{2} = 0,8 * 3,0 * \sqrt{2} = 3,4 \text{ mm}$$

$$m = 57,3 - 3,4 = 53,9 \text{ mm}$$

Výpočet efektivní šířky pro náhradní T – průřez pro koncovou řadu šroubů

Řada šroubů působí samostatně

Kruhové porušení

Menší z:

$$l_{eff,cp} = 2 * \pi * m = 2 * \pi * 53,9 = 338,6 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,cp}} = \pi * m + 2 * e_1 = \pi * 53,9 + 2 * 40,0 = 249,33 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

Menší z:

$$l_{\text{eff,nc}} = 4 * m + 1,25 * e = 4 * 53,9 + 1,25 * 30,0 = 253,1 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc}} = 2 * m + 0,625 * e + e_1 = 2 * 53,9 + 0,625 * 30,0 + 40,0 = 166,5 \text{ mm}$$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

Kruhové porušení

Menší z:

$$l_{\text{eff,cp}} = \pi * m + p = \pi * 53,9 + 50,0 = 219,3 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,cp}} = 2 * e_1 + p = 2 * 40,0 + 50,0 = 130,0 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{\text{eff,nc}} = 2 * m + 0,625 * e + 0,5 * p = 2 * 53,9 + 0,625 * 30,0 + 0,5 * 50,0 = 151,6 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,nc}} = e_1 + 0,5 * p = 40,0 + 0,5 * 50,0 = 65,0$$

$$l_{\text{eff,1}} = \min(\min l_{\text{eff,cp}} ; \min l_{\text{eff,nc}}) = \min(130,0 ; 65,0) = 65,0 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2}} = \min(l_{\text{eff,nc}}) = \min(166,5 ; 65,0) = 65,0 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff,1}} * t_{\text{fc}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 0,25 * 65,0 * 10,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 0,58 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{pl,2,Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff,2}} * t_{\text{fc}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 0,25 * 65,0 * 10,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 0,58 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$n = \min(e ; 1,25 * m) = \min(30,0 ; 1,25 * 53,9 = 67,4) = 30,0 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost koncové řady šroubů

Způsob porušení 1

$$F_{\text{t,a,Rd}} = \frac{4 * M_{\text{pl,1,Rd}}}{m} = \frac{4 * 0,58 * 10^6}{53,9} = 42 810 \text{ N}$$

Způsob porušení 2

$$F_{\text{t,b,Rd}} = \frac{2 * M_{\text{pl,2,Rd}} + n * \sum F_{\text{t,Rd}}}{m + n} = \frac{2 * 0,58 * 10^6 + 30,0 * 2 * 90 432}{53,9 + 30,0} = 78 497 \text{ N}$$

Způsob porušení 3

$$F_{\text{t,c,Rd}} = \sum F_{\text{t,Rd}} = 2 * 90 432 = 180 864 \text{ N}$$

Únosnost 1. řady šroubů

$$F_{t,1,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = \min(42\,810; 78\,497; 180\,864) = 42\,810 \text{ N}$$

Výpočet 2. řady šroubů

2. řada šroubů má shodnou únosnost jako 1. řada šroubů

$$F_{t,2,Rd} = F_{t,1,Rd} = 42\,810 \text{ N}$$

$$F_{t,Rd} = F_{t,1,Rd} + F_{t,2,Rd} = 2 * 42\,810 = 85\,620 \text{ N} \geq N_{Ed} = 30\,430 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Únosnost spoje ve smyku

Únosnost jednoho šroubu ve střihu – smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 157,0 * 800,00}{1,25} = 60\,288 \text{ N}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 * 0,74 * 16,0 * 10,0 * 490,00}{1,25} = 85\,248 \text{ N}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{40,0}{3 * 18,0} \\ \frac{800,00}{490,00} \\ 1,0 \end{array} \right\} = 0,74$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{30,0}{18,0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = 2,50$$

Únosnost šroubů ve smyku

$$V_{Rd} = 4 * \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 * \min(60\,288; 85\,248) = 4 * 60\,288 = 241\,120 \text{ N} \\ \geq V_{Ed} = 16\,200 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Únosnost šroubů v na kombinaci tah + střih

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 * F_{t,Rd}} = \frac{16\,200}{241\,120} + \frac{0,5 * 42\,810}{1,4 * 90\,432} = 0,07 + 0,17 = 0,24$$

Vyhovuje

Únosnost oslabeného průřezu ve smyku

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{b * h} = \frac{16\,200}{5,3 * 130} = 23,51 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{Ed}}{\frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}} = \frac{23,51}{\frac{355,00}{\sqrt{3} * 1,0}} = 0,11 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

8.2.3 Přípoj ztužidla

vzpěra

$$N_{Ed,1} = 13\,050 \text{ N}$$

střešní ztužidlo

$$N_{Ed,2} = 25\,256 \text{ N}$$

Šroubovaný přípoj styčnickových plechů

Návrh M16 8.8

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu – smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 157,0 * 800,00}{1,25} = 60\,288 \text{ N}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,72 * 0,40 * 16,0 * 10,0 * 360,00}{1,25} = 31\,703 \text{ N}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{22,0}{3 * 18,0} \\ \frac{800,00}{360,00} \\ 1,0 \end{array} \right\} = 0,40$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{22,0}{18,0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = 1,72$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = 2 * \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 * \min(60\,288; 31\,703) = 2 * 31\,703 = 63\,406 \text{ N} \\ \geq \max N_{Ed} = 25\,256 \text{ N}$$

Posouzení styčnickového plechu

Průřez 85 x 10 mm

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{85 * 10^3}{12} = 7\,083 \text{ mm}^4$$

$$A = b * h = 10 * 85 = 850 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{7\,083}{850}} = 2,88 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{240 * 2}{2,88 * 93,90} = 1,77$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,77 - 0,2) + 1,77^2] = 2,45$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,45 + \sqrt{2,45^2 - 1,77^2}} = 0,24$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 850 * 235,00 = 199\,750 \text{ N}$$

$$\frac{\max N_{Ed}}{\gamma_{M1} * N_{Rk}} = \frac{25\,256}{1,0 * 199\,750} = 0,126 \leq 1$$

VYHOVUJE

Svar styčnickového plechu a vazníku

$$F_{x,Ed} = N_{Ed,2} * \cos \alpha + N_{Ed,2} * \cos \beta = 25\,256 * \cos 66 + 25\,256 * \cos 50 = 26\,506 \text{ N}$$

$$F_{y,Ed} = N_{Ed,2} * \sin \alpha + N_{Ed,2} * \sin \beta + N_{Ed,1} \\ = 25\,256 * \sin 66 + 25\,256 * \sin 50 + 13\,050 = 55\,470 \text{ N}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{x,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{26\,506}{2 * 200,0 * 3} = 22,09 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{F_{y,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{55\,470}{2 * 200,0 * 3} = 46,23 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{46,23}{\sqrt{2}} = 32,69 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{32,69^2 + 3 * (32,69^2 + 22,09^2)} = 75,75 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \\ = \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

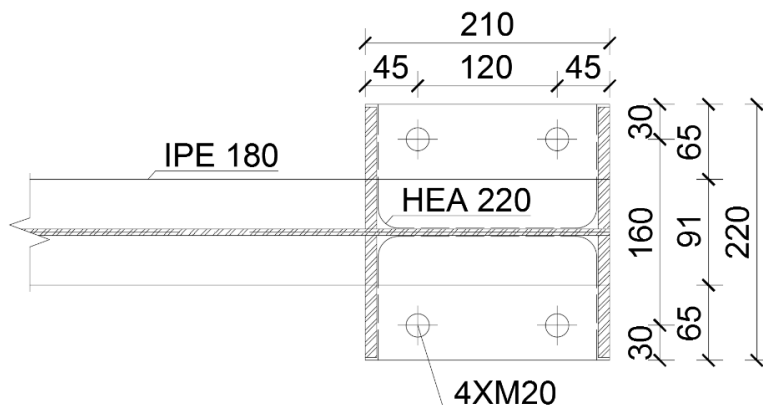
8.3 Detail 3 - Rámový roh – administrativní část

Svar IPE 180 a čelní desky

Napětí ve svarech

$$A_{we} = 2 * 7 * 210,0 = 2\,940 \text{ mm}^2$$

$$I_{we} = \frac{2 * 7}{12} * 210,0^3 = 10,80 * 10^6 \text{ mm}^4$$



$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}^{IPE}}{A_{we}} = \frac{30\,430}{2\,940} = 10,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{M_{Ed} * x_i}{I_{we}} + \frac{V_{Ed}^{IPE}}{A_{we}} = \frac{29,65 * 10^6 * 105}{10,80 * 10^6} + \frac{16\,200}{2\,940} = 288,26 + 5,51 = 293,77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{293,77}{\sqrt{2}} = 207,73 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 490,00}{1,25} = 352,80 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{207,73^2 + 3 * (207,73^2 + 10,35^2)} = 415,85 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490,00}{0,9 * 1,25} = 435,55 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Čelní deska HEA 220

Návrh a posouzení koutových svarů

Svary se konzervativně navrhnou na plnou únosnost průřezů

Svar čelní desky a tažené pásnice sloupu

$$a_{w,1} \geq t_f * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} * \frac{\beta_w * \gamma_{M2}}{f_u * \sqrt{2}} = 11,0 * \frac{235,00}{1,0} * \frac{0,8 * 1,25}{360,00 * \sqrt{2}} = 5,1 \text{ mm}$$

$$a_{w,1} = 6,0 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a tlačené pásnice

Svar čelní desky a tlačené pásnice lze navrhnout pouze konstrukční, je-li tlak přenášen kontaktem. Pro přenos kontaktem je nutné provést úpravu styčné plochy. Zjednodušeně bude svar navržen se stejnou tloušťkou jako u horní pásnice.

$$a_{w,2} = 6,0 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a stojiny sloupu

$$a_{w,3} \geq t_w * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} * \frac{\beta_w * \gamma_{M2}}{f_u * \sqrt{2}} = 7,0 * \frac{235,00}{1,0} * \frac{0,8 * 1,25}{360,00 * \sqrt{2}} = 3,2 \text{ mm}$$

$$a_{w,3} = 4,0 \text{ mm}$$

Únosnost dílčích komponent

Čelní deska

$$t_d = 18,0 \text{ mm}$$

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 245,0 * 1\,000,00}{1,25} = 176\,400 \text{ N}$$

Výpočet 1. řady šroubů

Stanovení únosnosti pásnice náhradního T - průřezu

$$c_1 = 0,8 * a_{w,1} * \sqrt{2} = 0,8 * 6,0 * \sqrt{2} = 6,8 \text{ mm}$$

$$m_2 = 39,0 - c_1 = 39,0 - 6,8 = 32,2 \text{ mm}$$

$$c_2 = 0,8 * a_{w,3} * \sqrt{2} = 0,8 * 4,0 * \sqrt{2} = 4,5 \text{ mm}$$

$$m = 76,5 - 4,5 = 72,0 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{72,0}{72,0 + 30,0} = 0,70$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{32,2}{72,0 + 30,0} = 0,32$$

$$\alpha = 5,5$$

Výpočet efektivní šířky pro náhradní T - průřez pro řadu šroubů pod taženou pásnicí

Řada šroubů působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = 2 * \pi * m = 2 * \pi * 72,0 = 452,4 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = \alpha * m = 5,5 * 72,0 = 396,0 \text{ mm}$$

Řada šroubů uvažována jako součást skupiny šroubů

Kruhové porušení

$$l_{\text{eff,cp}} = \pi * m + p = \pi * 72,0 + 110,0 = 336,2 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{\text{eff,nc}} = 0,5 * p + \alpha * m - (2 * m + 0,625 * e) \\ = 0,5 * 110,0 + 5,5 * 72,0 - (2 * 72,0 + 0,625 * 30,0) = 288,3 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1}} = \min(\min l_{\text{eff,cp}} ; \min l_{\text{eff,nc}}) = \min(336,2 ; 288,3) = 288,3 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2}} = \min(l_{\text{eff,nc}}) = \min(396,0 ; 288,3) = 288,3 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff,1}} * t_{\text{fc}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 0,25 * 288,3 * 18,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 8,29 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{pl,2,Rd}} = 0,25 * l_{\text{eff,2}} * t_{\text{fc}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 0,25 * 288,3 * 18,0^2 * \frac{355,00}{1,0} = 8,29 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$n = \min(e ; 1,25 * m) = \min(30 ; 1,25 * 72,0 = 90,0) = 30,0 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí

Způsob porušení 1

$$F_{\text{t,a,Rd}} = \frac{4 * M_{\text{pl,1,Rd}}}{m} = \frac{4 * 8,29 * 10^6}{72,0} = 460 555 \text{ N}$$

Způsob porušení 2

$$F_{\text{t,b,Rd}} = \frac{2 * M_{\text{pl,2,Rd}} + n * \sum F_{\text{t,Rd}}}{m + n} = \frac{2 * 8,29 * 10^6 + 30,0 * 2 * 176 400}{72,0 + 30,0} = 266 313 \text{ N}$$

Způsob porušení 3

$$F_{\text{t,c,Rd}} = \sum F_{\text{t,Rd}} = 2 * 176 400 = 352 800 \text{ N}$$

Únosnost 1. řady šroubů

$$F_{\text{t,1,Rd}} = \min(F_{\text{t,a,Rd}} ; F_{\text{t,b,Rd}} ; F_{\text{t,c,Rd}}) = \min(460 555 ; 266 313 ; 352 800) = 266 313 \text{ N}$$

Výpočet 2. řady šroubů

2. řada šroubů má shodnou únosnost jako 1. řada šroubů

$$F_{\text{t,2,Rd}} = F_{\text{t,1,Rd}} = 266 313 \text{ N}$$

Únosnost spoje ve smyku

Únosnost jednoho šroubu ve střihu – smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 245,0 * 1\,000,00}{1,25} = 117\,600 \text{ N}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,12 * 0,45 * 20,0 * 15,0 * 490,00}{1,25} = 112\,190 \text{ N}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{30,0}{3 * 22,0} \\ \frac{1\,000,00}{490,00} \\ 1,0 \end{array} \right\} = 0,45$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{30,0}{22,0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = 2,12$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = 2 * \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 * \min(117\,600; 112\,190) = 2 * 112\,190 = 224\,380 \text{ N} \\ \geq N_{Ed}^{IPE} = 30\,430 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Únosnost šroubů na kombinaci tah + střih

$$\frac{N_{Ed}^{IPE}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 * F_{t,Rd}} = \frac{30\,430}{112\,190} + \frac{0,5 * 266\,313}{1,4 * 176\,400} = 0,27 + 0,54 = 0,81$$

VYHOVUJE

Únosnost základních komponent

Únosnost pásnice sloupu v tlaku

$$M_{c,Rd} = f_{yk} * W_{pl,y} = 235,00 * 568,5 * 10^3 = 133,60 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{(h - t_{fc})} = \frac{133,60 * 10^6}{(210,0 - 11,0)} = 671\,356 \text{ N}$$

$$F_{c,fc,Rd} = 671\,356 \text{ N} \geq \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd} = 2 * 266\,313 = 532\,626 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Únosnost stěny příčle ve smyku

Ověření podmínky pro štíhlost stěny příčle

$$\frac{d_c}{t_w} = \frac{146,0}{5,3} = 27,54 \leq 69,00 * \varepsilon = 69,00 * 0,81 = 55,89 \dots \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost vyztužené stěny příčle ve smyku

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 * f_{yd} * A_V^{IPE}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} + V_{wp,add,Rd} = \frac{0,9 * 355,00 * 1\,125}{\sqrt{3} * 1,0} + 20\,400$$

$$= 207\,521 + 20\,400 = 227\,921 \text{ N}$$

Příspěvek příčných výztuh a pásnic příčle

$$V_{wp,add,Rd} = \min\left(\frac{4 * M_{pl,fc,Rd}}{d_s}; \frac{2 * M_{pl,fc,Rd} + 2 * M_{pl,st,Rd}}{d_s}\right)$$

$$= \min\left(\frac{4 * 1,02 * 10^6}{200,0}; \frac{2 * 1,02 * 10^6 + 2 * 1,59 * 10^6}{200,0}\right)$$

$$= \min(20\,400; 26\,100) = 20\,400 \text{ N}$$

$$M_{pl,fc,Rd} = 0,25 * b * t_f^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 * 8,0^2 * 180 * \frac{355,00}{1,0} = 1,02 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,st,Rd} = 0,25 * b_{st} * t_{st}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 * 10,0^2 * 180 * \frac{355,00}{1,0} = 1,59 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$V_{wp,Rd} = 227\,921 \text{ N} \geq \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd} = 532\,626 \text{ N}$$

Podmínka únosnosti stěny sloupu ve smyku nebyla splněna, ke stěně příčle bude přivařena diagonální výztuha o tloušťce 5 mm.

$$F_{Ed} = \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd} * \cos \alpha = 532\,626 * \cos 52 = 327\,917 \text{ N}$$

Náhradní průřez

$$I_y = 1\,039\,914 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 260\,192 \text{ mm}^4$$

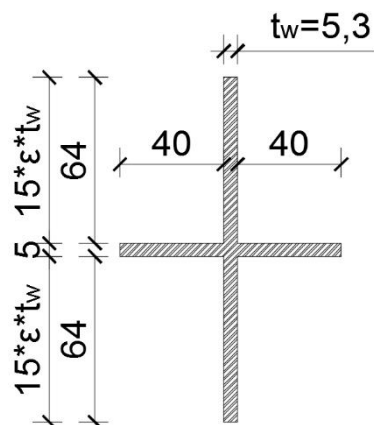
$$A = 1\,104 \text{ mm}^2$$

Vybočení kolmo k ose z

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{260\,192}{1\,104}} = 15,35 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{250}{15,35 * 76,06} = 0,22$$



$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,22 - 0,2) + 0,22^2] = 0,53$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,53 + \sqrt{0,53^2 - 0,22^2}} = 0,98$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1\,104 * 355,00 = 391\,920 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{327\,917}{0,98 * 391\,920} = 0,85 \leq 1$$

$$\frac{1}{\gamma_{M1}} = 1,0$$

VYHOVUJE

Rozdělení sil a momentová únosnost

Plastické rozdělení sil lze uvažovat v případě, že byly splněny předchozí podmínky a současně

$$F_{t,i,Rd} \leq 1,9 * F_{t,Rd}$$

$$F_{t,1,Rd} = 266\,313 \text{ N} \leq 1,9 * F_{t,Rd} = 1,9 * 176\,400 = 335\,160 \text{ N}$$

Podmínka vyhovuje.

$$F_{t,2,Rd} = 266\,313 \text{ N} \leq 1,9 * F_{t,Rd} = 1,9 * 176\,400 = 335\,160 \text{ N}$$

Podmínka vyhovuje

řada	únosnost řady	rameno h_i
	[N]	[mm]
1	266 313	154,5
2	266 313	44,5
Celkem	532 626	

$$M_{Rd} = \sum F_{t,i,Rd} * h_i = 266\,313 * 154,5 + 266\,313 * 44,5 = 52,60 * 10^6 \text{ Nmm} \geq M_{Rd}$$

$$= 29,65 * 10^6 \text{ Nmm}$$

VYHOVUJE

Styčnick je kromě momentu namáhán osovou silou, tu však lze při návrhu styčnicku zanedbat, pokud nepřekročí 10% únosnosti v tlaku připojovaného nosníku.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A * f_y} = \frac{112\,580}{6\,434 * 235,00} = 0,07$$

$$\frac{1}{\gamma_{M0}} = 1,0$$

Podmínka vyhovuje, osovou sílu lze při návrhu přípoje zanedbat.

8.4 Detail 4 - Kluzné uložení sloupu štítové stěny

Svar čelní desky a IPE 450

$$\tau_{\parallel} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{V_{Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{17\,940}{2 * 160,0 * 4} = 14,02 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{14,02}{\sqrt{2}} = 9,91 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{9,91^2 + 3 * (9,91^2 + 0,0^2)} = 19,82 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$= \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Čelní deska v tahu

Výpočet únosnosti řady šroubů v tahu

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 157,0 * 800,00}{1,25} = 90\,432 \text{ N}$$

Výpočet 1. řady šroubů

Stanovení únosnosti pásnice náhradního T - průřezu

$$c_2 = 0,8 * a_{w,3} * \sqrt{2} = 0,8 * 4,0 * \sqrt{2} = 4,5 \text{ mm}$$

$$m = 55,0 - 4,5 = 51,5 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = 19,0 + 19,0 = 38,0 \text{ mm}$$

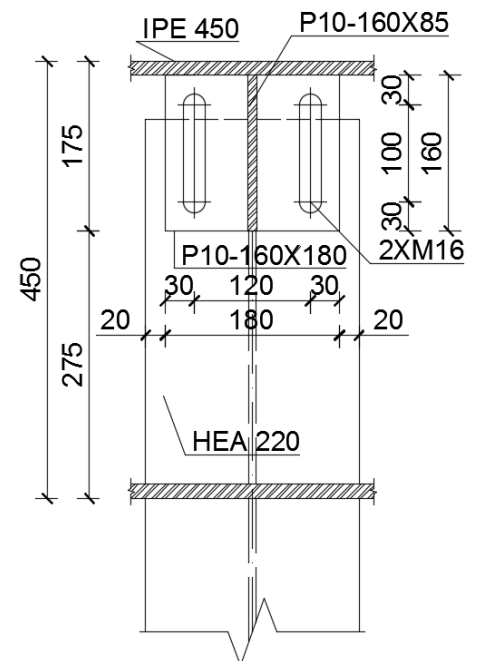
$$M_{pl,Rd} = 0,25 * l_{eff} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 * 38,0 * 10,0^2 * \frac{235,00}{1,0} = 0,28 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$n = \min(e; 1,25 * m) = \min(30,0; 1,25 * 51,5 = 64,4) = 30,0 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost koncové řady šroubů

Způsob porušení 1

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 * 0,28 * 10^6}{51,5} = 21\,747 \text{ N}$$



Způsob porušení 2

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 * 0,28 * 10^6 + 30,0 * 2 * 90\,432}{51,5 + 30,0} = 73\,446 \text{ N}$$

Způsob porušení 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 * 90\,432 = 180\,864 \text{ N}$$

Únosnost 1. řady šroubů

$$F_{t,1,Rd} = \min(F_{t,a,Rd} ; F_{t,b,Rd} ; F_{t,c,Rd}) = \min(21\,747 ; 73\,446 ; 180\,864) = 21\,747 \text{ N} \\ \geq V_{Ed} = 17\,940 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Posouzení styčnickového plechu

Průřez 160 x 10 mm

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{160 * 10^3}{12} = 13\,333 \text{ mm}^4$$

$$A = b * h = 10 * 160 = 1\,600 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{13\,333}{1\,600}} = 2,88 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{85,0 * 2}{2,88 * 93,90} = 0,63$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,63 - 0,2) + 0,63^2] = 0,80$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,80 + \sqrt{0,80^2 - 0,63^2}} = 0,77$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1\,600 * 235,00 = 376\,000 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{17\,940}{0,77 * 376\,000} = 0,07 \leq 1 \\ \gamma_{M1} \quad 1,0$$

VYHOVUJE

8.5 Detail 5A - Příklad styčnického ztužidla

$$N_{Ed,1} = 81\,543\text{ N}$$

$$N_{Ed,2} = 13\,050\text{ N}$$

$$N_{Ed,3} = 28\,565\text{ N}$$

Příklad styčnickového plechu k TR 140x5,0

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed,1}}{4 * l_w * a_w} = \frac{81\,543}{4 * 40,0 * 3} = 169,88\text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0,0$$

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &= \sqrt{0,0^2 + 3 * (0,0^2 + 169,88^2)} = 294,24\text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \\ &= \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00\text{ MPa} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Šroubovaný přípoj styčnickových plechů

Návrh M16 8.8

Únosnost jednoho šroubu ve střihu – smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 157,0 * 800,00}{1,25} = 60\,288\text{ N}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 * 0,74 * 16,0 * 12,0 * 360,00}{1,25} = 102\,297\text{ N}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{40,0}{3 * 18,0} \\ \frac{800,00}{360,00} \\ 1,0 \end{array} \right\} = 0,74$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{40,0}{18,0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = 2,50$$

Únosnost ve smyku

$$\begin{aligned} V_{Rd} &= 2 * \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 * \min(60\,288; 102\,297) = 2 * 60\,288 = 120\,576\text{ N} \\ &\geq N_{Ed,1} = 81\,543\text{ N} \end{aligned}$$

Posouzení styčnickového plechu

Průřez 155 x 12 mm

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{155 * 12^3}{12} = 22\,320 \text{ mm}^4$$

$$A = b * h = 12 * 155 = 1\,860 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{22\,320}{1\,860}} = 3,46 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{330,0 * 2}{3,46 * 93,90} = 1,48$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,48 - 0,2) + 1,48^2] = 1,90$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,90 + \sqrt{1,90^2 - 1,48^2}} = 0,32$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1\,860 * 235,00 = 437\,100 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{81\,543}{0,32 * 437\,100} = 0,58 \leq 1$$

VYHOVUJE

Svar styčníkového plechu a sloupu

$$F_{x,Ed} = N_{Ed,1} * \cos \alpha + N_{Ed,3} * \cos \beta = 81\,543 * \cos 39 + 28\,565 * \cos 69 = 73\,608 \text{ N}$$

$$F_{y,Ed} = N_{Ed,2} * \sin \alpha + N_{Ed,3} * \sin \beta + N_{Ed,2} \\ = 81\,543 * \sin 39 + 28\,565 * \sin 69 + 13\,050 = 91\,034 \text{ N}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{x,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{73\,608}{2 * 380,0 * 3} = 32,28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{F_{y,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{91\,034}{2 * 380,0 * 3} = 39,93 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{39,93}{\sqrt{2}} = 28,23 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{28,23^2 + 3 * (28,23^2 + 32,28^2)} = 79,46 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \\ = \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

8.6 Detail 5B - Uložení jeřábové dráhy na sloup

8.6.1 Vnitřní síly

$$F_{y,k} = H_{L,1} = 6,40 \text{ kN}$$

$$V_{1,c,k,z} = V_{1,k,z} + V_{g,k,z} = 114,20 + \frac{1}{2} * 1,35 * 6,1 = 118,32 \text{ kN}$$

$$F_{1,k} = Q_{r,max} + Q_{H,r,max} = 37,80 + 48,20 = 86,00 \text{ kN}$$

$$R_{b,z,k} = \frac{F_{1,k} * \left(\frac{l}{2} + \frac{a}{4} - a\right) + F_{1,k} * \left(\frac{l}{2} + \frac{a}{4}\right)}{l} \\ = \frac{86,00 * \left(\frac{6,1}{2} + \frac{4,0}{4} - 4,0\right) + 86,00 * \left(\frac{6,1}{2} + \frac{4,0}{4}\right)}{6,1} = 57,80 \text{ kN}$$

$$V_{1,k,z} = -R_{b,z,k} + 2 * F_{1,k} = -57,80 + 2 * 86,00 = 114,20 \text{ kN}$$

$$F_{z,k} = V_{1,z,k} = \frac{H_{L,1} * z}{l} + V_{1,c,k,z} = \frac{6,4 * 415}{6100} + 118,32 = 0,44 + 118,32 \\ = 118,76 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * l = 13,00 * 0,7 = 9,10 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * l = 180,50 * 0,7 = 126,35 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = V_{1,z,Ed} = 180,50 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = H_{L,d} = 13,00 \text{ kN}$$

8.6.2 Konzola

Navrhuji průřez HEA 280

Zatřídění průřezu

Stojina - ohýbaná část

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235,00}{f_y}} = \sqrt{\frac{235,00}{355,00}} = 0,81$$

$$\frac{c}{t} = \frac{196,0}{8,0} = 24,50 \leq 72 * \varepsilon = 72 * 0,81 = 58,32$$

Stojina třídy 1

Pásnice - tlačená část

$$\frac{c}{t} = \frac{112,0}{13,0} = 8,62 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,29$$

NEPLATÍ

$$\frac{c}{t} = \frac{112,0}{13,0} = 8,62 \leq 10 * \varepsilon = 10 * 0,81 = 8,10$$

NEPLATÍ

$$\frac{c}{t} = \frac{112,0}{13,0} = 8,62 \leq 14 * \varepsilon = 14 * 0,81 = 11,34$$

Navržený průřez HEA 280 klasifikuji jako třídu průřezu 3.

Posouzení

$$M_{y,Rk} = f_{yk} * W_{el,y} = 355,00 * 1\,013,0 * 10^3 = 359,62 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{z,Rk} = f_{yk} * W_{el,z} = 355,00 * 340,0 * 10^3 = 120,70 * 10^6 \text{ Nm}$$

Klopení

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{355,00 * 1\,013,0 * 10^3}{6737,0 * 10^6}} = 0,23$$

$$\begin{aligned} \Phi_{LT} &= 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2] \\ &= 0,5 * [1 + 0,49 * (0,23 - 0,4) + 0,75 * 0,23^2] = 0,48 \end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,48 + \sqrt{0,48^2 - 0,75 * 0,23^2}} = 1,09 \leq 1,0$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} * \gamma_{M1}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} * \gamma_{M1}} = \frac{126,35 * 10^6}{1,0 * 359,62 * 10^6} + \frac{9,10 * 10^6}{120,70 * 10^6} = 0,35 + 0,08 = 0,43 \leq 1$$

VYHOVUJE

Smyk za ohybu

$$V_{pl,z} = \frac{A_{v,z} * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{3\,174 * 355,00}{1,0 * \sqrt{3}} = 650\,540 \text{ N} \geq V_{z,Ed} = 180\,500 \text{ N}$$

$$V_{pl,z} = 650\,540 \text{ N} \geq 2 * V_{z,Ed} = 2 * 180\,500 \text{ N} = 361\,000 \text{ N} \dots \text{malý smyk}$$

VYHOVUJE

$$V_{pl,y} = \frac{A_{v,y} * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{7\,536 * 355,00}{1,0 * \sqrt{3}} = 1\,544\,573 \text{ N} \geq V_{y,Ed} = 13\,000 \text{ N}$$

$$V_{pl,y} = 1\,544\,573 \text{ N} \geq 2 * V_{y,Ed} = 2 * 13\,000 \text{ N} = 26\,000 \text{ N} \dots \text{malý smyk}$$

VYHOVUJE

MSP

$$\delta_z = \frac{F_{z,k} * l^3}{3 * E * I_y} = \frac{118\,760 * 700^3}{3 * 210\,000 * 13\,670 * 10^4} = 0,5 \text{ mm}$$

$$\delta_y = \frac{F_{y,k} * l^3}{3 * E * I_y} = \frac{6\,400 * 700^3}{3 * 210\,000 * 4\,763 * 10^4} = 0,1 \text{ mm}$$

8.6.3 Přenos vodorovné reakce

$$N_{Ed} = V_{5,y,Ed} = 17,40 \text{ kN}$$

Návrh TR 38x2,6

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 289 * 235,00 = 67\,210 \text{ N}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,9$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{300}{12,5 * 93,9} = 0,26$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^{-2}] = 0,5 * [1 + 0,21 * (0,26 - 0,2) + 0,26^2] = 0,54$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,54 + \sqrt{0,54^2 - 0,26^2}} = 0,99$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{17\,400}{\frac{0,99 * 67\,210}{1,0}} = 0,26 \leq 1$$

VYHOVUJE

Návrh svaru vodorovného výztužného nosníku a plechu

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{4 * l_w * a_w} = \frac{17,40 * 10^3}{4 * 35,0 * 3} = 41,43 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0,0$$

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &= \sqrt{0,0^2 + 3 * (0,0^2 + 41,43^2)} = 71,76 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \\ &= \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Návrh svaru vodorovného výztužného nosníku a čelní desky

$$\tau_{\parallel} = 0,0$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{l_w * a_w} = \frac{17,40 * 10^3}{119,0 * 3} = 48,74 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{48,74}{\sqrt{2}} = 34,46 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{34,46^2 + 3 * (34,46^2 + 0,0^2)} = 68,92 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$= \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Šroubový přípoj vodorovného výztužného nosníku k výztuze nosníku jeřábové dráhy

Návrh M16 8.8

Únosnost jednoho šroubu ve střihu – smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 157,0 * 800,00}{1,25} = 60\,288 \text{ N}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 * 0,44 * 16,0 * 5,0 * 360,00}{1,25} = 25\,344 \text{ N}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{24,0}{3 * 18,0} \\ \frac{800,00}{360,00} \\ 1,0 \end{array} \right\} = 0,44$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{35,0,0}{18,0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = 2,50$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = 2 * \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 * \min(60\,288; 25\,344) = 2 * 25\,344 = 50\,688 \text{ N}$$

$$\geq V_{Ed} = 17\,400 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Šroubový přípoj čelní desky a pásnice sloupu jeřábové dráhy

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 157,0 * 800,00}{1,25} = 90\,432 \text{ N}$$

$$l_{eff} = 110,0 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = 0,25 * l_{eff} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 * 110,0 * 10,0^2 * \frac{235,00}{1,0} = 0,65 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$c = 0,8 * a_w * \sqrt{2} = 0,8 * 3,0 * \sqrt{2} = 63,4 \text{ mm}$$

$$m = 26,0 - 3,4 = 22,6 \text{ mm}$$

$$n = \min(e ; 1,25 * m) = \min(25,0 ; 1,25 * 22,6 = 28,3) = 25,0 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí

Způsob porušení 1

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 * M_{pl,Rd}}{m} = \frac{4 * 0,65 * 10^6}{22,6} = 115\,044 \text{ N}$$

Způsob porušení 2

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 * M_{pl,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 * 0,65 * 10^6 + 25,0 * 2 * 90\,432}{22,6 + 25,0} = 122\,302 \text{ N}$$

Způsob porušení 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 * 90\,432 = 180\,864 \text{ N}$$

$$F_{t,Rd} = \min(F_{t,a,Rd} ; F_{t,b,Rd} ; F_{t,c,Rd}) \\ = \min(115\,044 ; 122\,302 ; 180\,864) = 115\,044 \text{ N} \geq N_{Ed} = 17\,400 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Svar konzoly a sloupu

$$M_{z,Ed} = 9,10 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 126,35 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 180,50 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 13,00 \text{ kN}$$

$$I_{y,we} = 72,87 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{z,we} = 29,21 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Bod 1

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{y,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{13,00 * 10^3}{1\,008,0 * 4} = 3,22 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{M_{y,Ed} * x_y}{I_{y,we}} + \frac{M_{z,Ed} * x_z}{I_{z,we}} = \frac{126,35 * 10^6 * 135,0}{72,87 * 10^6} + \frac{9,10 * 10^6 * 140,0}{29,21 * 10^6} \\ = 234,08 + 43,62 = 277,70 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{277,70}{\sqrt{2}} = 196,36 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 490,00}{1,25} = 352,80 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{196,36^2 + 3 * (196,36^2 + 3,22^2)} = 392,77 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$= \frac{490,00}{0,9 * 1,25} = 435,55 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Bod 2

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{180,50 * 10^3}{2 * 196,0 * 4} = 115,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{M_{y,Ed} * x_y}{I_{y,we}} + \frac{M_{z,Ed} * x_z}{I_{z,we}} = \frac{126,35 * 10^6 * 98,0}{72,87 * 10^6} + \frac{9,10 * 10^6 * 4,0}{29,21 * 10^6}$$

$$= 169,92 + 1,25 = 171,17 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{171,17}{\sqrt{2}} = 121,04 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 490,00}{1,25} = 352,80 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{121,04^2 + 3 * (121,04^2 + 115,11^2)} = 313,61 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$= \frac{490,00}{0,9 * 1,25} = 435,55 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

8.7 Detail 6 - Patka sloupu jeřábové dráhy

Patka je vetknutá.

Geometrie

$$a = 1\,250 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

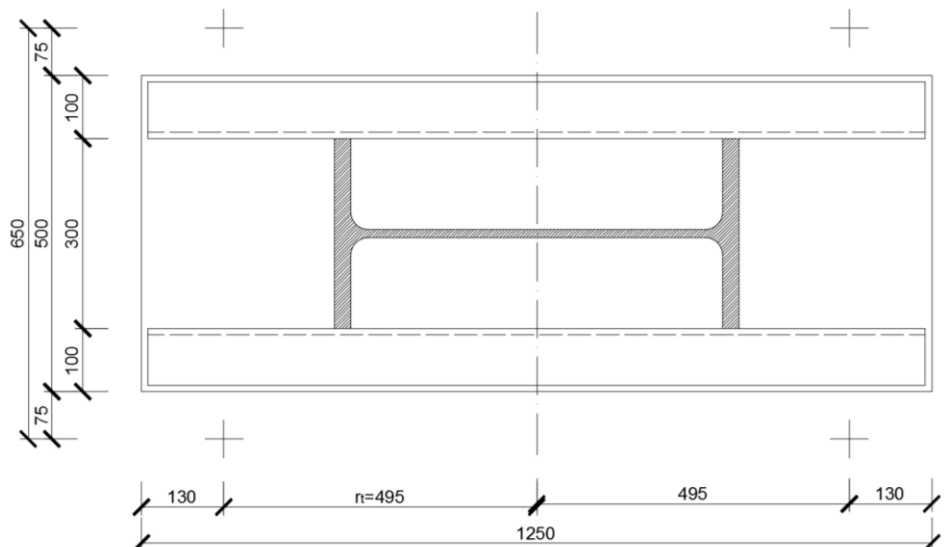
$$t_p = 30 \text{ mm}$$

$$r_t = 495 \text{ mm}$$

Beton C16/20

$$f_{ck} = 16,00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$



Pro výpočet únosnosti patky je konzervativně uvažována třída betonu C16/20.

Výška podlití $0,1 * 500 = 50 \text{ mm}$

Půdorysné rozměry patky

$$a_c \times b_c = 2\,000 \times 1\,200 \text{ mm}$$

výška 750 mm

započitatelné rozměry patky

$$a_1 = \min(a_c ; 3 * a ; a + h) = \min(2\,000 ; 3 * 1\,250 ; 1\,250 + 750) = 2\,000 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(b_c ; 3 * b ; b + h) = \min(1\,200 ; 3 * 500 ; 500 + 750) = 1\,200 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}} = \sqrt{\frac{2\,000 * 1\,200}{1\,250 * 500}} = 1,96$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{2}{3} * \frac{k_j * f_{ck}}{3 * \gamma_c} = \frac{2}{3} * \frac{1,96 * 16}{1,5} = 13,94 \text{ MPa}$$

Přesah desky

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 30,0 * \sqrt{\frac{355,00}{3 * 13,94}} = 87,4 \text{ mm}$$

Účinná šířka patního plechu

$$b_{eff} = 2 * 100,0 + 2 * c = 2 * 100 + 2 * 87,4 = 374,8 \text{ mm}$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

$$N_c = b_{eff} * x * f_{jd}$$

Délka tlačené oblasti pod patním plechem se určí z rovnice

$$N_{Ed} * (e + r_t) = N_c * \left(r_t + \frac{a}{2} - \frac{x}{2}\right)$$

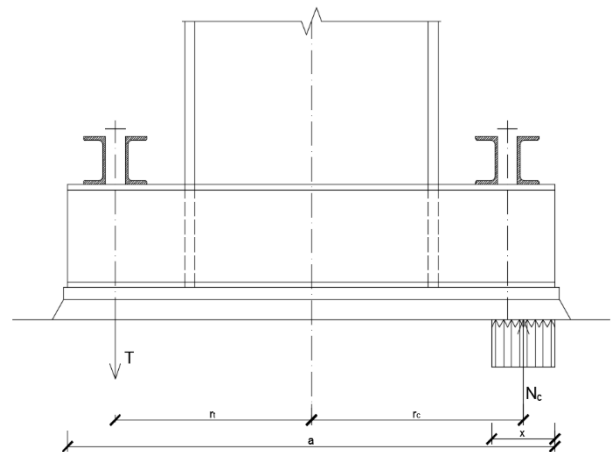
Dosažením získáme kvadratickou rovnici ve tvaru

$$b_{eff} * f_{jd} * x^2 - b_{eff} * f_{jd} * (2 * r_t + a) * x + 2 * N_{Ed} * (e + r_t) = 0$$

Fyzikální význam má pouze druhý kořen, proto $x_2 = x$

Síla do kotevních šroubů

$$T = N_c - N_{Ed}$$



rám	Sl.	KZ	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	e	x_1	$x_2=x$	N_c	T
			[kN]	[kNm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]
1	A	47	289,37	79,63	4,19	275,2	2201,2	38,8	202,49	-86,88
		30	394,83	433,57	125,02	1098,1	2126,8	113,2	591,51	196,68
		26	215,35	474,58	121,29	2203,8	2135,8	104,2	544,22	328,87
		43	310,44	30,28	6,93	97,5	2208,1	31,9	166,61	-143,83
		37	93,36	206,48	59,18	2211,7	2196,0	44,0	230,14	136,78
		32	390,86	241,86	73,6	618,8	2163,0	77,0	402,54	11,68
		59	300,69	99,99	4,13	332,5	2196,6	43,4	226,56	-74,13
	H	30	397,04	610,31	149,34	1537,1	2092,4	147,6	771,22	374,18
		37	104,72	189,76	59,18	1812,1	2197,9	42,1	219,84	115,12
		34	386,8	628,92	148,7	1626,0	2089,7	150,3	785,16	398,36
		41	286,25	314,86	87,21	1099,9	2159,1	80,9	422,92	136,67
		51	89,17	387,14	70,18	4341,6	2163,7	76,3	398,65	309,48
		32	356,45	619,28	127,93	1737,4	2094,6	145,4	759,79	403,34
		36	336,21	637,77	127,3	1896,9	2092,9	147,1	768,49	432,28

2	A	59	288,56	82,62	2,21	286,3	2200,8	39,2	204,89	-83,67
		30	379,6	418,21	122,21	1101,7	2131,1	108,9	568,82	189,22
		26	218,06	451,12	118,46	2068,8	2140,0	100,0	522,49	304,43
		55	307,53	38,28	7,79	124,5	2207,0	33,0	172,64	-134,89
		39	134,7	17,16	4,08	127,4	2225,6	14,4	75,34	-59,36
		32	376,25	240,44	72,7	639,0	2164,5	75,5	394,25	18,00
		H	30	442,89	590,85	131,6	1334,1	2091,8	148,2	774,55
	37		204,62	292,56	62,06	1429,8	2170,5	69,5	362,90	158,28
	34		424,63	607,54	131,01	1430,8	2090,2	149,8	782,43	357,80
	51		166,82	386,26	64,73	2315,4	2156,8	83,2	434,75	267,93
	32		416,8	637,17	130,81	1528,7	2085,2	154,8	809,04	392,24
	36		398,54	653,78	130,23	1640,4	2083,6	156,4	816,89	418,35
	72		342,77	631,86	114,4	1843,4	2093,4	146,6	765,76	422,99

Průřez patky

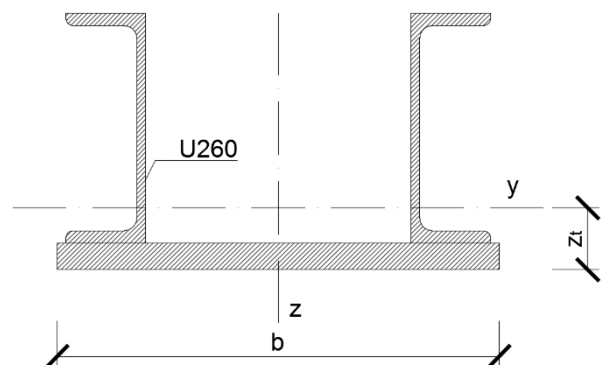
Patní plech 30 x 500 mm

Výztuhy 2x U 260

$$A = 2 * 4830 = 9660 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 2 * 48,20 * 10^6 = 96,40 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 2 * 2712 = 5424 \text{ mm}^2$$



Svařený průřez

$$A = 9\,660 + 30 * 500 = 24\,660 \text{ mm}^2$$

$$z_T = \frac{\sum A_i * z_i}{A} = \frac{30 * 500 * 15 + 9\,660 * \left(\frac{260}{2} + 30\right)}{24\,660} = 71,8 \text{ mm}$$

$$I_y = \frac{30^3 * 500}{12} + 30 * 500 * (71,8 - 15)^2 + 2 * 48,20 * 10^6 + 9\,660 * \left(\frac{260}{2} + 30 - 71,8\right)^2 = 221,07 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Tlačená strana patky

$$M_p = N_c * \left(305,0 - \frac{x}{2}\right) = 816\,890 * 10^3 * \left(305,0 - \frac{156,4}{2}\right) = 185,29 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$V_p = N_c = 816\,890 \text{ N}$$

$$M_l = T * 175 = 432\,280 * 175 = 75,65 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$V_p = T = 432\,280 \text{ N}$$

$$W_{y,h} = \frac{221,07 * 10^6}{260 + 30 - 71,8} = 1\,013\,137 \text{ mm}^3$$

$$W_{y,d} = \frac{171,71 * 10^6}{60,8} = 3\,078\,894 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{h,max} = \frac{M_{max}}{W_{y,h}} = \frac{185,29 * 10^6}{1\,013\,137} = 182,89 \text{ MPa} \leq f_{yd} = 355,00 \text{ MPa}$$

$$\tau_{h,max} = \frac{V_{max}}{A_{vz}} = \frac{816\,890}{5\,424} = 150,61 \text{ MPa} \leq \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{355,00}{\sqrt{3}} = 204,96 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{M_{max}}{I_y} * z_2 = \frac{185,29 * 10^6}{221,07 * 10^6} * (290 - 71,8 - 29,7) = 157,99 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3 * \tau_{h,max}^2} = \sqrt{157,99^2 + 3 * 150,61^2} = 304,97 \text{ MPa} \leq f_{yd} = 355,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Připojení podélných výztuh k patnímu plechu

Návrh koutové svary $a = 5 \text{ mm}$

$$N_{Ed} = 398,54 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 653,78 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 130,23 \text{ kN}$$

$$V_p = 816\,890 \text{ kN}$$

Napětí ve svarech

$$A_{we} = 4 * 5 * 1\,230 = 24\,600 \text{ mm}^2$$

$$I_{we} = \frac{4 * 5}{12} * 1\,230^3 = 3,10 * 10^9 \text{ mm}^4$$

$$S_{f,y} = 500 * 30 * (71,8 - 15) = 852\,007 \text{ mm}^3$$

Řez 1-1

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p * S_{f,y}}{I_y * 4 * a_{we}} = \frac{130\,230}{24\,600} + \frac{816\,890 * 852\,007}{221,07 * 10^6 * 4 * 5} = 5,29 + 157,42 = 162,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed} * x_i}{I_{we}} = \frac{398\,540}{24\,600} + \frac{653,78 * 10^6 * (625,0 - 156,4)}{3,10 * 10^9} = 16,20 + 98,79 = 114,99 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{114,99}{\sqrt{2}} = 81,31 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 490,00}{1,25} = 352,80 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{81,31^2 + 3 * (81,31^2 + 162,71^2)} = 325,38 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490,00}{0,9 * 1,25} = 435,55 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Řez 2-2

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} = \frac{130\,230}{24\,600} = 5,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed} * x_i}{I_{we}} = \frac{398\,540}{24\,600} + \frac{653,78 * 10^6 * 615,0}{3,10 * 10^9} = 16,20 + 129,64 = 145,84 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{145,84}{\sqrt{2}} = 103,13 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 490,00}{1,25} = 352,80 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{1103,13^2 + 3 * (103,13^2 + 5,29^2)} = 206,46 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490,00}{0,9 * 1,25} = 435,55 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

rám	Sl.	KZ	řez 1			
			τ_{\parallel}	σ_{we}	$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)}$
			[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	A	47	39,19	26,81	18,96	77,76
		30	119,07	87,60	61,94	240,58
		26	109,80	88,45	62,55	227,64
		43	32,39	18,41	13,02	61,85
		37	46,76	42,47	30,03	100,83
		32	80,56	58,62	41,45	162,31
		59	43,83	30,98	21,90	87,64
	H	30	154,69	110,08	77,84	309,87
		37	44,77	39,92	28,23	95,92
		34	157,35	111,99	79,19	315,21
		41	85,04	66,87	47,28	175,04
		51	79,67	72,12	50,99	171,60
		32	151,62	110,25	77,96	305,40
		36	153,27	111,94	79,16	309,09
2	A	59	39,57	27,33	19,33	78,69
		30	114,58	85,03	60,12	232,05
		26	105,50	85,23	60,26	218,90
		55	33,59	19,81	14,01	64,57
		39	14,68	8,85	6,26	28,35
		32	78,93	57,90	40,94	159,35
		30	154,61	108,83	76,95	308,87
	H	37	72,46	60,72	42,94	152,07
		34	156,10	110,36	78,03	312,19
		51	86,41	74,26	52,51	182,83
		32	161,22	113,53	80,28	322,11
		36	162,71	114,99	81,31	325,38
		72	152,21	111,41	78,78	307,13

rám	Sl.	KZ	řez 2			
			τ_{\parallel}	σ_{we}	$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)}$
			[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1	A	47	0,17	27,55	19,48	38,97
		30	5,08	102,02	72,14	144,55
		26	4,93	102,86	72,73	145,72
		43	0,28	18,62	13,17	26,34
		37	2,41	44,74	31,64	63,41
		32	2,99	63,85	45,15	90,44
		59	0,17	32,05	22,66	45,33
	H	30	6,07	137,16	96,99	194,26
		37	2,41	41,89	29,62	59,38
		34	6,04	140,44	99,30	198,88
		41	3,55	74,07	52,38	104,93
		51	2,85	80,39	56,85	113,80
		32	5,20	137,29	97,08	194,37
		36	5,17	140,13	99,09	198,38
2	A	59	0,09	28,11	19,88	39,76
		30	4,97	98,36	69,55	139,37
		26	4,82	98,32	69,52	139,29
		55	0,32	20,09	14,21	28,42
		39	0,17	8,88	6,28	12,56
		32	2,96	62,97	44,53	89,20
		30	5,35	135,17	95,58	191,38
	H	37	2,52	66,33	46,90	93,91
		34	5,33	137,73	97,39	195,00
		51	2,63	83,37	58,95	118,00
		32	5,32	143,29	101,32	202,85
		36	5,29	145,84	103,13	206,46
		72	4,65	139,23	98,45	197,06

Kotevní šrouby

$$T_1 = \frac{T_{max}}{2} = \frac{432,28}{2} = 216,14 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed,max} = \frac{216,14 * (225,0 + 525,0)}{650,0} = 249,39 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed,min} = 432,28 - 249,39 = 182,89 \text{ kN}$$

M48x3

$$F_{t,Rd} = 0,85 * \frac{0,9 * A_s * f_u}{\gamma_{M2}} = 0,85 * \frac{0,9 * 1\,604 * 360,00}{1,25} = 353,39 \text{ kN} \geq N_{t,Ed,max} = 249,39 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{\pi * 50,0^2}{4} * 235,00}{1,0} = 461,42 \text{ kN} \geq N_{t,Ed,max} = 249,39 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Kotevní příčník

$$M_{a,d} = 249,39 * 0,125 = 31,17 \text{ kNm}$$

$$M_{b,d} = 182,89 * 0,225 = 41,15 \text{ kNm}$$

$$V_{a,d} = 249,39 \text{ kN}$$

$$V_{b,d} = 182,89 \text{ kN}$$

Navrhuji 2x U 120

$$W_{pl,y} = 2 * 72,60 * 10^3 = 145,20 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{vz} = 2 * 880 = 1760 \text{ mm}^2$$

Posouzení

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_{yd}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{1760 * 355,00}{\sqrt{3} * 1,0} = 360,73 \text{ kN} \geq V_{max,d} = 249,39 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 360,73 \text{ kN} \geq 2 * V_{max,d} = 2 * 249,39 = 498,78 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{145,20 * 10^3 * 355,00}{1,0} = 51,55 \text{ kNm} \geq M_{max,d} = 41,15 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Průřez a

$$\rho = \left(\frac{2 * 182,36}{360,73} - 1 \right)^2 = 1,22 * 10^{-4}$$

$$M_{v,Rd} = \left(W_{pl,y} - \frac{\rho * A_{vz}^2}{4 * t_w} \right) * \frac{f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \left(145,20 * 10^3 - \frac{1,22 * 10^{-4} * 1760^2}{4 * 2 * 7,0} \right) * \frac{355,00}{1,0}$$

$$= 51,54 \text{ kNm} \geq M_{max,d} = 41,15 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Průřez b

$$\rho = \left(\frac{2 * 249,91}{360,73} - 1 \right)^2 = 0,15$$

$$M_{v,Rd} = \left(W_{pl,y} - \frac{\rho * A_{vz}^2}{4 * t_w} \right) * \frac{f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \left(145,20 * 10^3 - \frac{0,15 * 1\,760^2}{4 * 2 * 7,0} \right) * \frac{355,00}{1,0}$$

$$= 48,60 \text{ kNm} \geq M_{max,d} = 41,15 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Přenos vodorovné síly do betonové patky

Smyková únosnost ve spáře mezi betonem a ocelí v důsledku tření

$$V'_{Ed} = \mu * N_c = 0,2 * 522,49 = 104,50 \text{ kN} < V_{Ed} = 118,46 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE

Jelikož nelze přenést smyk běžné patky třením, bude navržena stejná smyková zarážka pro běžný sloup i sloup se ztužidlem.

Návrh smykové zarážky

Navrhují HEB 140

$$h_{min} = \frac{F_{v,Ed}}{b * \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{149,34 * 10^3}{140,0 * \frac{16,00}{1,5}} = 100,00 \text{ mm}$$

Navrhují $h = 120,0 \text{ mm}$

$$e = 0,5 * 120,0 + 50,0 = 110,0 \text{ mm}$$

$$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * e = 149,34 * 10^3 * 110,0 = 16,43 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * e = 30,21 * 10^3 * 110,0 = 3,32 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{vz} * f_{yd}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{1\,308 * 235,00}{\sqrt{3} * 1,0} = 177,47 \text{ kN} \geq V_{z,Ed} = 149,34 \text{ kN}$$

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} * f_{yd}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{3\,493 * 235,00}{\sqrt{3} * 1,0} = 473,92 \text{ kN} \geq V_{y,Ed} = 30,21 \text{ kN}$$

$$V_{pl,y,Rd} = 473,92 \text{ kN} \geq 2 * V_{y,Ed} = 2 * 30,21 = 60,42 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$\rho = \left(\frac{2 * 149,34}{177,47} - 1 \right)^2 = 0,47$$

$$M_{v,y,Rd} = \left(W_{pl,y} - \frac{\rho * A_{vz}^2}{4 * t_w} \right) * \frac{f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \left(245,40 * 10^3 - \frac{0,47 * 1\,308^2}{4 * 7,0} \right) * \frac{235,00}{1,0}$$

$$= 50,92 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{z,Rd} = W_{pl,z} * \frac{f_{yd}}{\gamma_{M0}} = 119,8 * 10^3 * \frac{235,00}{1,0} = 28,15 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}\right)^\beta = \left(\frac{16,43 * 10^6}{50,92 * 10^6}\right)^{1,0} + \left(\frac{3,32 * 10^6}{28,15 * 10^6}\right)^{1,0} = 0,44 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Svar smykové zarážky a patního plechu

$$I_{y,we} = 11,37 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{z,we} = 4,58 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Bod 1

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{30,21 * 10^3}{2 * 249,0 * 5} = 12,13 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{we} &= \frac{M_{y,Ed} * x_y}{I_{y,we}} + \frac{M_{z,Ed} * x_z}{I_{z,we}} = \frac{16,43 * 10^6 * 70,0}{11,37 * 10^6} + \frac{3,32 * 10^6 * 70,0}{4,58 * 10^6} \\ &= 101,15 + 50,74 = 151,89 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{151,89}{\sqrt{2}} = 107,40 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &= \sqrt{107,40^2 + 3 * (107,40^2 + 12,13^2)} = 215,83 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \\ &= \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Bod 2

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{149,34 * 10^3}{2 * 92,0 * 5} = 162,32 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{we} &= \frac{M_{y,Ed} * x_y}{I_{y,we}} + \frac{M_{z,Ed} * x_z}{I_{z,we}} = \frac{16,43 * 10^6 * 46,0}{11,37 * 10^6} + \frac{3,32 * 10^6 * 3,5}{4,58 * 10^6} = 66,47 + 2,54 \\ &= 69,01 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{69,01}{\sqrt{2}} = 48,80 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &= \sqrt{48,80^2 + 3 * (48,80^2 + 162,32^2)} = 297,61 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \\ &= \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

8.8 Detail 7 - Patka sloupu administrativní části a štítové stěny.

Patka bude navržena jako kloubová a bude posouzena pro kombinace s největší normálovou silou, největší posouvací silou a největším poměrem posouvací a tlakové síly.

Vnitřní síly

Sl.	KZ	N_{Ed}	V_{Ed}
		[kN]	[kN]
I	70	87,61	20,76
	49	83,22	20,41
	36	114,83	5,43
B-G	39	35,34	17,79
	57	28,75	12,14

Geometrie

$$a = 400 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

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

Beton C16/20

$$f_{ck} = 16,00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

Pro výpočet únosnosti patky je konzervativně uvažována třída betonu C16/20.

$$\text{Výška podlití } 0,1 * 400 = 40 \text{ mm}$$

Půdorysné rozměry patky

$$a_c \times b_c = 600 \times 600 \text{ mm}$$

výška 800 mm

započitatelné rozměry patky

$$a_1 = \min(a_c ; 3 * a ; a + h) = \min(600 ; 3 * 400 ; 400 + 800) = 600 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(b_c ; 3 * b ; b + h) = \min(600 ; 3 * 400 ; 400 + 800) = 600 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

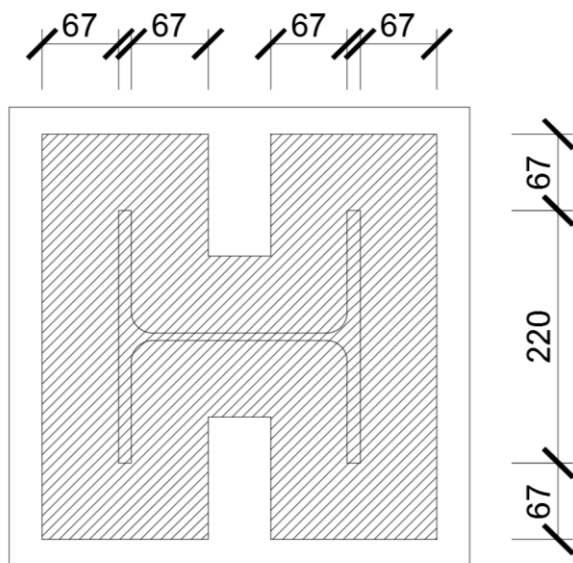
$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}} = \sqrt{\frac{600 * 600}{400 * 400}} = 1,50$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{2}{3} * \frac{k_j * f_{ck}}{3 * \gamma_c} = \frac{2}{3} * \frac{1,50 * 16}{1,5} = 10,66 \text{ MPa}$$

Přesah desky

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 20,0 * \sqrt{\frac{355,00}{3 * 10,66}} = 66,6 \text{ mm}$$



Účinná šířka patního plechu

$$A_{eff} = 109\,545 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 109\,545 * 10,66 = 1\,167,75 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 114,83 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Přípoj HEA 220 k patnímu plechu

Pro návrh svaru bylo uvažováno, že se tlak přenesou kontaktem. Tahová síla ve sloupu nevzniká při žádné kombinaci zatížení.

Navrhují $a_w = 4 \text{ mm}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{20\,760}{2 * 152,0 * 4} = 17,07 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0,0$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{0,0^2 + 3 * (0,0^2 + 17,07^2)} = 29,57 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$= \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{y,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{10\,540}{2 * 220 * 4} = 5,99 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0,0$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{0,0^2 + 3 * (0,0^2 + 5,99^2)} = 10,37 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$= \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Přenos vodorovné síly do betonové patky

Smyková únosnost ve spáře mezi betonem a ocelí v důsledku tření

Patka sloupu administrativní části

$$V'_{Ed} = \mu * N_{Ed,min} = 0,2 * 87,61 = 17,52 \text{ kN} < V_{Ed} = 20,76 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE

Patka sloupu štítové stěny

$$V'_{Ed} = \mu * N_{Ed,min} = 0,2 * 35,34 = 7,07 \text{ kN} < V_{Ed} = 17,79 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE

Vzhledem k tomu, že nelze přenést smyk třením, bude navržena stejná smyková zarážka pro sloup administrativní části běžný, se ztužidlem i pro sloup štítové stěny.

Návrh smykové zarážky

Navrhuji HEB 100

$$h_{min} = \frac{V_{y,Ed}}{b * \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{20,76 * 10^3}{100,0 * \frac{16,00}{1,5}} = 19,46 \text{ mm}$$

Navrhuji $h = 30,0 \text{ mm}$

$$e = 0,5 * 30,0 + 40,0 = 55,0 \text{ mm}$$

$$M_{y,Ed} = V_{z,Ed} * e = 20\,760 * 55,0 = 1,14 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{z,Ed} = V_{y,Ed} * e = 10\,540 * 55,0 = 0,58 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{vz} * f_{yd}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{904 * 235,00}{\sqrt{3} * 1,0} = 122,62 \text{ kN} \geq V_{z,Ed} = 20,76 \text{ kN}$$

$$V_{pl,z,Rd} = 122,62 \text{ kN} \geq 2 * V_{z,Ed} = 2 * 20,76 = 41,52 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} * f_{yd}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{2\ 008 * 235,00}{\sqrt{3} * 1,0} = 272,44 \text{ kN} \geq V_{y,Ed} = 10,54 \text{ kN}$$

$$V_{pl,y,Rd} = 272,44 \text{ kN} \geq 2 * V_{y,Ed} = 2 * 10,54 = 21,08 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$M_{y,Rd} = W_{pl,y} * \frac{f_{yd}}{\gamma_{M0}} = 104,2 * 10^3 * \frac{235,00}{1,0} = 24,49 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{z,Rd} = W_{pl,z} * \frac{f_{yd}}{\gamma_{M0}} = 51,42 * 10^3 * \frac{235,00}{1,0} = 12,08 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^\beta = \left(\frac{1,14 * 10^6}{24,49 * 10^6} \right)^{1,0} + \left(\frac{0,58 * 10^6}{12,08 * 10^6} \right)^{1,0} = 0,09 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Svar smykové zarážky a patního plechu

$$I_{y,we} = 3,89 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{z,we} = 1,66 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Bod 1

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{10,54 * 10^3}{2 * 170,0 * 5} = 6,20 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{we} &= \frac{M_{y,Ed} * x_y}{I_{y,we}} + \frac{M_{z,Ed} * x_z}{I_{z,we}} = \frac{1,14 * 10^6 * 50,0}{3,89 * 10^6} + \frac{0,58 * 10^6 * 50,0}{1,66 * 10^6} = 14,65 + 17,47 \\ &= 32,12 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{32,12}{\sqrt{2}} = 22,71 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &= \sqrt{22,71^2 + 3 * (22,71^2 + 6,20^2)} = 46,67 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \\ &= \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Bod 2

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{20,76 * 10^3}{2 * 56,0 * 5} = 37,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{M_{y,Ed} * x_y}{I_{y,we}} + \frac{M_{z,Ed} * x_z}{I_{z,we}} = \frac{1,14 * 10^6 * 40,0}{3,89 * 10^6} + \frac{0,58 * 10^6 * 3,0}{1,66 * 10^6} = 11,72 + 1,05 = 12,77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{12,77}{\sqrt{2}} = 9,03 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{9,03^2 + 3 * (9,03^2 + 37,07^2)} = 66,70 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Svar styčnickového plechu a sloupu

$$F_{x,Ed} = N_{Ed}^{TR} * \cos \alpha = 21\,062 * \cos 30 = 18\,240 \text{ N}$$

$$F_{y,Ed} = N_{Ed}^{TR} * \sin \alpha = 21\,062 * \sin 30 = 10\,531 \text{ N}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{x,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{18\,240}{2 * 140,0 * 4} = 16,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{F_{y,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{10\,531}{2 * 140,0 * 4} = 9,40 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{9,40}{\sqrt{2}} = 6,65 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{6,65^2 + 3 * (6,65^2 + 16,29^2)} = 31,19 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení styčnickového plechu

Průřez 155 x 12 mm

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{100 * 12^3}{12} = 14\,400 \text{ mm}^4$$

$$A = b * h = 12 * 100 = 1\,200 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{14\,400}{1\,200}} = 3,46 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{140,0 * 2}{3,46 * 93,90} = 0,86$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^{-2}] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,86 - 0,2) + 0,86^2] = 1,03$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,03 + \sqrt{1,03^2 - 0,86^2}} = 0,62$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1\,200 * 235,00 = 282\,000\,N$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{21\,062}{0,62 * 282\,000} = 0,12 \leq 1$$

VYHOVUJE

8.9 Detail 8 - Přípoj průvlaku na sloup

$$V_{Ed} = 46\,510 + 17\,160 * \sin 30 + 12\,210 * \sin 45 = 46\,510 + 8\,580 + 8\,630 = 55\,148\,N$$

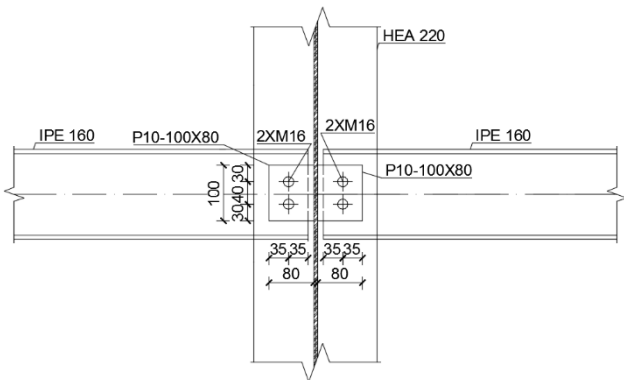
$$N_{Ed} = 4\,260 + 17\,160 * \cos 30 + 12\,210 * \cos 45 = 4\,260 + 14\,860 + 8\,630 = 27\,750\,N$$

$$M_{Ed} = V_{Ed} * e = 55\,148 * 45 = 2,48 * 10^6\,Nmm$$

Svar stojiny sloupu a čelní desky

$$A_{we} = 2 * 4 * 100,0 = 800\,mm^2$$

$$I_{we} = \frac{2 * 4}{12} * 100,0^3 = 0,66 * 10^6\,m^4$$



$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} = \frac{55\,148}{800} = 68,94\,MPa$$

$$\sigma_{we} = \frac{M_{Ed} * x_i}{I_{we}} + \frac{N_{Ed}}{A_{we}} = \frac{2,48 * 10^6 * 50}{0,66 * 10^6} + \frac{27\,750}{800} = 187,88 + 34,69 = 222,57\,MPa$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{222,57}{\sqrt{2}} = 157,38\,MPa \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 490,00}{1,25} = 352,80\,MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{157,38^2 + 3 * (157,38^2 + 68,94^2)} = 336,65\,MPa \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$= \frac{490,00}{0,9 * 1,25} = 435,55\,MPa$$

VYHOVUJE

Posouzení styčnickového plechu

Průřez 100 x 10 mm

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{100 * 10^3}{12} = 8\,333 \text{ mm}^4$$

$$A = b * h = 10 * 100 = 1\,000 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{8\,333}{1\,000}} = 2,89 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{45,0 * 2}{2,89 * 76,06} = 0,41$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,41 - 0,2) + 0,41^2] = 0,64$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,64 + \sqrt{0,64^2 - 0,41^2}} = 0,88$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1\,000 * 355,00 = 355\,000 \text{ N}$$

$$M_{Rk} = W * f_{yk} = \frac{b * h^2}{6} * 355,00 = \frac{10 * 100^2}{6} * 355,00 = 5,92 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi * N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + \frac{\frac{M_{Ed}}{M_{Rk}}}{\gamma_{M1}} = \frac{27\,750}{0,88 * 355\,000} + \frac{2,48 * 10^6}{5,92 * 10^6} = 0,09 + 0,42 = 0,51 \leq 1$$

VYHOVUJE

Smyk

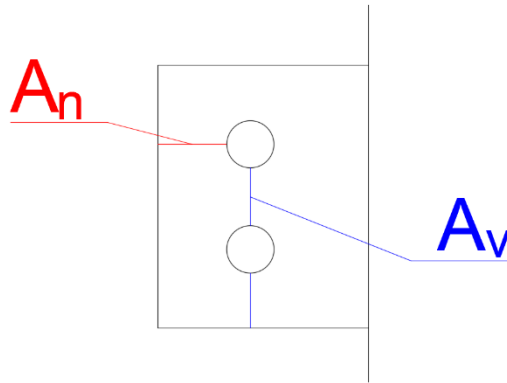
Plocha oslabeného průřezu

$$A_{vz} = b * (h - 2 * d_0) = 10 * (100,0 - 2 * 18,0) = 640,0 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_{vz}} = \frac{55\,148}{640,0} = 86,17 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{Ed}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{86,17}{\sqrt{3} * 1,0} = 0,42 \leq 1,0$$

VYHOVUJE



$$\begin{aligned}
 N_{RG} &= \frac{0,5 * A_n * f_u}{\gamma_{M0}} + \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} \\
 &= \frac{0,5 * (26,0 * 10,0) * 490,00}{1,0} + \frac{(22,0 + 21,0) * 10,0 * 355,00}{\sqrt{3} * 1,0} \\
 &= 151\,832\,N \geq N_{Ed} = 27\,750\,N
 \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Šroubový spoj čelní desky a IPE 180

$$F_{Ed} = \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} = \sqrt{27\,750^2 + 55\,148^2} = 61\,736\,N$$

Návrh M16 8.8

Únosnost jednoho šroubu ve střihu – smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 157,0 * 800,00}{1,25} = 60\,288\,N$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 * 0,55 * 16,0 * 10,0 * 490,00}{1,25} = 86\,240\,N$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{30,0}{3 * 18,0} \\ \frac{800,00}{490,00} \\ 1,0 \end{array} \right\} = 0,55$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{30,0}{18,0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = 2,50$$

Únosnost ve smyku

$$\begin{aligned}
 V_{Rd} &= 2 * \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 * \min(60\,288; 86\,240) = 2 * 60\,288 = 120\,576\,N \\
 &\geq F_{Ed} = 61\,736\,N
 \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Svar styčnickového plechu a IPE 180

$$F_{x,Ed} = N_{Ed} * \cos \alpha = 17\,160 * \cos 30 = 14\,860 \text{ N}$$

$$F_{y,Ed} = N_{Ed} * \sin \alpha = 17\,160 * \sin 30 = 8\,580 \text{ N}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{x,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{14\,860}{2 * 270,0 * 3} = 9,17 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{F_{y,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{8\,580}{2 * 270,0 * 3} = 5,30 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{32,10}{\sqrt{2}} = 3,75 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 490,00}{1,25} = 352,80 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{3,75^2 + 3 * (3,75^2 + 9,17^2)} = 17,56 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$
$$= \frac{490,00}{0,9 * 1,25} = 435,55 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení styčnickového plechu

Průřez 100 x 10 mm

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{100 * 10^3}{12} = 8\,333 \text{ mm}^4$$

$$A = b * h = 10 * 100 = 1\,000 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{8\,333}{1\,000}} = 2,89 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{140 * 2}{2,89 * 76,06} = 1,27$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,27 - 0,2) + 1,27^2] = 1,57$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,57 + \sqrt{1,57^2 - 1,27^2}} = 0,27$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1\,000 * 355,00 = 355\,000 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{17\,160}{0,27 * 355\,000} = 0,18 \leq 1$$
$$\frac{\gamma_{M1}}{1,0}$$

VYHOVUJE

Svar styčnickového plechu a IPE 180

$$F_{x,Ed} = N_{Ed} * \cos \alpha = 12\,210 * \cos 45 = 8\,630 \text{ N}$$

$$F_{y,Ed} = N_{Ed} * \sin \alpha = 12\,210 * \sin 45 = 8\,630 \text{ N}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{x,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{8\,630}{2 * 185,0 * 3} = 7,77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{F_{y,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{8\,630}{2 * 185,0 * 3} = 7,77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{7,77}{\sqrt{2}} = 5,50 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 490,00}{1,25} = 352,80 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &= \sqrt{5,50^2 + 3 * (5,50^2 + 7,77^2)} = 17,38 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \\ &= \frac{490,00}{0,9 * 1,25} = 435,55 \text{ MPa} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Posouzení styčnickového plechu

Průřez 115 x 10 mm

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{115 * 10^3}{12} = 9\,583 \text{ mm}^4$$

$$A = b * h = 10 * 115 = 1\,150 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{9\,583}{1\,150}} = 2,89 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,81 = 76,06$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{140 * 2}{2,89 * 76,06} = 1,27$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,27 - 0,2) + 1,27^2] = 1,57$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,57 + \sqrt{1,57^2 - 1,27^2}} = 0,27$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1\,150 * 355,00 = 408\,250 \text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{12\,210}{0,27 * 408\,250} = 0,11 \leq 1$$
$$\frac{\gamma_{M1}}{1,0}$$

VYHOVUJE

8.10 Detail 9 – Křížení stěnového ztužidla

Posouzení styčnickového plechu

$$N_{Ed} = 81\,543\text{ N}$$

Průřez 155 x 12 mm

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{155 * 12^3}{12} = 22\,320\text{ mm}^4$$

$$A = b * h = 12 * 155 = 1\,860\text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{22\,320}{1\,860}} = 3,46\text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{350,0}{3,46 * 93,90} = 1,08$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,08 - 0,2) + 1,08^2] = 1,29$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,29 + \sqrt{1,29^2 - 1,08^2}} = 0,50$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1\,860 * 235,00 = 437\,100\text{ N}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi * N_{Rk}} = \frac{81\,543}{0,50 * 437\,100} = 0,38 \leq 1$$

VYHOVUJE

8.11 Detail 10 – Přípoj střešního ztužidla

Vzpěra

$$N_{Ed,1} = 13\,050\text{ N}$$

Střešní ztužidlo

$$N_{Ed,2} = 25\,256\text{ N}$$

Svar styčnickového plechu a trubky

$$\tau_{\parallel} = \frac{\max N_{Ed}}{4 * l_w * a_w} = \frac{25\,256}{4 * 40,0 * 3} = 52,62\text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0,0$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{0,0^2 + 3 * (0,0^2 + 52,62^2)} = 91,13 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$= \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Šroubovaný přípoj styčnickových plechů

Návrh M16 8.8

Únosnost jednoho šroubu ve střihu – smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 157,0 * 800,00}{1,25} = 60\,288 \text{ N}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,72 * 0,40 * 16,0 * 10,0 * 360,00}{1,25} = 31\,703 \text{ N}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{22,0}{3 * 18,0} \\ \frac{800,00}{360,00} \\ 1,0 \end{array} \right\} = 0,40$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{22,0}{18,0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = 1,72$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = 2 * \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 * \min(60\,288; 31\,703) = 2 * 31\,703 = 63\,406 \text{ N}$$

$$\geq \max N_{Ed} = 25\,256 \text{ N}$$

VYHOVUJE

Posouzení styčnickového plechu

Průřez 85 x 10 mm

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{85 * 10^3}{12} = 7\,083 \text{ mm}^4$$

$$A = b * h = 10 * 85 = 850 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{7\,083}{850}} = 2,88 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{250 * 2}{2,88 * 93,90} = 1,85$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,85 - 0,2) + 1,85^2] = 2,62$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,62 + \sqrt{2,62^2 - 1,85^2}} = 0,22$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 850 * 235,00 = 199\,750\,N$$

$$\frac{\max N_{Ed}}{\frac{\chi * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{25\,256}{\frac{0,22 * 199\,750}{1,0}} = 0,57 \leq 1$$

VYHOVUJE

Svar styčnickového plechu a vazníku

$$F_{x,Ed} = N_{Ed,2} * \cos \alpha + N_{Ed,2} * \cos \beta = 25\,256 * \cos 66 + 25\,256 * \cos 57 = 24\,027\,N$$

$$F_{y,Ed} = N_{Ed,2} * \sin \alpha + N_{Ed,2} * \sin \beta + N_{Ed,1} \\ = 25\,256 * \sin 66 + 25\,256 * \sin 57 + 13\,050 = 57\,304\,N$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{y,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{57\,304}{2 * 325,0 * 3} = 29,39\,MPa$$

$$\sigma_{we} = \frac{F_{x,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{24\,027}{2 * 325,0 * 3} = 12,32\,MPa$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{12,32}{\sqrt{2}} = 8,71\,MPa \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20\,MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{8,71^2 + 3 * (8,71^2 + 29,39^2)} = 53,80\,MPa \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \\ = \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00\,MPa$$

VYHOVUJE

8.12 Detail 11 – Křížení střešního ztužidla

$$N_{Ed} = 25\,256\,N$$

Posouzení styčnickového plechu

Průřez 160 x 10 mm

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{100 * 10^3}{12} = 8\,333\,mm^4$$

$$A = b * h = 10 * 160 = 1\,000\,mm^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{8\,333}{1\,000}} = 2,88\,mm$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,0 = 93,90$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i * \lambda_1} = \frac{260,0}{2,88 * 93,90} = 0,96$$

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,96 - 0,2) + 0,96^2] = 1,15$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,15 + \sqrt{1,15^2 - 0,96^2}} = 0,56$$

$$N_{Rk} = A * f_{yk} = 1\,000 * 235,00 = 235\,000\,N$$

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1} * N_{Rk}} = \frac{25\,256}{0,56 * 235\,000} = 0,19 \leq 1$$

VYHOVUJE

8.13 Detail 12 - Styčník střešního ztužidla a vzpěry

Rozsah platnosti

$$10 \leq \frac{d_0}{t_0} = \frac{76,0}{3,2} = 23,75 \leq 50$$

$$\eta = \frac{h_1}{d_0} = \frac{360,0}{76,0} = 4,74 < 4,0$$

Porušení povrchu pásu

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Ed}}{A_o} = \frac{13\,050}{732} = 17,83\,MPa$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}}{\frac{f_y}{\gamma_{M5}}} = \frac{17,83}{\frac{235,00}{1,0}} = 0,07$$

$$N_{1,Rd} = \frac{5 * k_p * f_{yo} * t_0^2}{\gamma_{M5}} * (1,0 + 0,25 * \eta) = \frac{5 * 0,98 * 235,00 * 3,2^2}{1,0} * (1,0 + 0,25 * 4,0) \\ = 23\,582\,N \geq N_{1,Ed} = 4\,230\,N$$

$$k_p = 1 - 0,3 * n_p * (1 + n_p) = 1 - 0,3 * 0,07 * (1 + 0,07) = 0,98 \leq 1,0$$

$$M_{pl,1,Rd} = N_{1,Rd} * h_1 = 23\,582 * 360,0 = 8,49 * 10^6\,Nmm \geq M_{Ed} = 0,28 * 10^6\,Nmm$$

$$M_{Ed} = N_{Ed} * \sin \alpha * h_1 = 4\,230 * \sin 33 * 117,0 = 0,28 * 10^6\,Nmm$$

VYHOVUJE

Svar styčnickového plechu a vazníku

$$F_{y,Ed} = 2 * N_{Ed} * \cos \alpha = 2 * 4\,230 * \cos 33 = 7\,095\text{ N}$$

$$F_{x,Ed} = N_{Ed} * \sin \alpha - N_{Ed} * \sin \alpha = 0\text{ N}$$

$$I_{we} = \frac{2 * 3}{12} * 360,0^3 = 23,33 * 10^6\text{ mm}^4$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{y,Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{7\,095}{2 * 360,0 * 3} = 3,28\text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{M_{Ed} * x_i}{I_{we}} = \frac{0,28 * 10^6 * 180,0}{23,33 * 10^6} = 2,16\text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{2,16}{\sqrt{2}} = 1,53\text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 360,00}{1,25} = 259,20\text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{1,53^2 + 3 * (1,53^2 + 3,28^2)} = 6,45\text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

$$= \frac{360,00}{0,8 * 1,25} = 360,00\text{ MPa}$$

VYHOVUJE

8.14 Detail 13 - Příklad stropnice na průvlak

$$V_{Ed} = 45\,860\text{ N}$$

Návrh M16 8.8

Únosnost jednoho šroubu ve střihu – smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 157,0 * 800,00}{1,25} = 60\,288\text{ N}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,50 * 0,55 * 16,0 * 5,0 * 490,00}{1,25} = 43\,120\text{ N}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,0 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{30,0}{3 * 18,0} \\ \frac{800,00}{490,00} \\ 1,0 \end{array} \right\} = 0,55$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{30,0}{18,0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right\} = 2,50$$

Únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = 4 * \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 4 * \min(60\,288; 43\,120) = 4 * 43\,120 = 172\,480\text{ N}$$

$$\geq V_{Ed} = 45\,860\text{ N}$$

VYHOVUJE

Plocha oslabeného průřezu

$$A_{vz} = t_w * l_w = 4,7 * 100,0 = 470,0 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_{vz}} = \frac{45\,860}{470,0} = 97,57 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{Ed}}{\frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}} = \frac{97,57}{\frac{355,00}{\sqrt{3} * 1,0}} = 0,48 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Svar čelní desky a IPE 140

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 * l_w * a_w} = \frac{45\,860}{2 * 100,0 * 3} = 76,43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &= \sqrt{0,0^2 + 3 * (0,0^2 + 76,43^2)} = 132,38 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \\ &= \frac{490,00}{0,9 * 1,25} = 435,55 \text{ MPa} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

Příloha

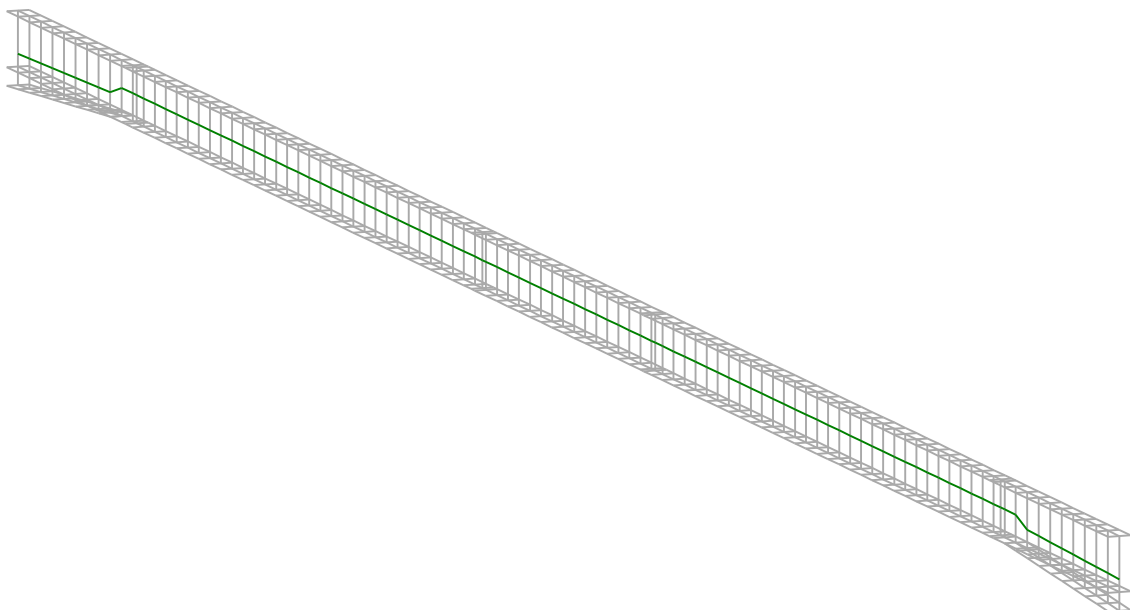
Protokoly programu LTBeamN

LTBeamN

v 1.0.3

CALCULATION SHEET

RÁM I



I - PARAMETERS

I.1 - Lateral restraints

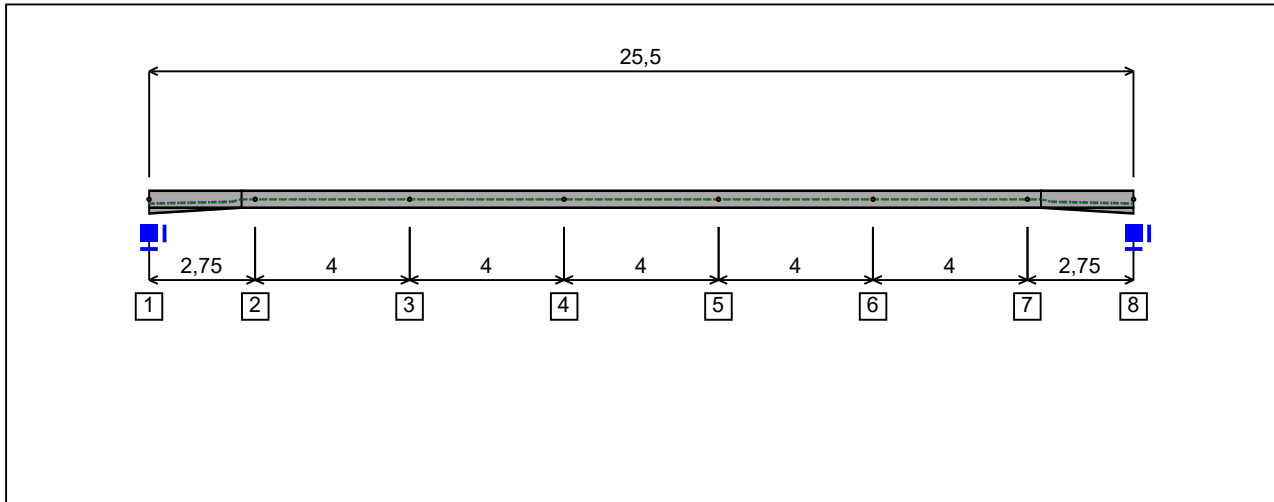


Figure 1 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 12,24 \text{ cm}$

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,75 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Free
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 6,75 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Free
 v' : Free
 θ' : Free

- Restraint No. 4 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 10,75 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Free
 v' : Free
 θ' : Free

- Restraint No. 5 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 14,75 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Free
 v' : Free
 θ' : Free

- Restraint No. 6 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 18,75 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Free
 v' : Free
 θ' : Free

- Restraint No. 7 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 22,75 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Free

v' : Free

θ' : Free

- Restraint No. 8 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 25,5$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 12,24$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Fixed

v' : Free

θ' : Free

I.2 - Supports

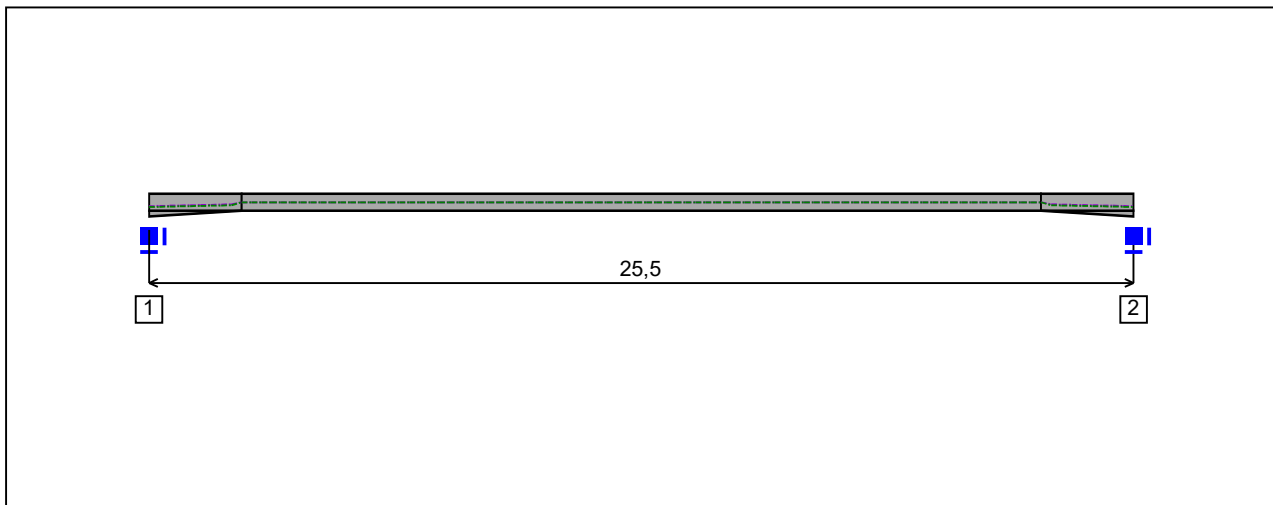


Figure 2 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Support conditions :

u : Fixed

w : Fixed

w' : Fixed

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 25,5$ m

Support conditions :

u : Fixed

w : Fixed

w' : Fixed

I.3 - Loads

Type of loading :

Internal

- *Moment diagram :*

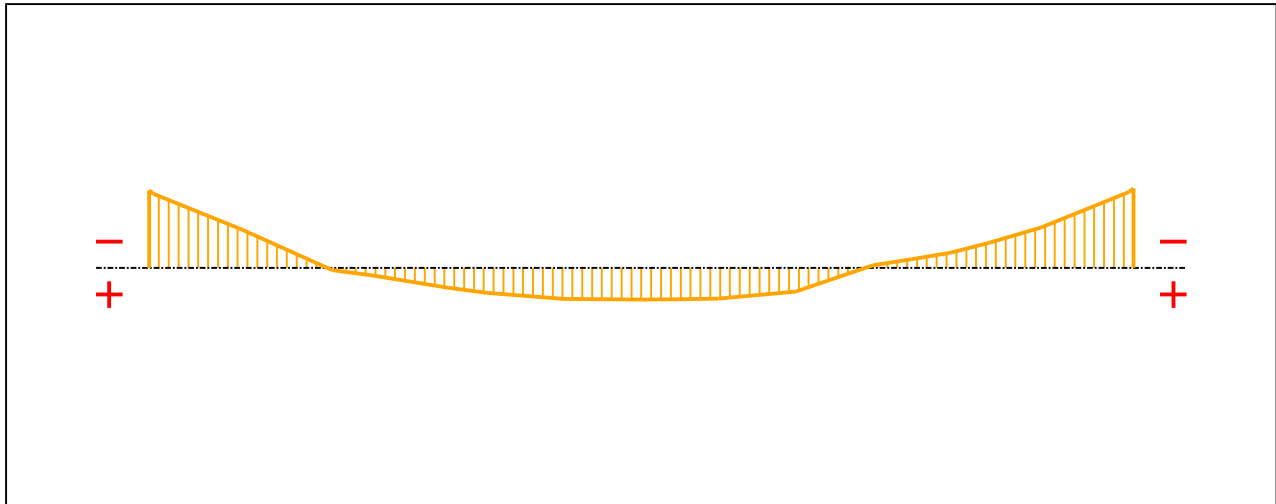


Figure 3 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-574,19
0,12	-548,35
2,4	-285,37
4,75	16,72
5,75	53,92
7,75	144,94
8,75	184,05
10,75	227,82
11,75	231,31
12,75	234,15
13,75	231,14
14,75	226,8
15,75	201,34
16,75	174,59
18,75	-20,75
19,75	-65,53

Table 1 (Next) : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
20,75	-112,81
21,75	-184,49
23,1	-298,06
25,38	-561,52
25,5	-588,38

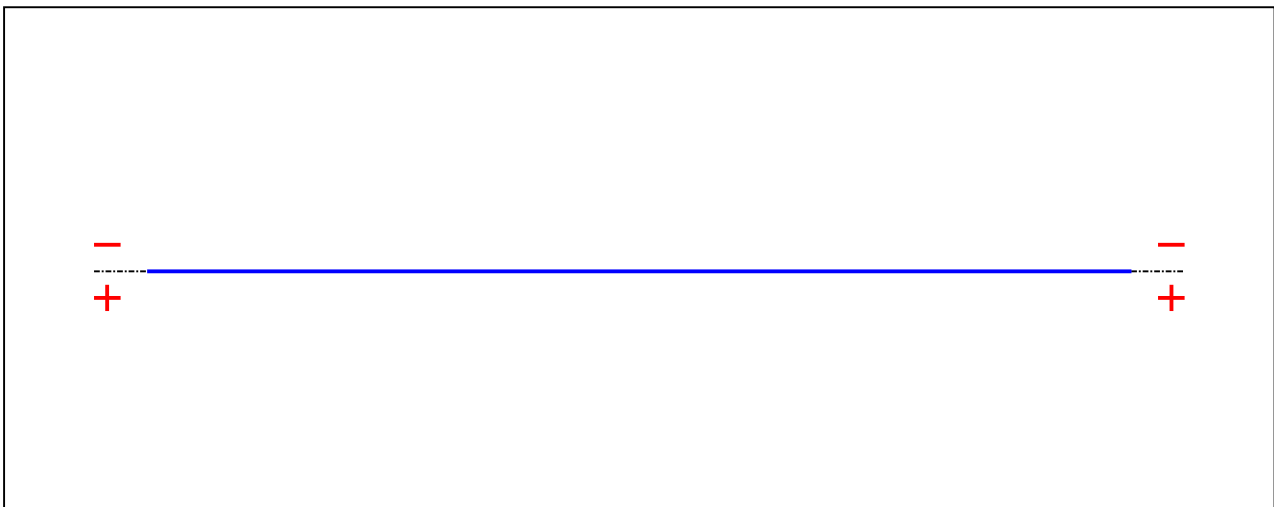
- Axial force diagram :

Figure 4 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
25,5	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : No

The TAPER effect is taken into account

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	2,356	-1386,4	25,5	0	25,5

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	2,356	-1386,4	25,5	0	25,5

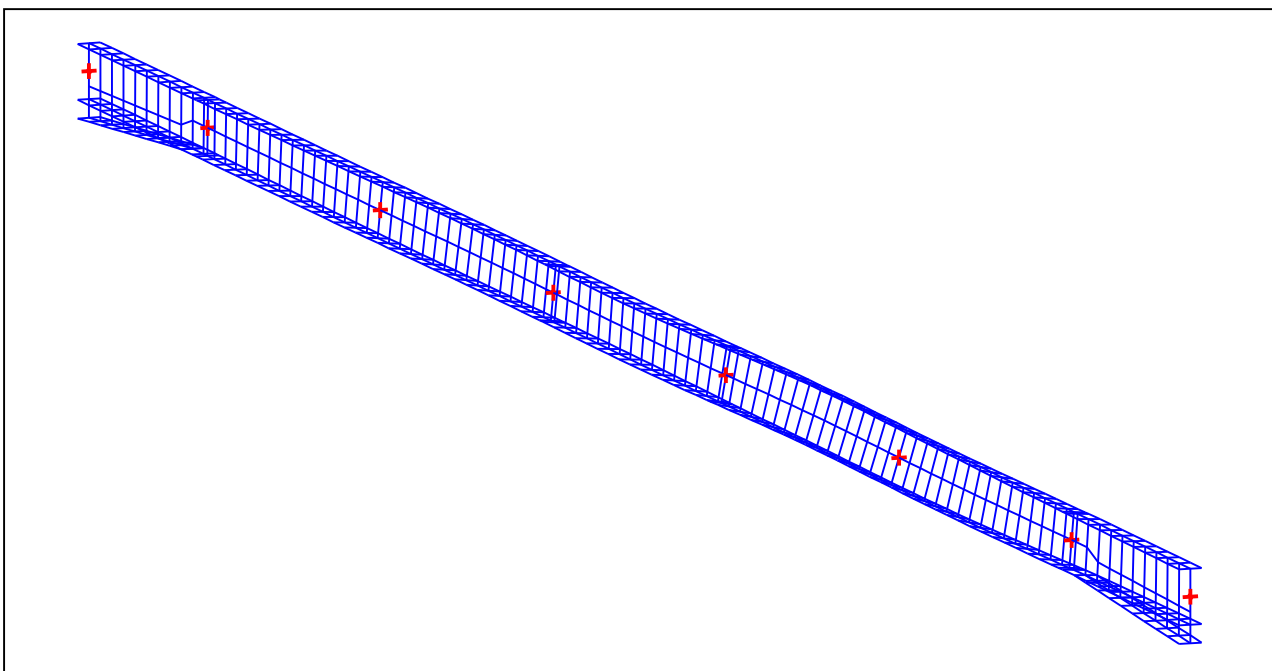


Figure 5 : Mode shape in 3D (Mode 1).

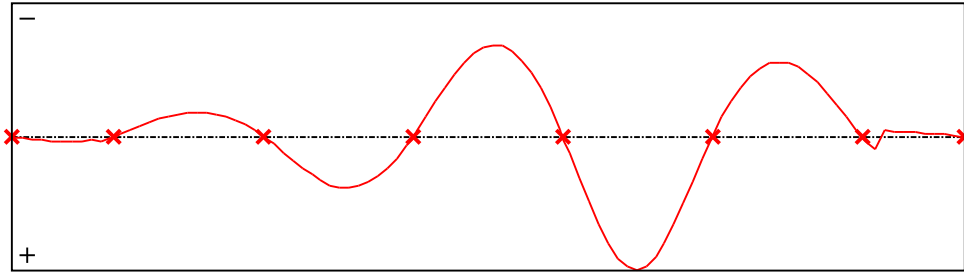


Figure 6 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

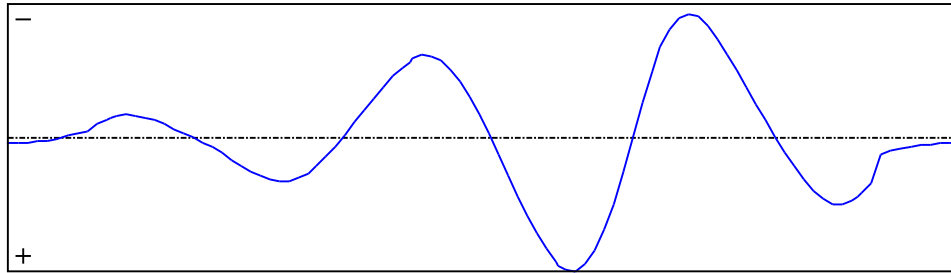


Figure 7 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

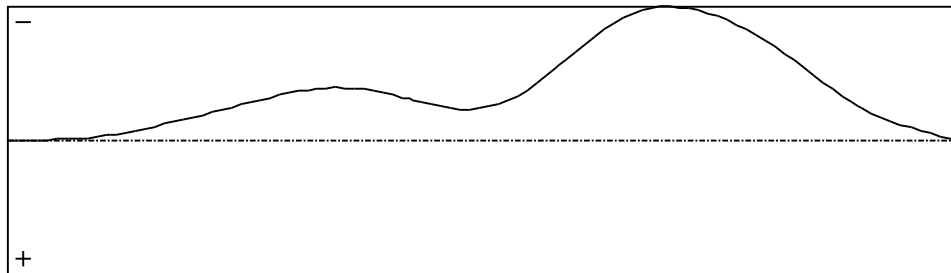


Figure 8 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

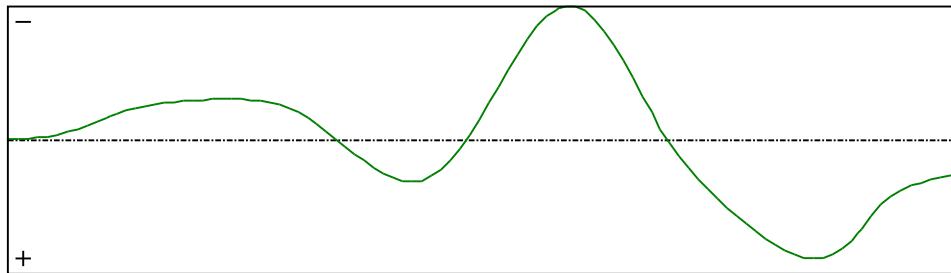


Figure 9 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

I - PARAMETERS	p.1
I.1 - Lateral restraints	p.2
- Restraint No. 1 :	p.2
- Restraint No. 2 :	p.2
- Restraint No. 3 :	p.2
- Restraint No. 4 :	p.3
- Restraint No. 5 :	p.3
- Restraint No. 6 :	p.3
- Restraint No. 7 :	p.3
- Restraint No. 8 :	p.4
I.2 - Supports	p.5
- Support No. 1 :	p.5
- Support No. 2 :	p.5
I.3 - Loads	p.6
- Moment diagram :	p.6
- Axial force diagram :	p.7
- Eccentric concentrated loads :	p.7
- Eccentric distributed loads :	p.7
II - LTB CALCULATION	p.8
II.1 - LTB modes	p.8
II.2 - Mode shapes	p.8
- Mode 1	p.8

WARNING !

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

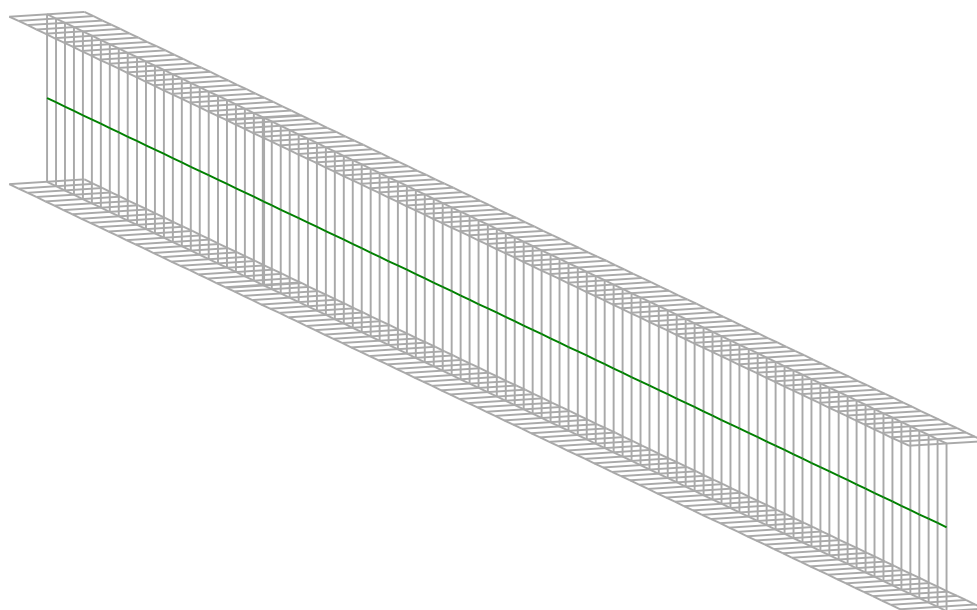
This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

LTBeamN

v 1.0.3

CALCULATION SHEET

RÁM I



I - PARAMETERS

I.1 - Lateral restraints

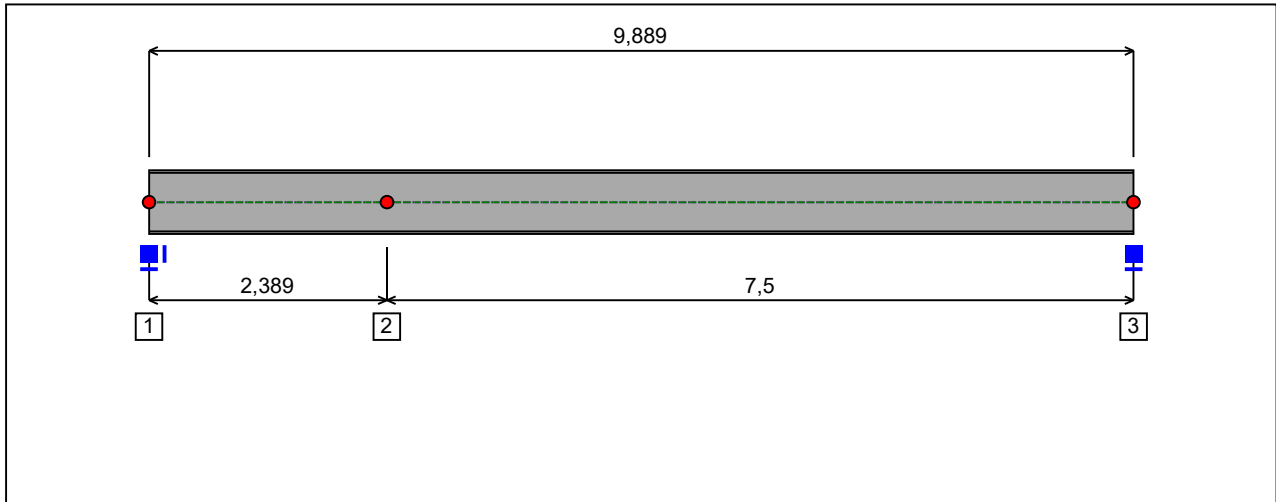


Figure 1 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,389$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Free
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 9,889$ m

Vertical position from the shear centre :

$z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Fixed

v' : Free

θ' : Free

I.2 - Supports

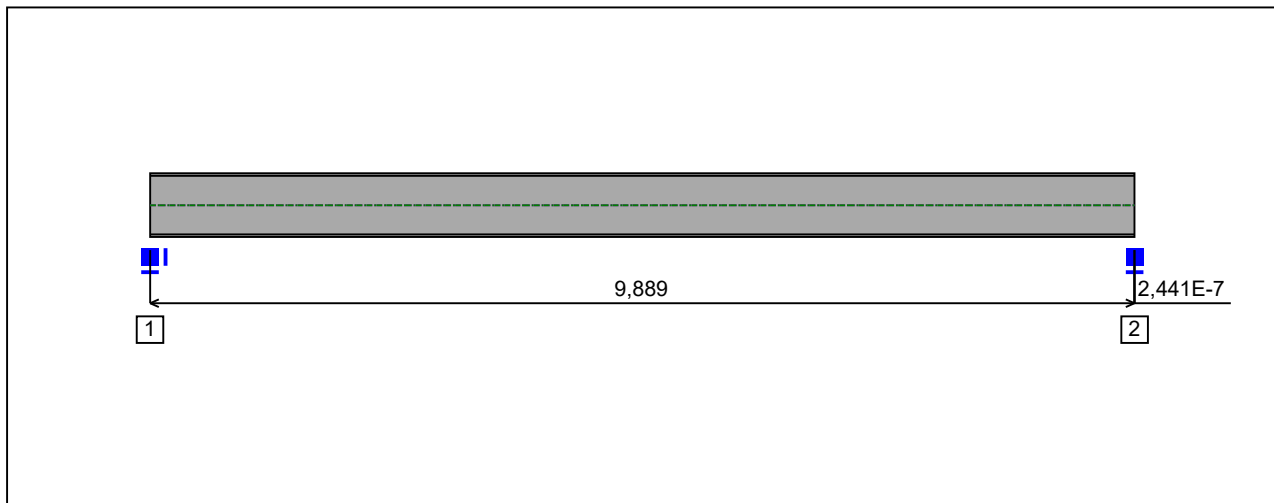


Figure 2 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :Abcissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Support conditions :

u : Fixed

w : Fixed

w' : Fixed

- Support No. 2 :Abcissa from the left end of the beam : $x = 9,889$ m

Support conditions :

u : Free

w : Fixed

w' : Fixed

I.3 - Loads

Type of loading :

Internal

- *Moment diagram :*

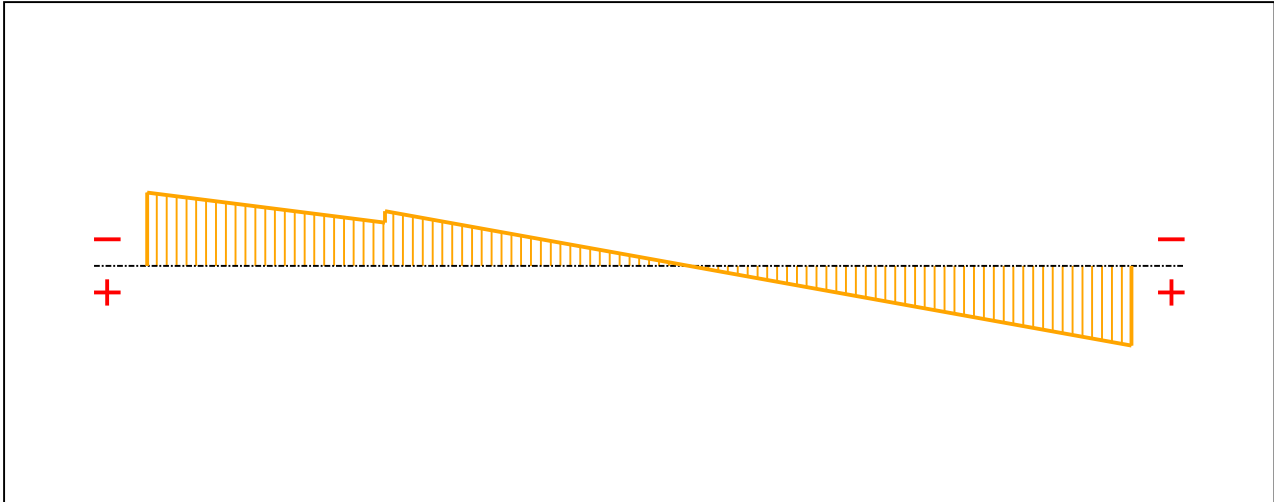


Figure 3 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-588,38
2,389	-348,08
2,389	-439,54
9,889	637,77

- *Axial force diagram :*

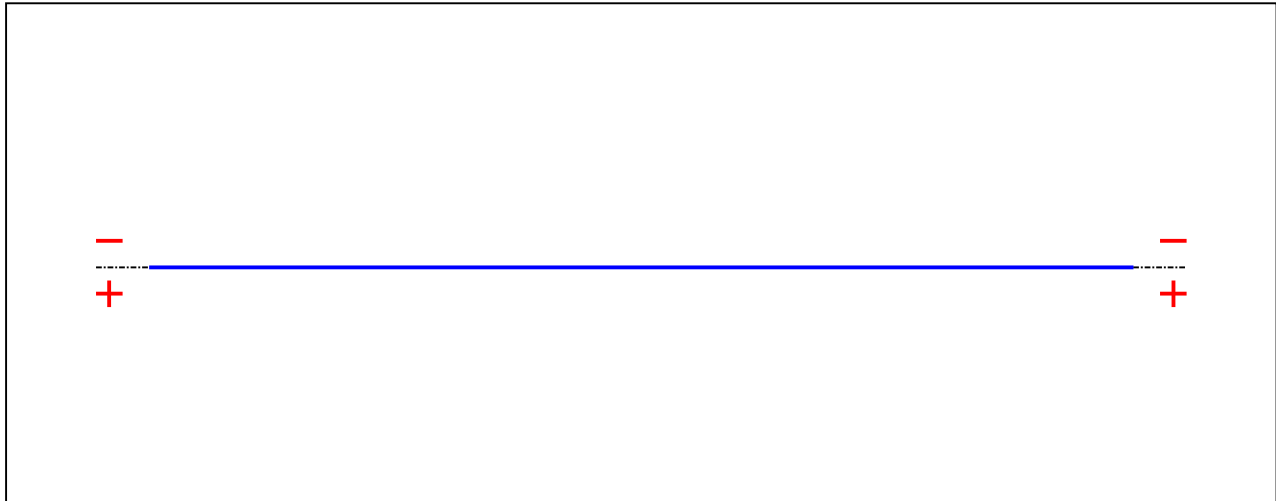


Figure 4 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
9,889	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : No

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	5,575	3555,8	9,889	0	9,889

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	5,575	3555,8	9,889	0	9,889

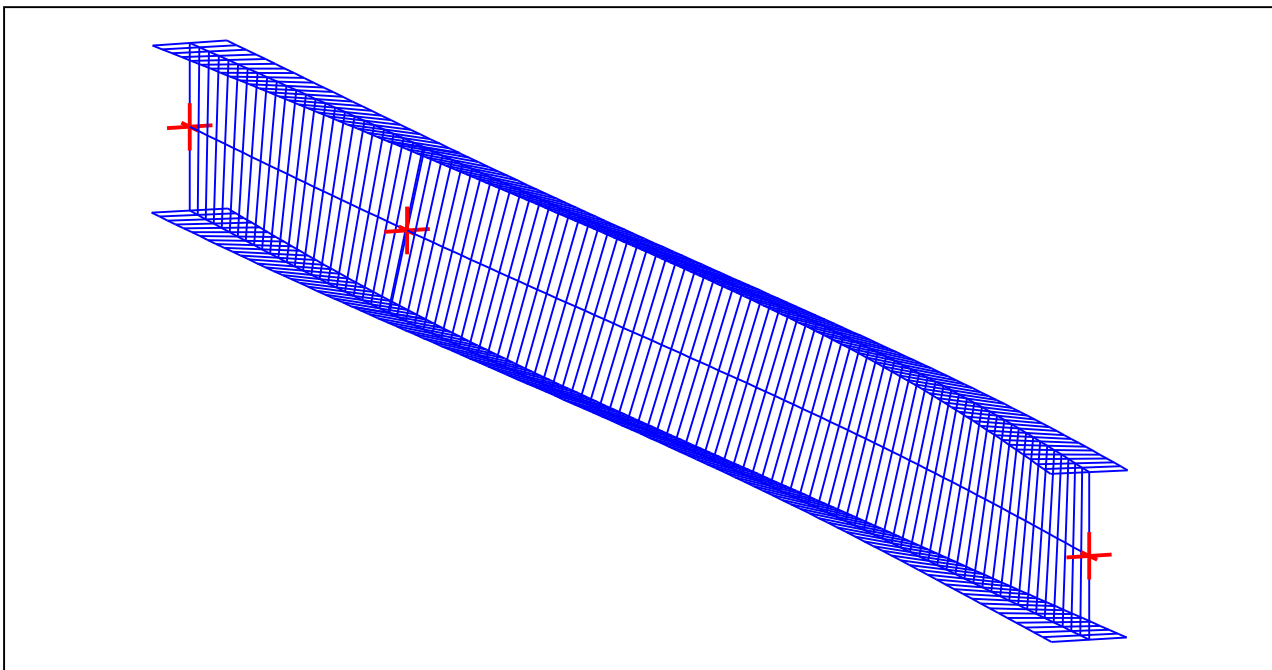


Figure 5 : Mode shape in 3D (Mode 1).

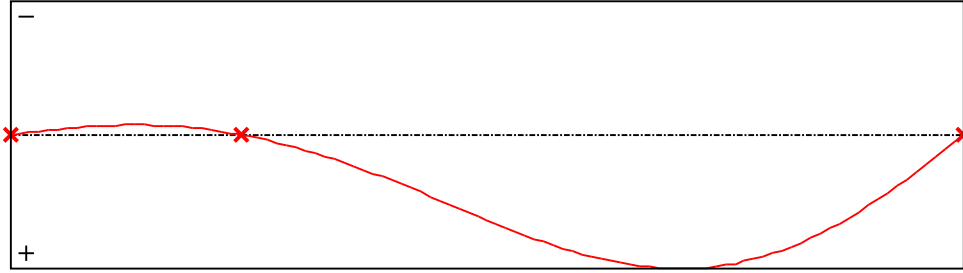


Figure 6 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

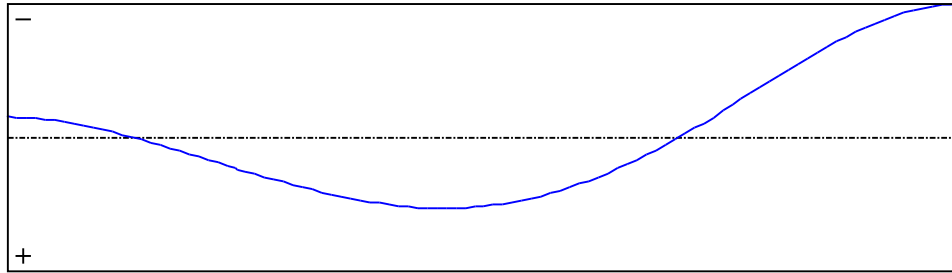


Figure 7 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

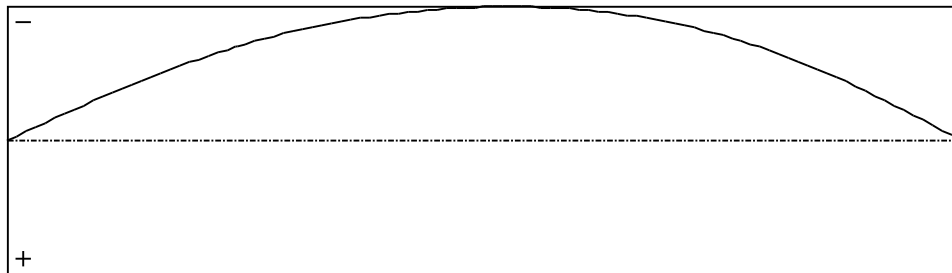


Figure 8 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

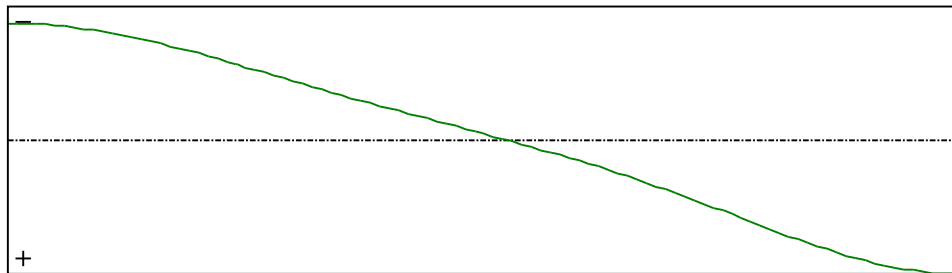


Figure 9 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

I - PARAMETERS	p.1
<i>I.1 - Lateral restraints</i>	<i>p.2</i>
- <i>Restraint No. 1 :</i>	<i>p.2</i>
- <i>Restraint No. 2 :</i>	<i>p.2</i>
- <i>Restraint No. 3 :</i>	<i>p.2</i>
<i>I.2 - Supports</i>	<i>p.4</i>
- <i>Support No. 1 :</i>	<i>p.4</i>
- <i>Support No. 2 :</i>	<i>p.4</i>
<i>I.3 - Loads</i>	<i>p.5</i>
- <i>Moment diagram :</i>	<i>p.5</i>
- <i>Axial force diagram :</i>	<i>p.5</i>
- <i>Eccentric concentrated loads :</i>	<i>p.6</i>
- <i>Eccentric distributed loads :</i>	<i>p.6</i>
II - LTB CALCULATION	p.7
<i>II.1 - LTB modes</i>	<i>p.7</i>
<i>II.2 - Mode shapes</i>	<i>p.7</i>
- <i>Mode 1</i>	<i>p.7</i>

WARNING !

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

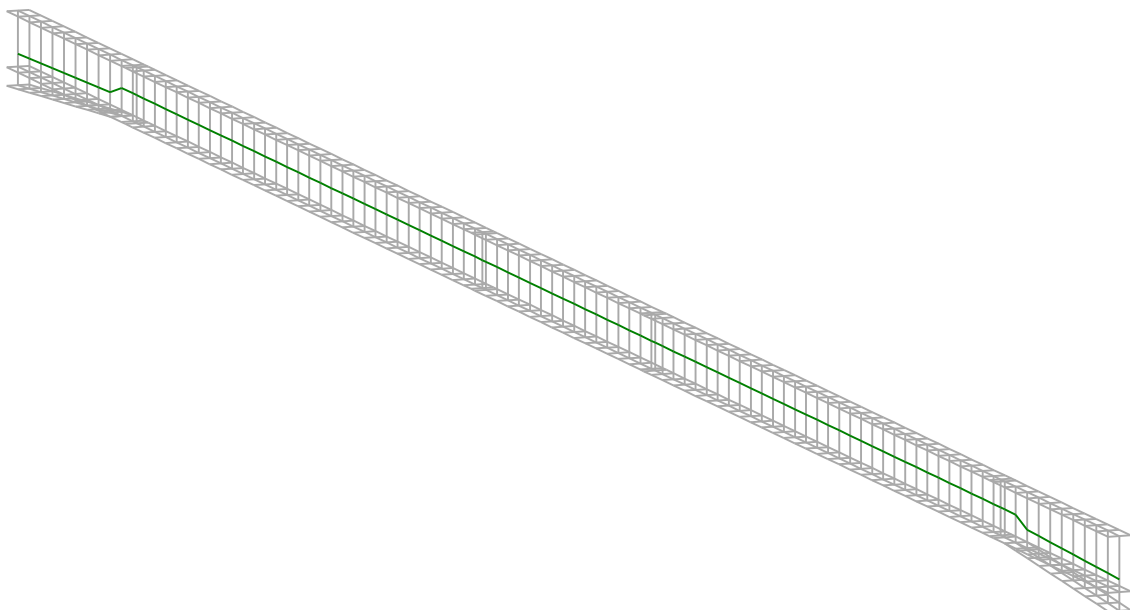
This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

LTBeamN

v 1.0.3

CALCULATION SHEET

RÁM II



I - PARAMETERS

I.1 - Lateral restraints

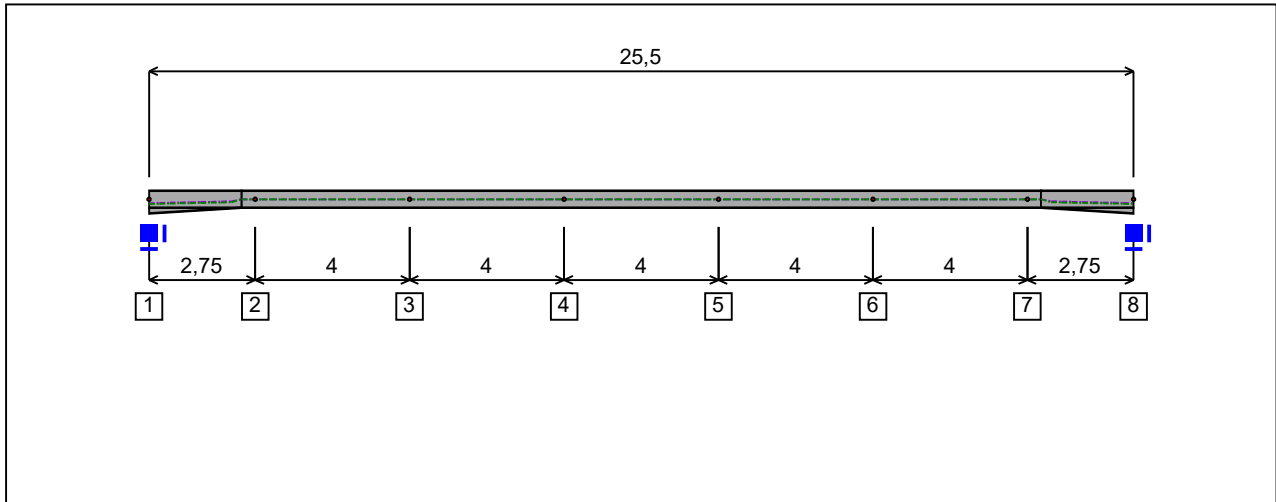


Figure 1 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 12,24 \text{ cm}$

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,75 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Free
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 6,75 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Free
 v' : Free
 θ' : Free

- Restraint No. 4 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 10,75$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Free
 v' : Free
 θ' : Free

- Restraint No. 5 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 14,75$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Free
 v' : Free
 θ' : Free

- Restraint No. 6 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 18,75$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Free
 v' : Free
 θ' : Free

- Restraint No. 7 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 22,75$ m

Vertical position from the shear centre :

$z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Free

v' : Free

θ' : Free

- Restraint No. 8 :

Type :

Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 25,5$ m

Vertical position from the shear centre :

$z = 12,24$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Fixed

v' : Free

θ' : Free

I.2 - Supports

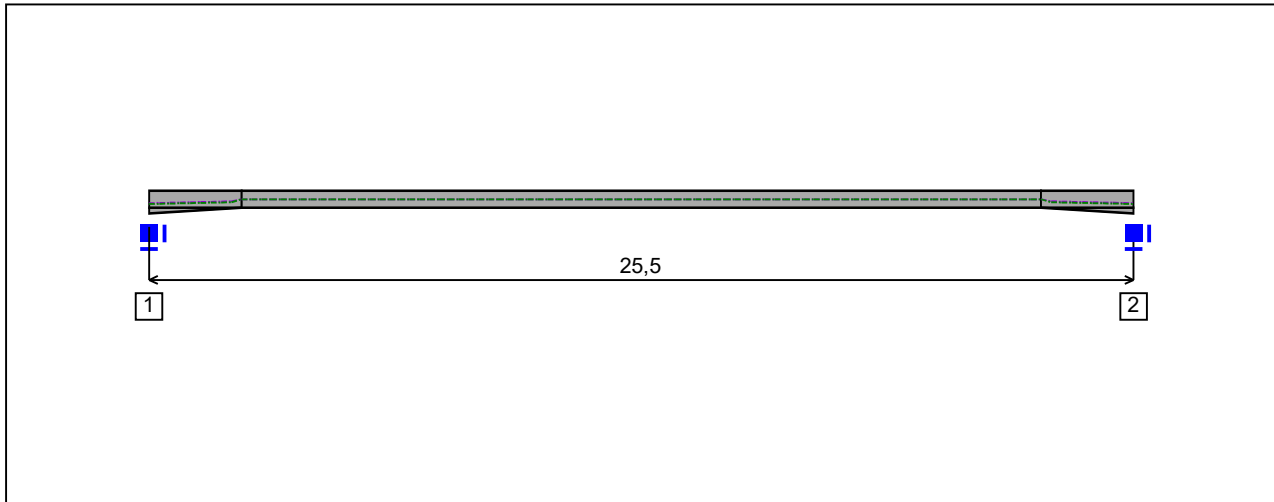


Figure 2 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Support conditions :

u : Fixed
w : Fixed
w' : Fixed

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 25,5$ m

Support conditions :

u : Fixed
w : Fixed
w' : Fixed

I.3 - Loads

Type of loading :

Internal

- *Moment diagram* :

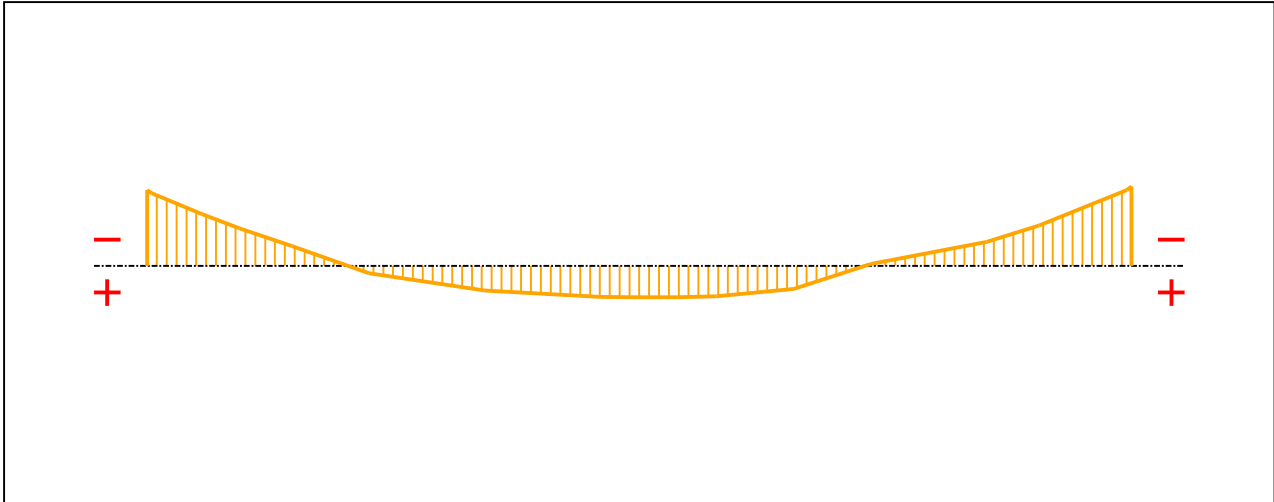


Figure 3 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-569,53
0,12	-543,99
1,44	-386,84
2,4	-281,35
3,75	-149,99
5,75	54,05
8,75	184,16
11,75	232,49
12,75	235,04
13,75	234,25
14,75	226,15
16,75	172,43
18,75	-16,15
21,75	-181,56
23,1	-303,75
25,38	-569,01

Table 1 (Next) : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
25,5	-595,62

- Axial force diagram :

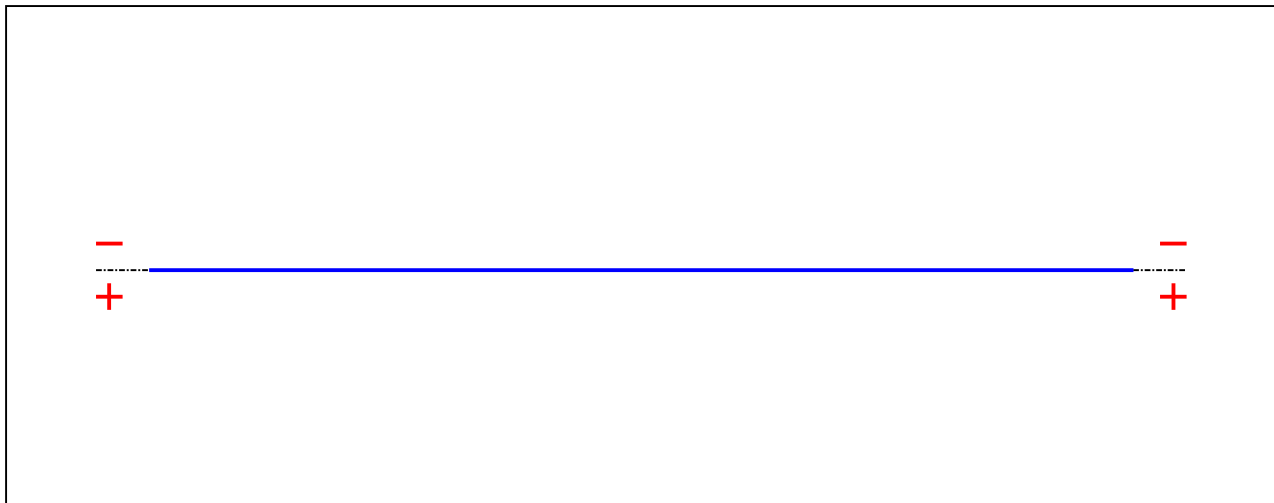


Figure 4 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
25,5	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : No

The TAPER effect is taken into account

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	2,333	-1389,5	25,5	0	25,5

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	2,333	-1389,5	25,5	0	25,5

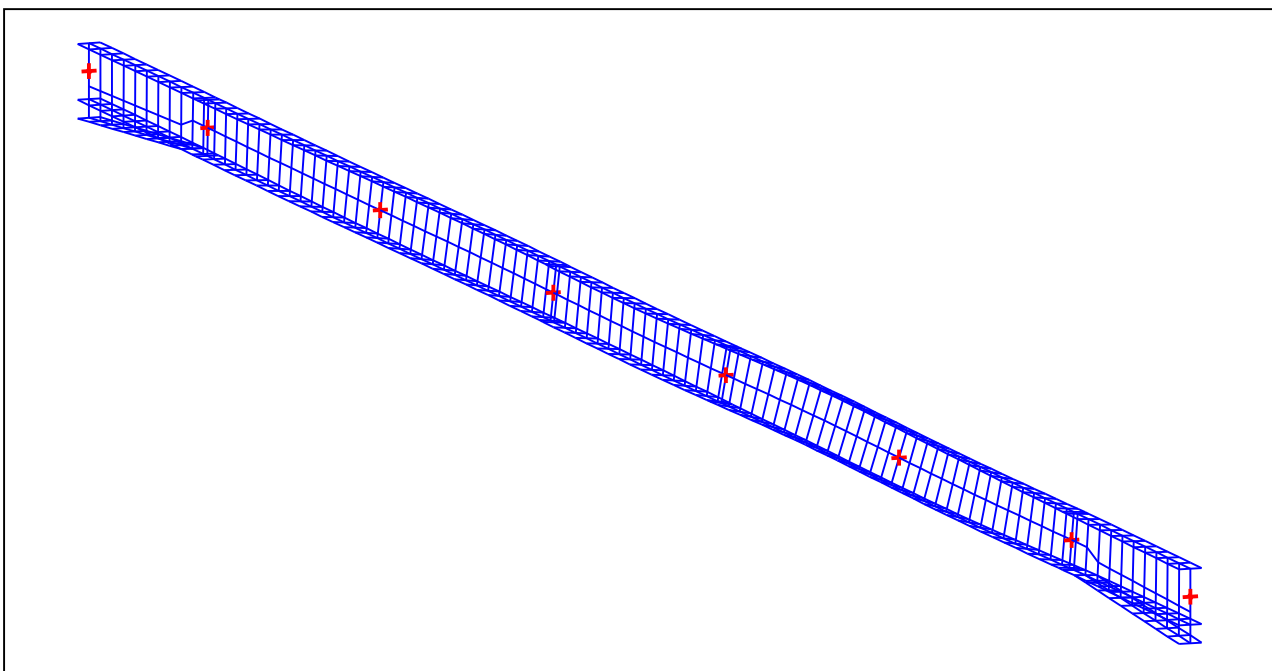


Figure 5 : Mode shape in 3D (Mode 1).

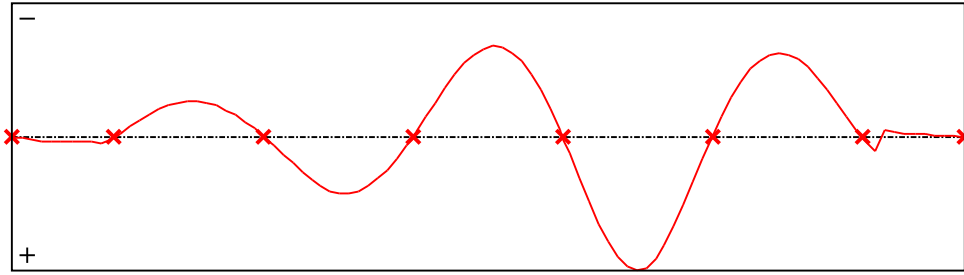


Figure 6 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

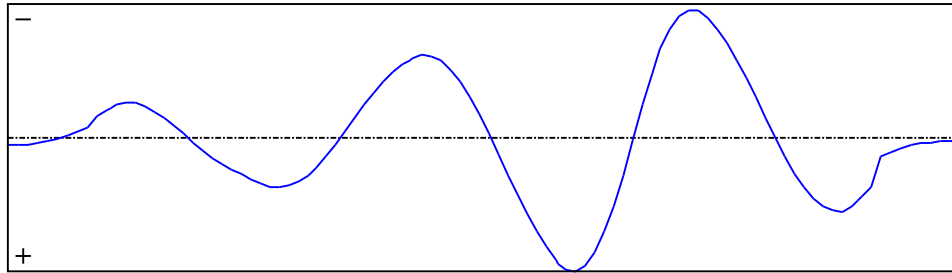


Figure 7 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

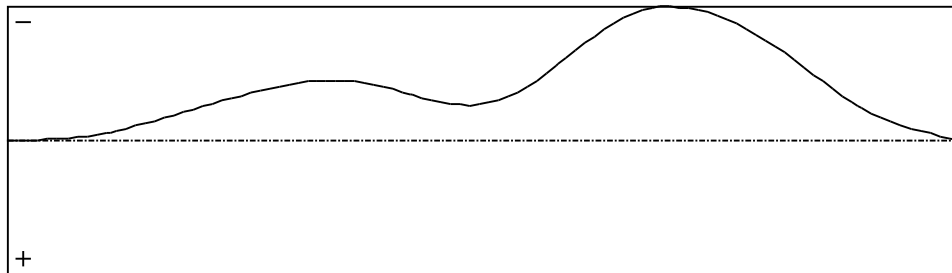


Figure 8 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

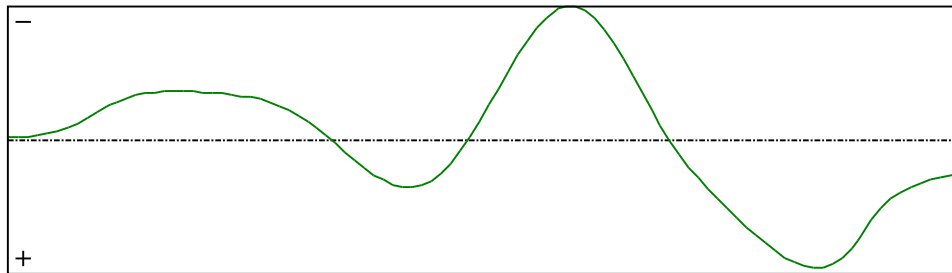


Figure 9 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

I - PARAMETERS	p.1
I.1 - Lateral restraints	p.2
- Restraint No. 1 :	p.2
- Restraint No. 2 :	p.2
- Restraint No. 3 :	p.2
- Restraint No. 4 :	p.3
- Restraint No. 5 :	p.3
- Restraint No. 6 :	p.3
- Restraint No. 7 :	p.3
- Restraint No. 8 :	p.4
I.2 - Supports	p.5
- Support No. 1 :	p.5
- Support No. 2 :	p.5
I.3 - Loads	p.6
- Moment diagram :	p.6
- Axial force diagram :	p.7
- Eccentric concentrated loads :	p.7
- Eccentric distributed loads :	p.7
II - LTB CALCULATION	p.8
II.1 - LTB modes	p.8
II.2 - Mode shapes	p.8
- Mode 1	p.8

WARNING !

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

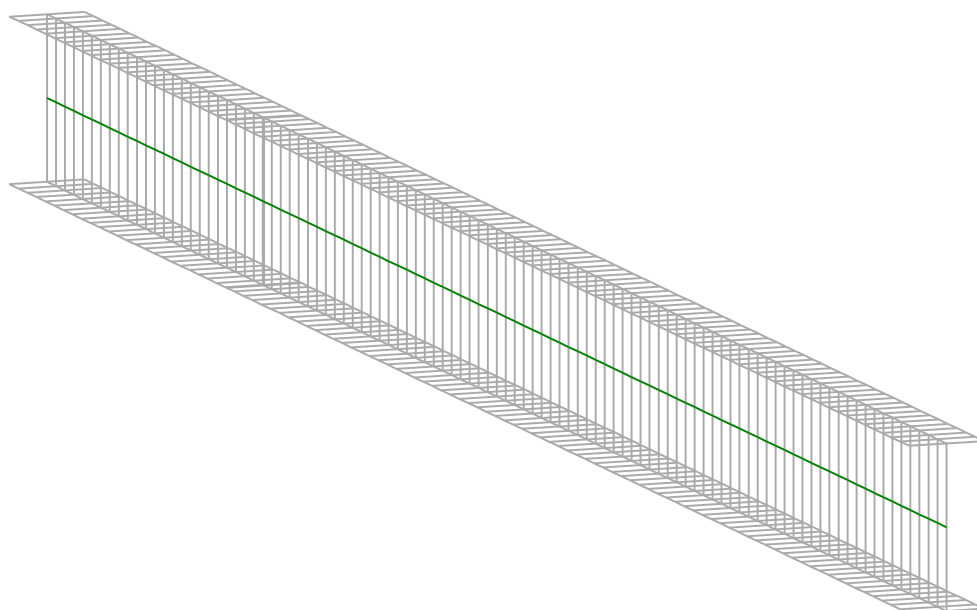
This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

LTBeamN

v 1.0.3

CALCULATION SHEET

RÁM II



I - PARAMETERS

I.1 - Lateral restraints

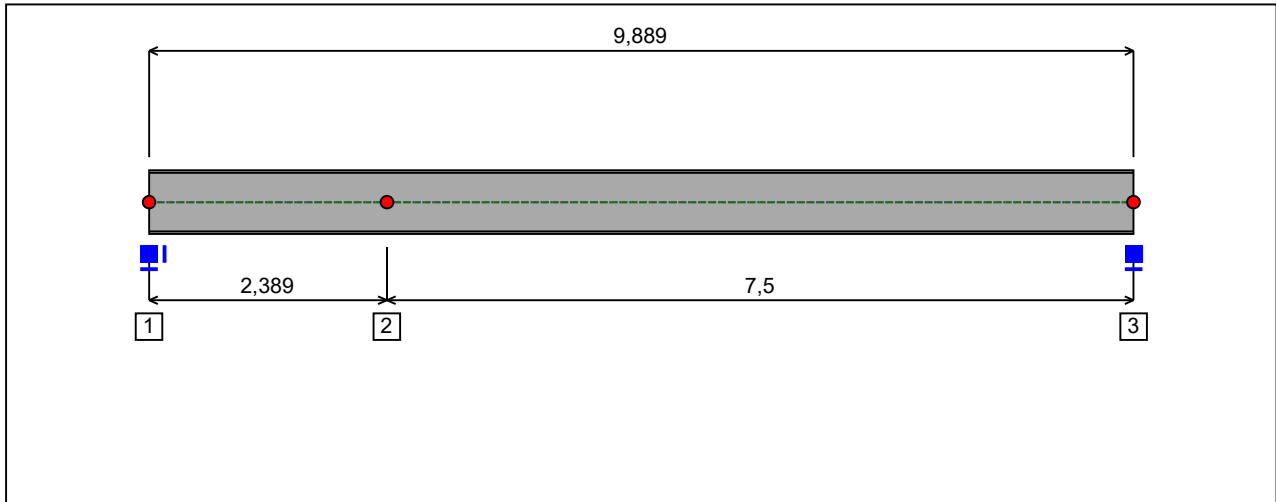


Figure 1 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,389$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Free
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 9,889$ m

Vertical position from the shear centre :

$z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Fixed

v' : Free

θ' : Free

I.2 - Supports

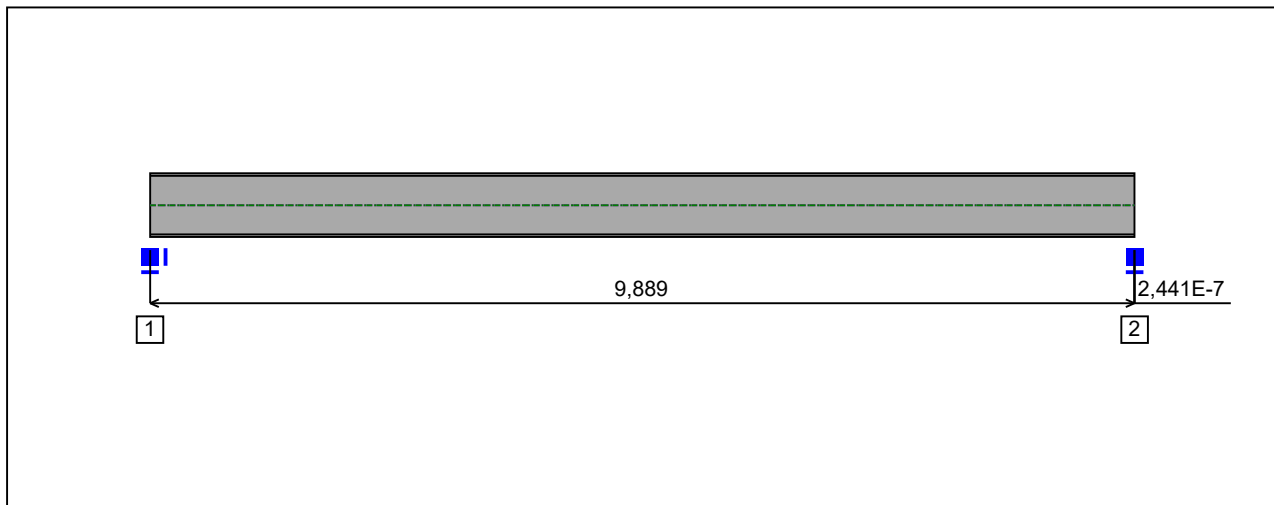


Figure 2 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Support conditions :

u : Fixed
w : Fixed
w' : Fixed

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 9,889$ m

Support conditions :

u : Free
w : Fixed
w' : Fixed

I.3 - Loads

Type of loading :

Internal

- *Moment diagram :*

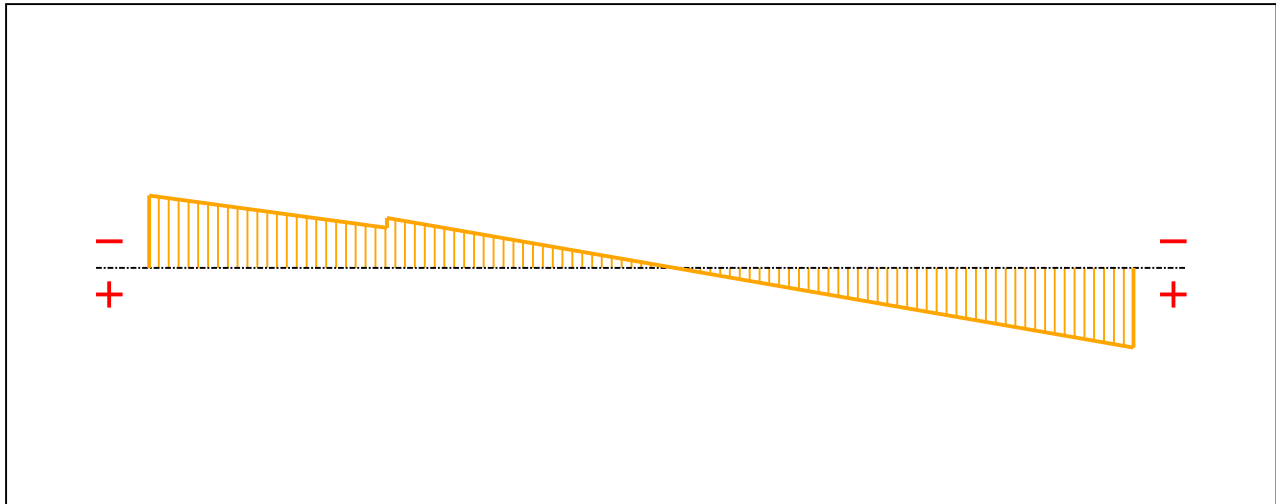


Figure 3 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-595,62
2,389	-330,01
2,389	-411,54
9,889	653,78

- *Axial force diagram :*

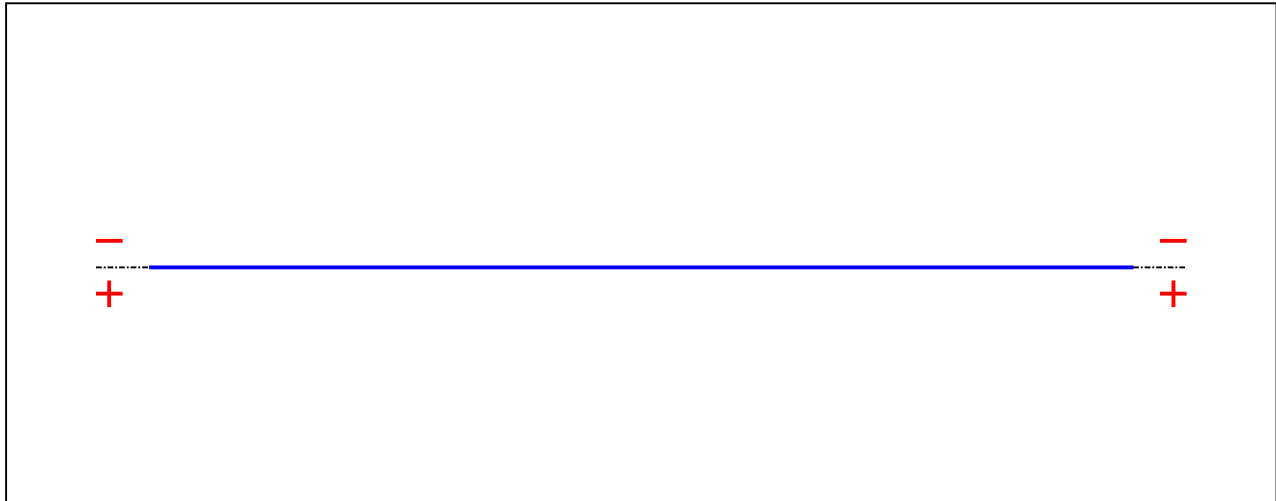


Figure 4 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
9,889	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : No

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	5,415	3540,2	9,889	0	9,889

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	5,415	3540,2	9,889	0	9,889

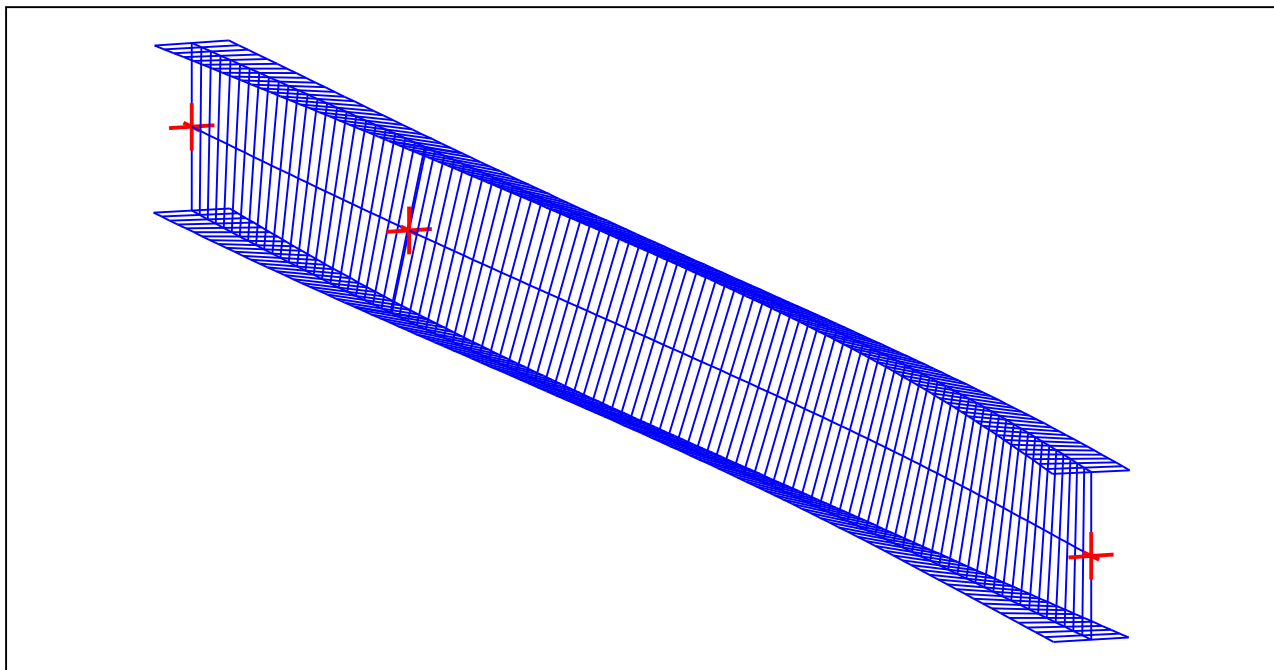


Figure 5 : Mode shape in 3D (Mode 1).

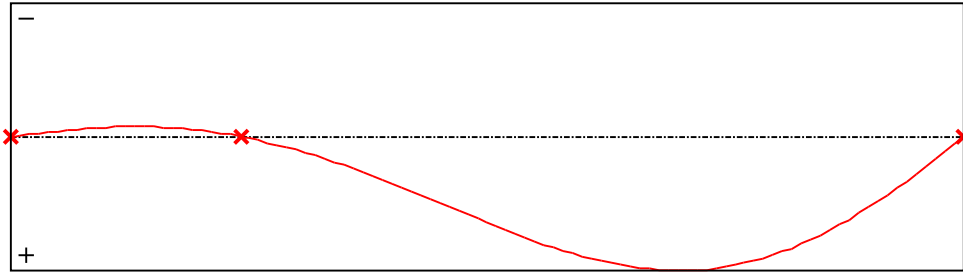


Figure 6 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

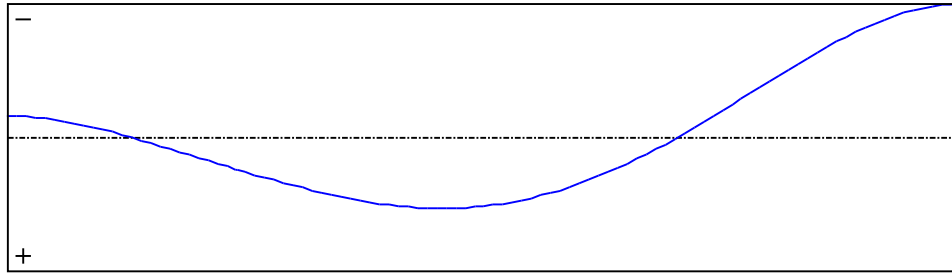


Figure 7 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

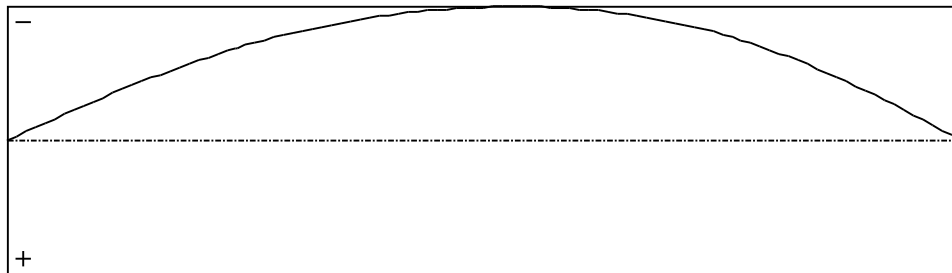


Figure 8 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

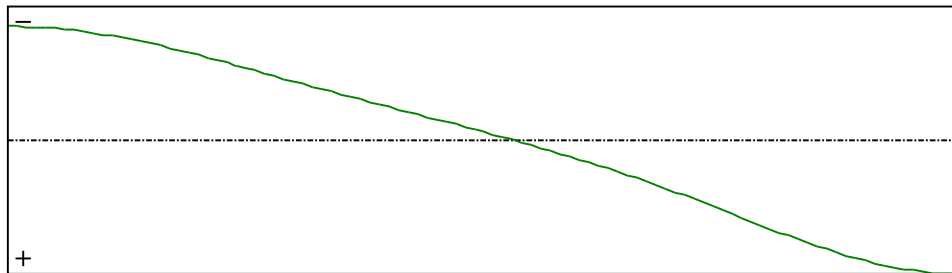


Figure 9 : Warping compoment of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

I - PARAMETERS	p.1
<i>I.1 - Lateral restraints</i>	<i>p.2</i>
- <i>Restraint No. 1 :</i>	<i>p.2</i>
- <i>Restraint No. 2 :</i>	<i>p.2</i>
- <i>Restraint No. 3 :</i>	<i>p.2</i>
<i>I.2 - Supports</i>	<i>p.4</i>
- <i>Support No. 1 :</i>	<i>p.4</i>
- <i>Support No. 2 :</i>	<i>p.4</i>
<i>I.3 - Loads</i>	<i>p.5</i>
- <i>Moment diagram :</i>	<i>p.5</i>
- <i>Axial force diagram :</i>	<i>p.5</i>
- <i>Eccentric concentrated loads :</i>	<i>p.6</i>
- <i>Eccentric distributed loads :</i>	<i>p.6</i>
II - LTB CALCULATION	p.7
<i>II.1 - LTB modes</i>	<i>p.7</i>
<i>II.2 - Mode shapes</i>	<i>p.7</i>
- <i>Mode 1</i>	<i>p.7</i>

WARNING !

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

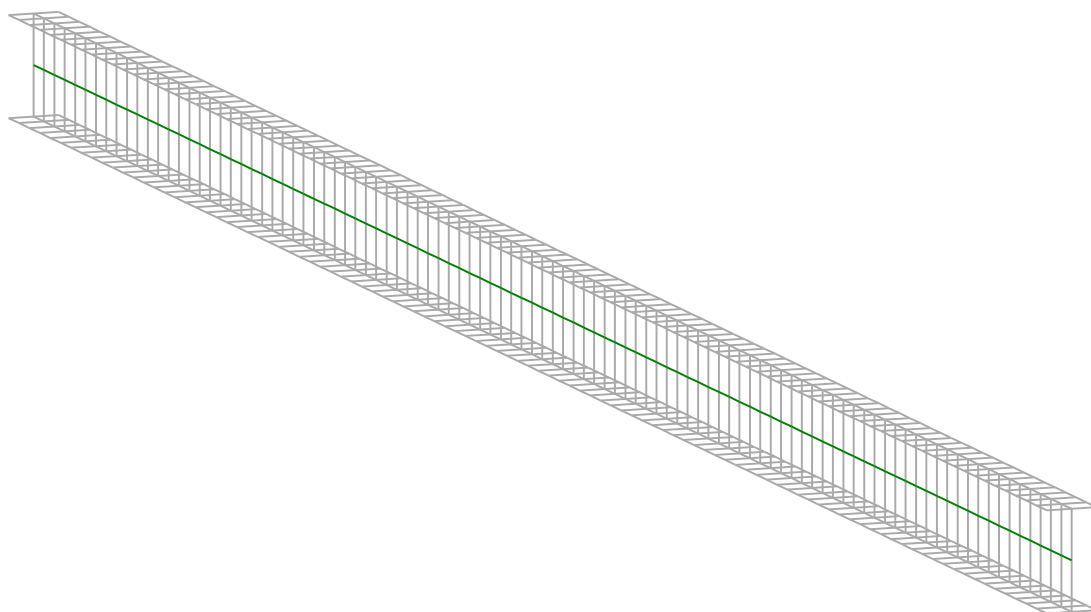
This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

LTBeamN

v 1.0.3

CALCULATION SHEET

RÁM II



I - PARAMETERS

I.1 - Lateral restraints

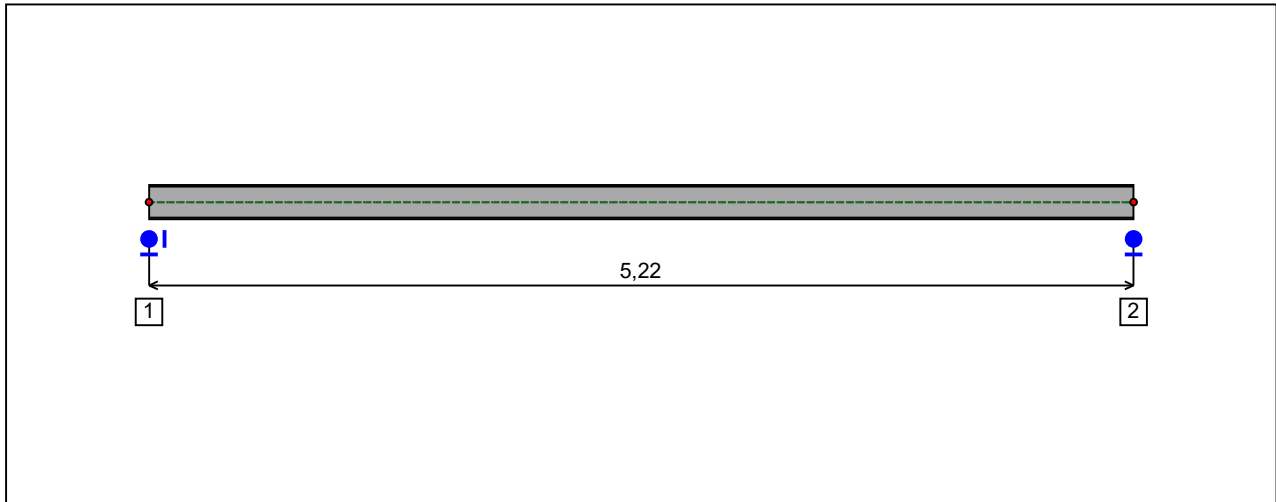


Figure 1 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 5,22$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

I.2 - Supports

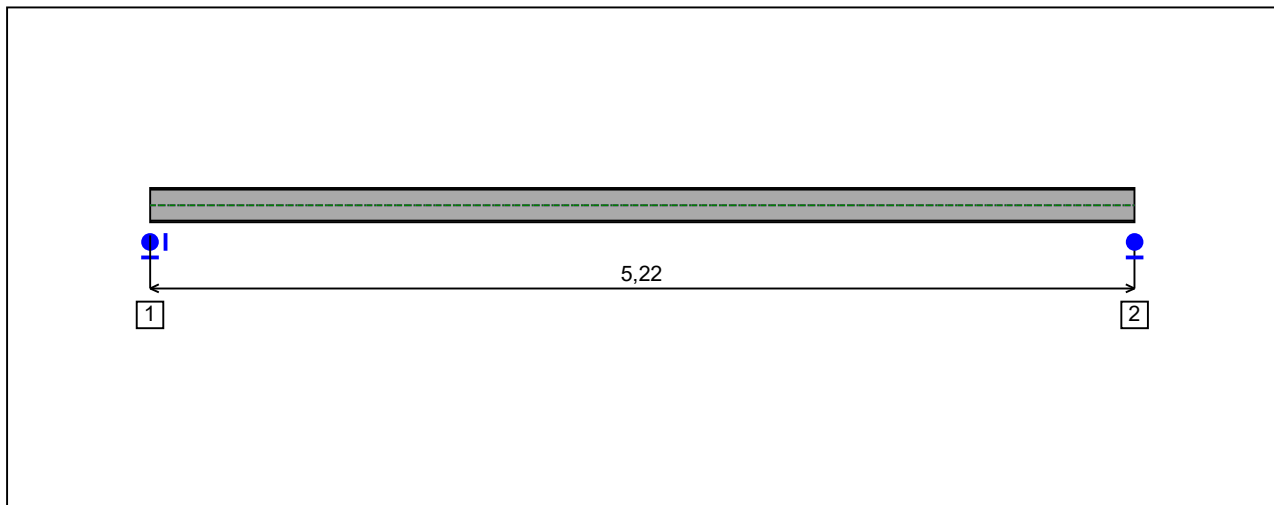


Figure 2 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Support conditions :

u : Fixed
w : Fixed
w' : Free

- Support No. 2 :Abscissa from the left end of the beam : $x = 5,22$ m

Support conditions :

u : Free
w : Fixed
w' : Free

I.3 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

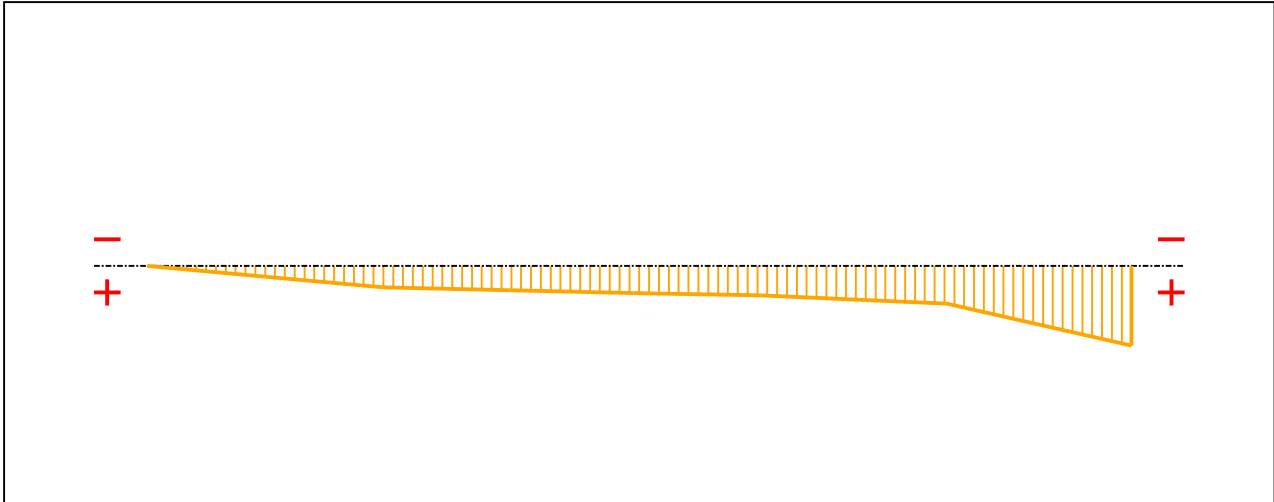


Figure 3 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	0
0,63	4,03
1,25	7,97
1,92	9,07
2,58	10,08
3,25	11,01
4,24	14,02
5,22	29,65

- Axial force diagram :

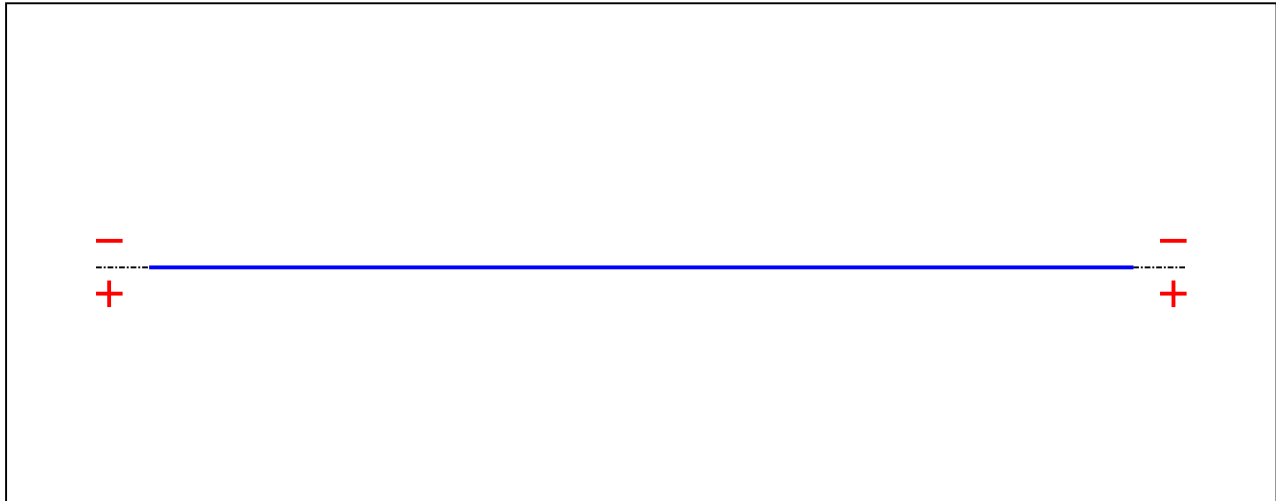


Figure 4 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
5,22	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes :	1
Blocked moment diagram :	No
Blocked axial force diagram :	No

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	1,701	50,44	5,22	0	5,22

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	1,701	50,44	5,22	0	5,22

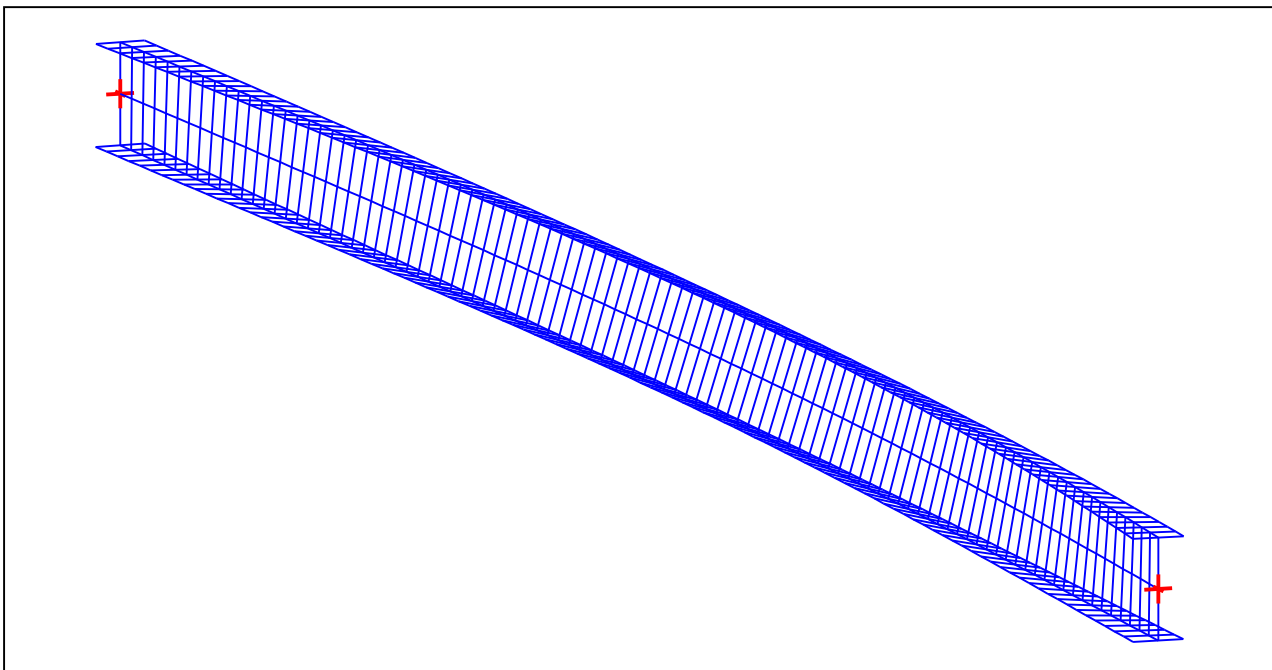


Figure 5 : Mode shape in 3D (Mode 1).

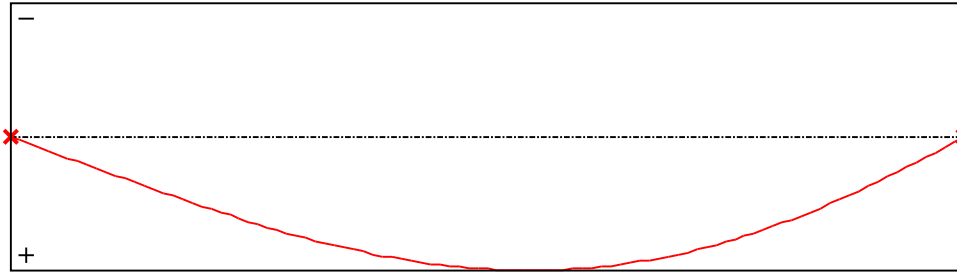


Figure 6 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

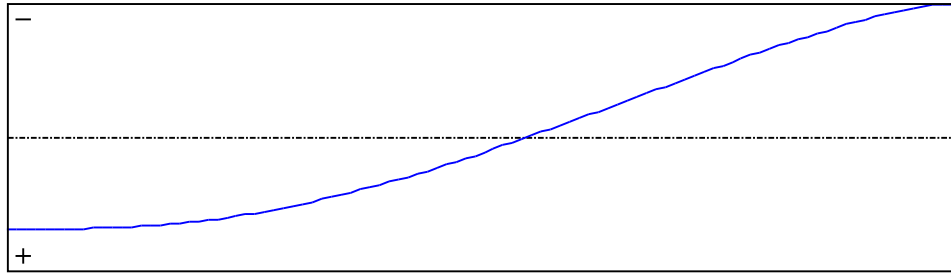


Figure 7 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

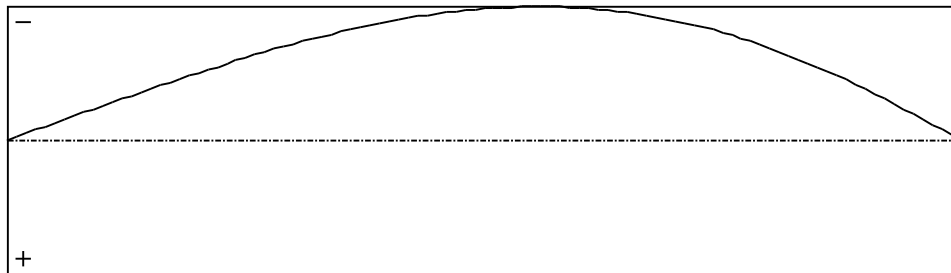


Figure 8 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

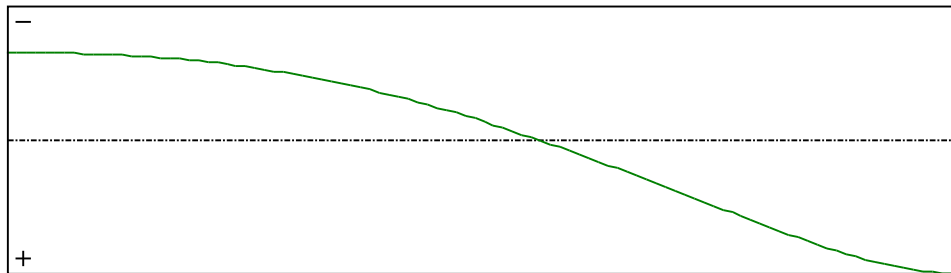


Figure 9 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

I - PARAMETERS	p.1
I.1 - Lateral restraints	p.2
- Restraint No. 1 :	p.2
- Restraint No. 2 :	p.2
I.2 - Supports	p.3
- Support No. 1 :	p.3
- Support No. 2 :	p.3
I.3 - Loads	p.4
- Moment diagram :	p.4
- Axial force diagram :	p.4
- Eccentric concentrated loads :	p.5
- Eccentric distributed loads :	p.5
II - LTB CALCULATION	p.6
II.1 - LTB modes	p.6
II.2 - Mode shapes	p.6
- Mode 1	p.6

WARNING !

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

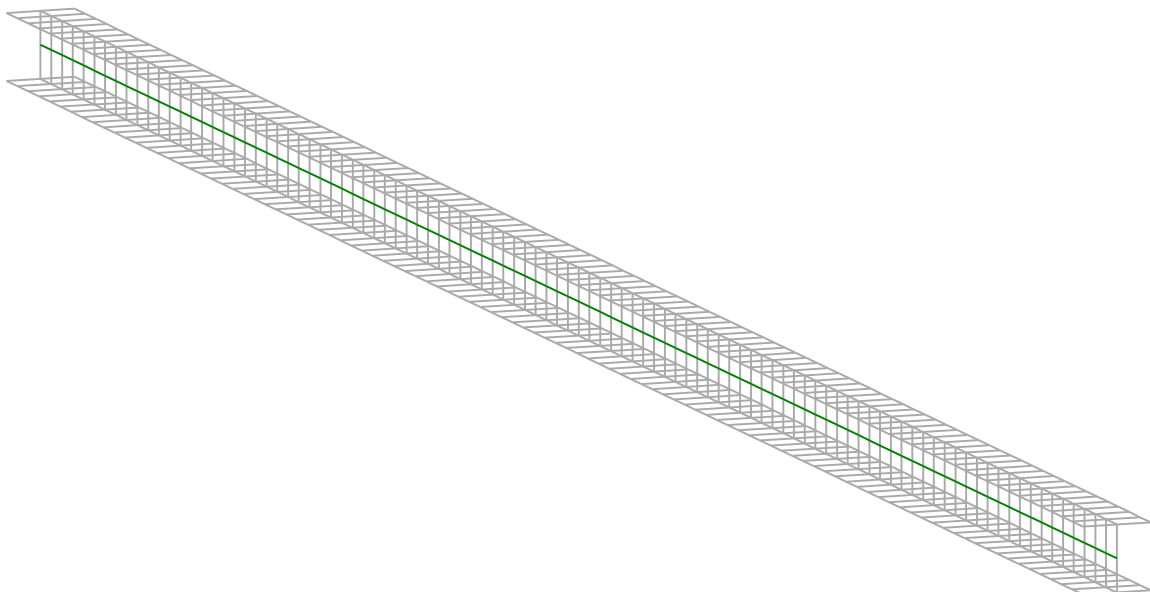
This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

LTBeamN

v 1.0.3

CALCULATION SHEET

RÁM II



I - PARAMETERS

I.1 - Lateral restraints

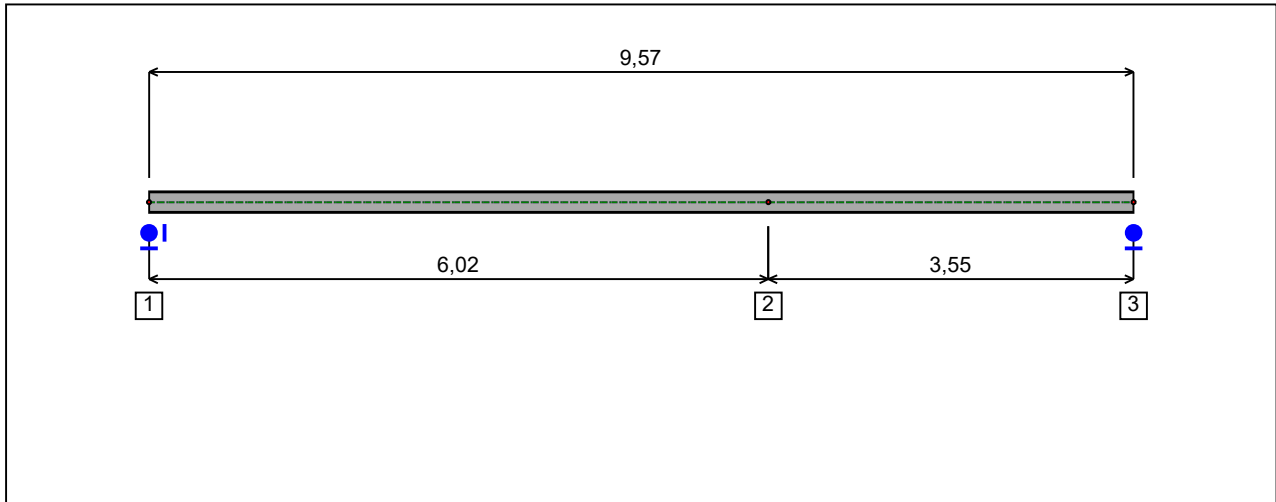


Figure 1 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 6,02$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Free
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 9,57$ m

Vertical position from the shear centre :

 $z = 0$ cm

Restraint conditions :

 v : Fixed θ : Fixed v' : Free θ' : Free

I.2 - Supports

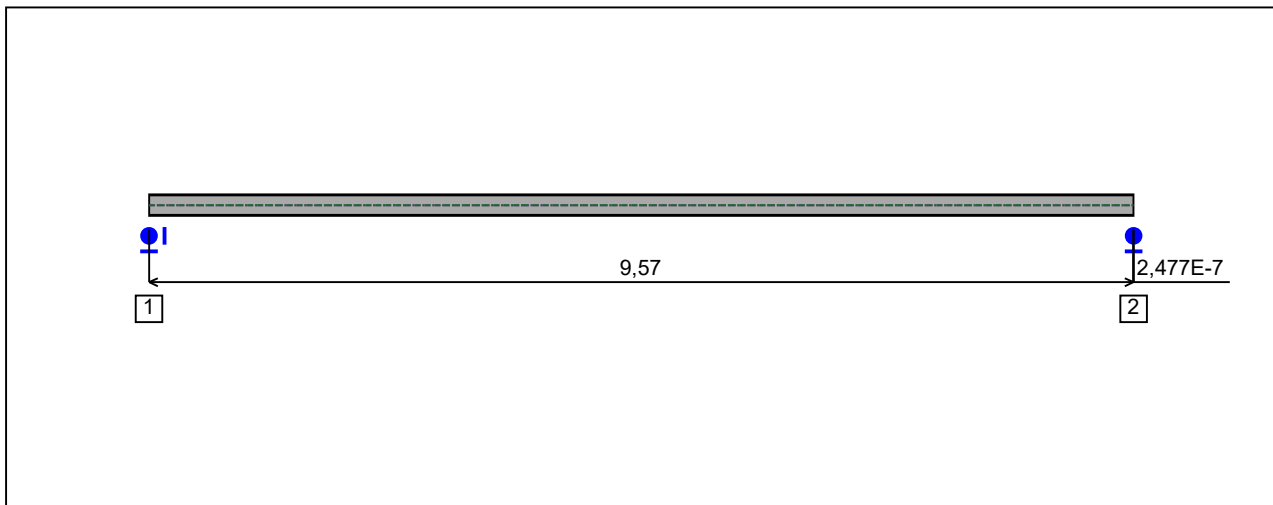


Figure 2 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Support conditions :

u : Fixed
w : Fixed
w' : Free

- Support No. 2 :Abscissa from the left end of the beam : $x = 9,57$ m

Support conditions :

u : Free
w : Fixed
w' : Free

I.3 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

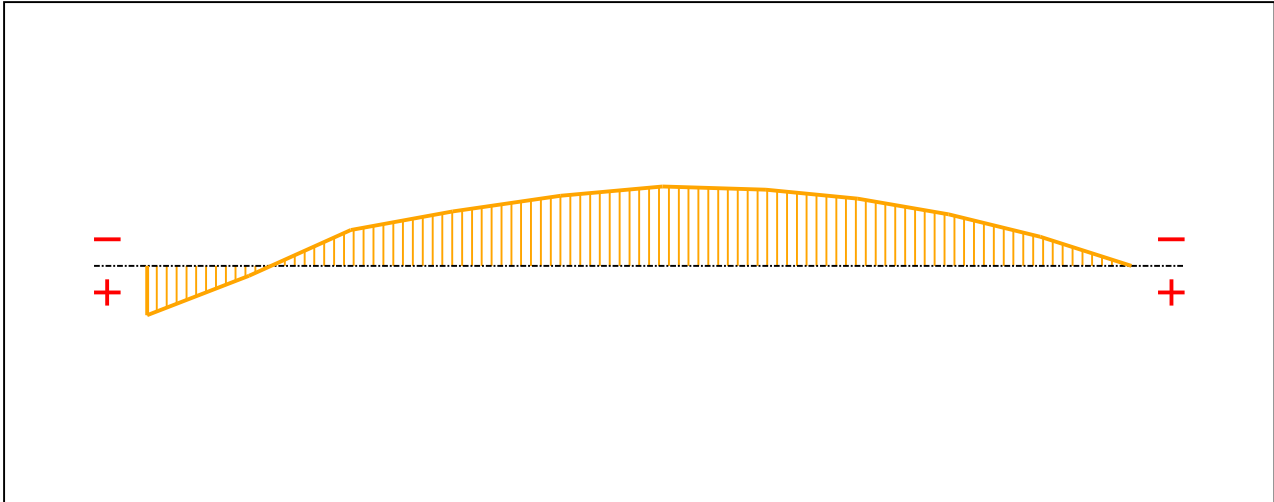


Figure 3 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	29,65
0,99	5,87
1,98	-21,73
2,97	-32,87
4,017	-42,19
5,011	-47,91
6,015	-45,94
6,908	-40,61
7,791	-31,14
8,683	-17,59
9,57	0

- Axial force diagram :

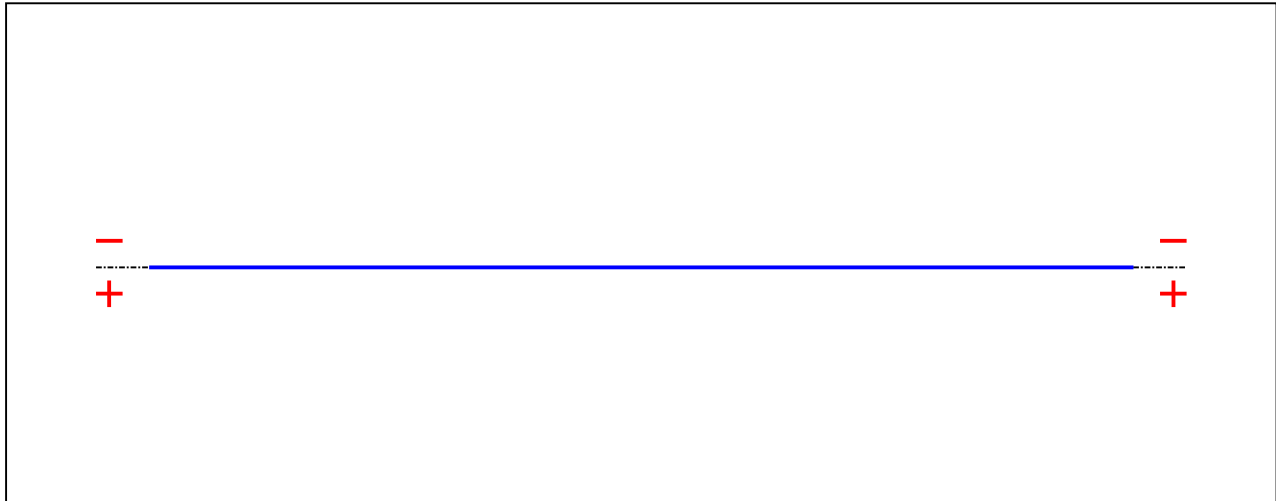


Figure 4 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
9,57	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes :	1
Blocked moment diagram :	No
Blocked axial force diagram :	No

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	7,598	-363,1	5,072	0	5,072

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	7,598	-363,1	5,072	0	5,072

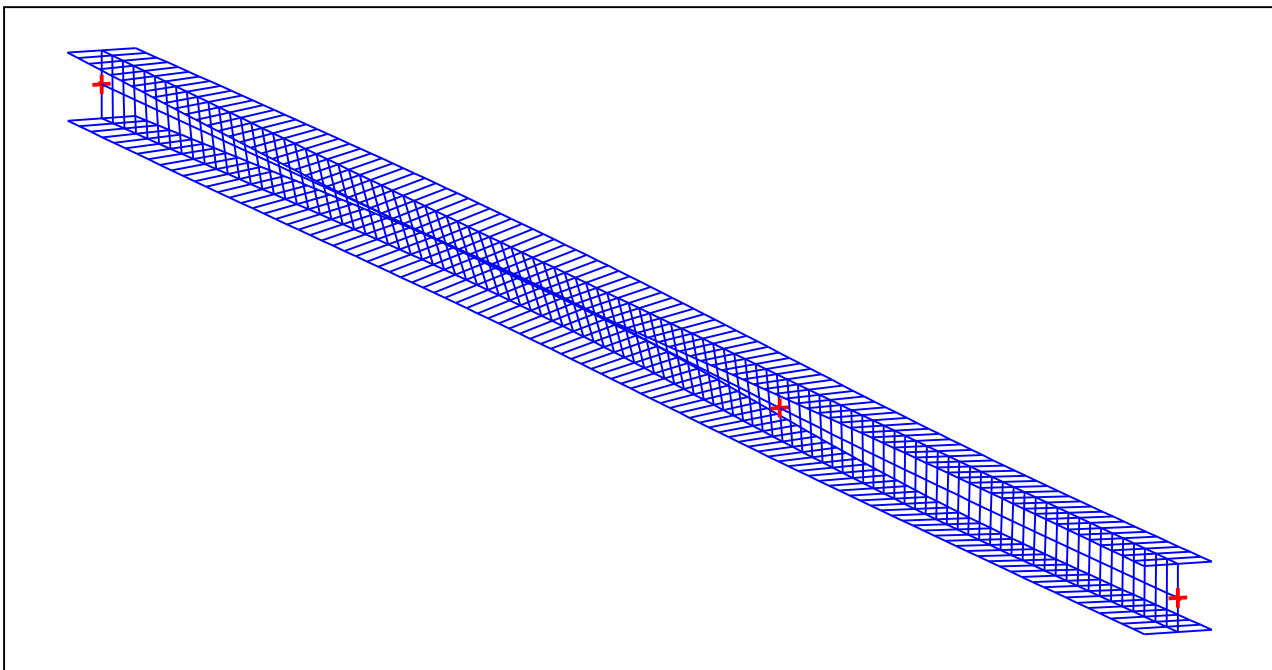


Figure 5 : Mode shape in 3D (Mode 1).

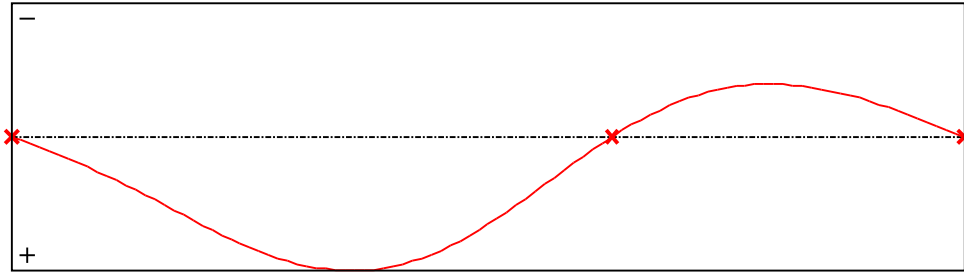


Figure 6 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

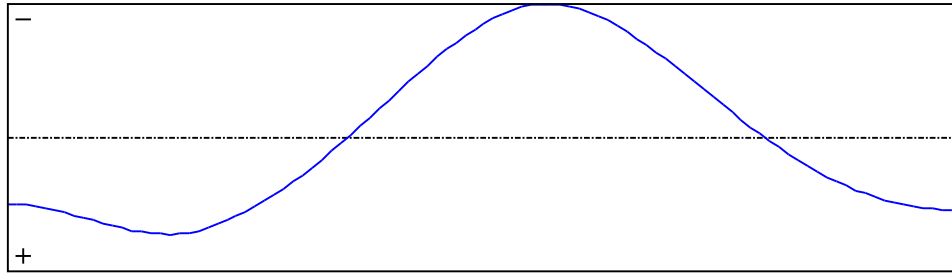


Figure 7 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

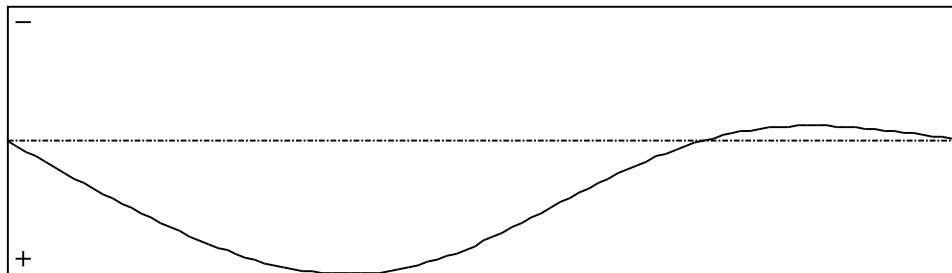


Figure 8 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

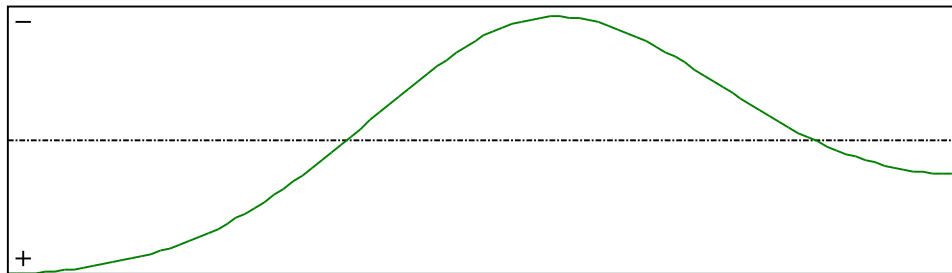


Figure 9 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

I - PARAMETERS	p.1
<i>I.1 - Lateral restraints</i>	<i>p.2</i>
- <i>Restraint No. 1 :</i>	<i>p.2</i>
- <i>Restraint No. 2 :</i>	<i>p.2</i>
- <i>Restraint No. 3 :</i>	<i>p.2</i>
<i>I.2 - Supports</i>	<i>p.4</i>
- <i>Support No. 1 :</i>	<i>p.4</i>
- <i>Support No. 2 :</i>	<i>p.4</i>
<i>I.3 - Loads</i>	<i>p.5</i>
- <i>Moment diagram :</i>	<i>p.5</i>
- <i>Axial force diagram :</i>	<i>p.5</i>
- <i>Eccentric concentrated loads :</i>	<i>p.6</i>
- <i>Eccentric distributed loads :</i>	<i>p.6</i>
II - LTB CALCULATION	p.7
<i>II.1 - LTB modes</i>	<i>p.7</i>
<i>II.2 - Mode shapes</i>	<i>p.7</i>
- <i>Mode 1</i>	<i>p.7</i>

WARNING !

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

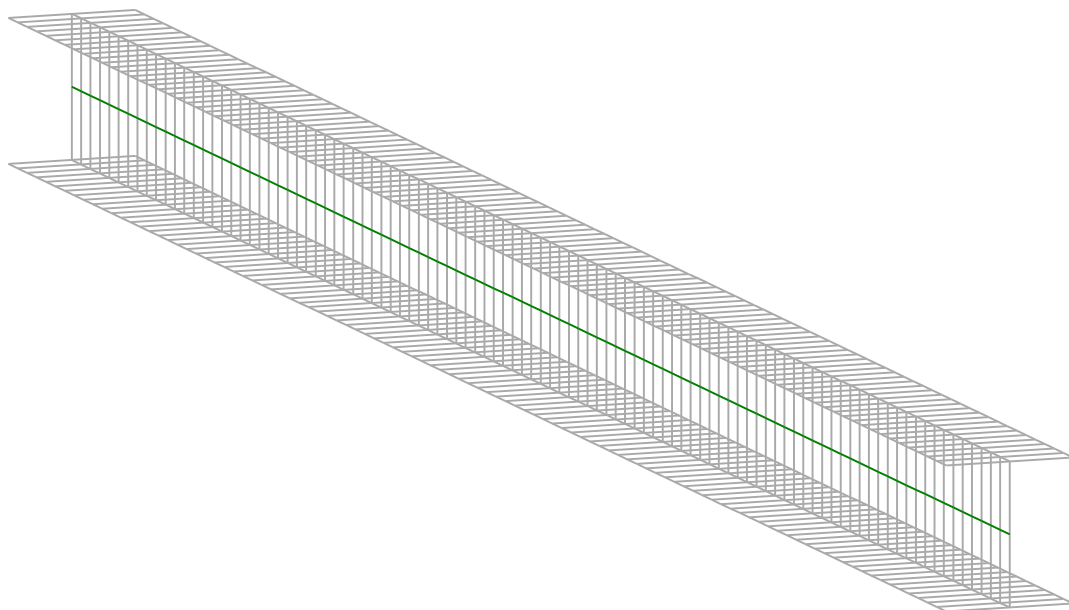
Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

L**T*****B***eam***N***

v 1.0.3

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - Lateral restraints

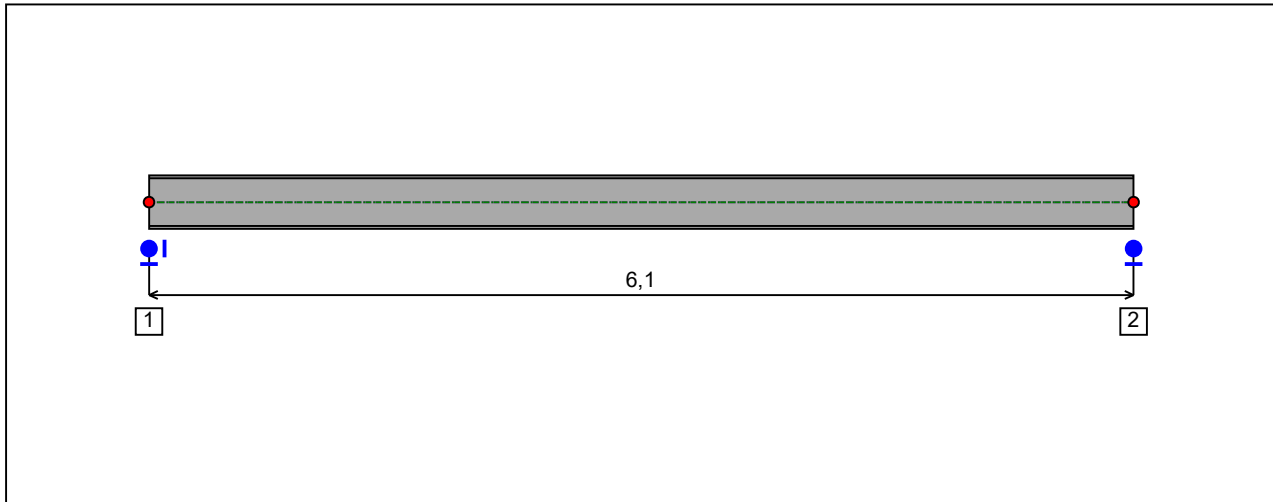


Figure 1 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Fixed

v' : Free

θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 6,1$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Fixed

v' : Free

θ' : Free

I.2 - Supports

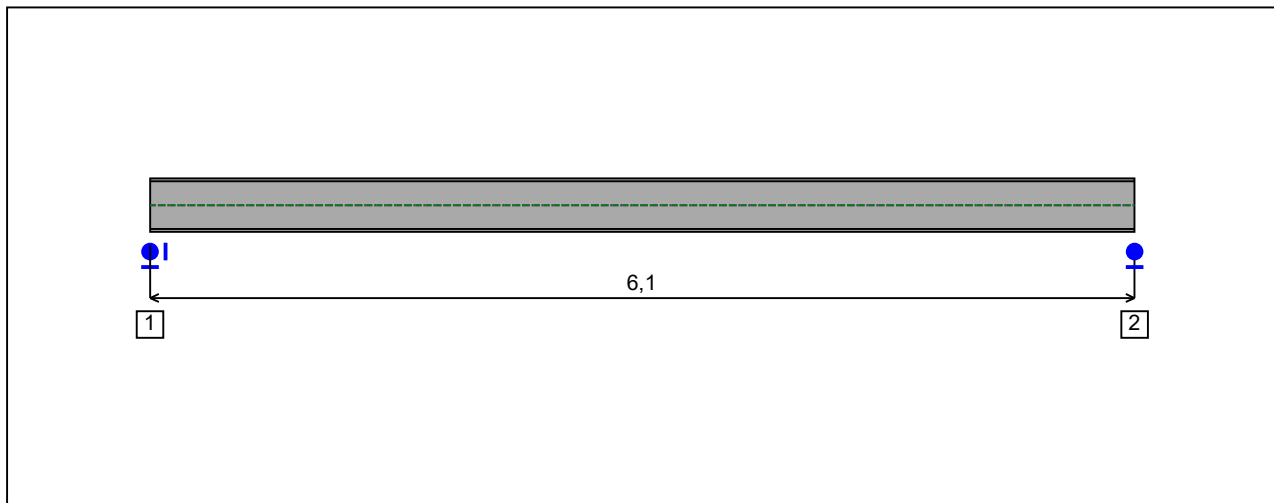


Figure 2 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Support conditions :

u : Fixed
w : Fixed
w' : Free

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 6,1$ m

Support conditions :

u : Free
w : Fixed
w' : Free

I.3 - Loads

Type of loading :

External

The weight of the beam is not taken into account.

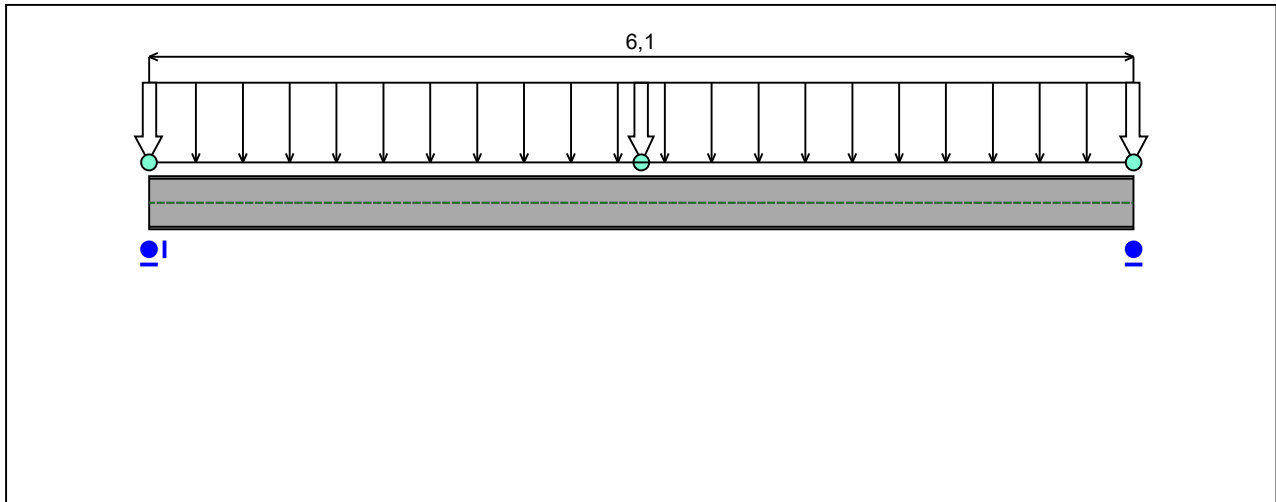


Figure 3 : Profile in long with loads.

- Concentrated loads :

Table 1 : Concentrated loads.

x(m)	z ^(*) (cm)	F _x (kN)	F _z (kN)	M _y (kN.m)	Active
3,05	25	0	-131,1	0	Yes

(*) Vertical position from the shear centre

- Distributed loads :

Table 2 : Distributed loads.

x ₁ (m)	z ₁ ^(*) (cm)	q _{x,1} (kN/m)	q _{z,1} (kN/m)	x ₂ (m)	z ₂ ^(*) (cm)	q _{x,2} (kN/m)	q _{z,2} (kN/m)	Active
0	25	0	-1,82	6,1	25	0	-1,82	Yes

(*) Vertical position from the shear centre

II - RESULTS OF 2D GLOBAL ANALYSIS

II.1 - Sign conventions

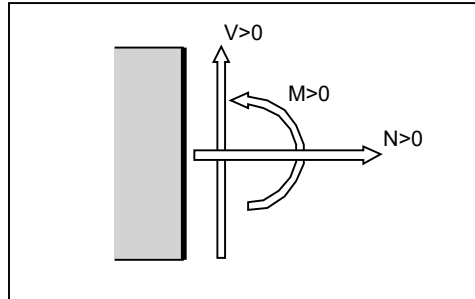


Figure 4 : Sign conventions.

$N > 0$: for tension normal force

$M > 0$: when the upper fiber is compressed

$w > 0$: upward displacement

M, N, V solicitations in a section are actions of the right side on the left side.

II.2 - Diagrams of internal forces in global coordinates

1st order elastic analysis

In-plane buckling analysis :

Not applicable

$$|M|_{\max} = 208,39 \text{ kN.m (} x = 3,05 \text{ m)}$$

$$|V|_{\max} = 71,1 \text{ kN (} x = 0 \text{ m)}$$

$$|N|_{\max} = 0 \text{ kN (} x = 0 \text{ m)}$$

$$|w|_{\max} = 1,122 \text{ cm (} x = 3,05 \text{ m)}$$

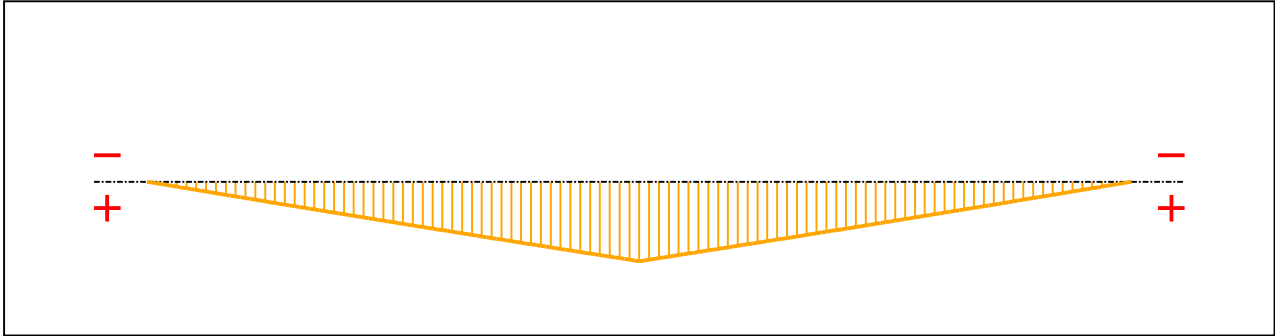


Figure 5 : Moment diagram.

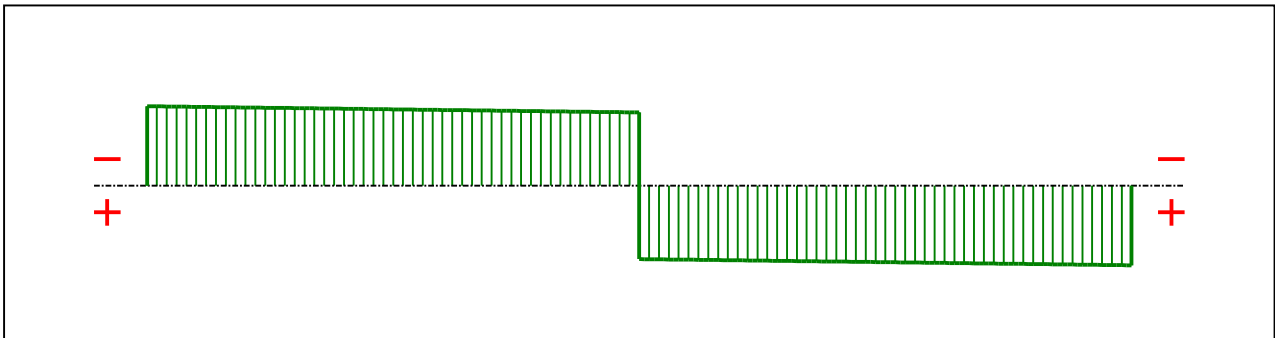


Figure 6 : Shear force diagram.

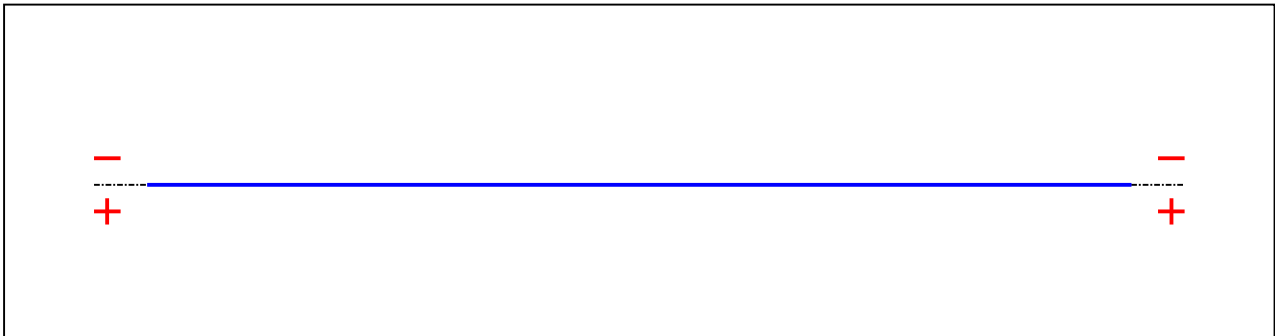


Figure 7 : Axial force diagram.

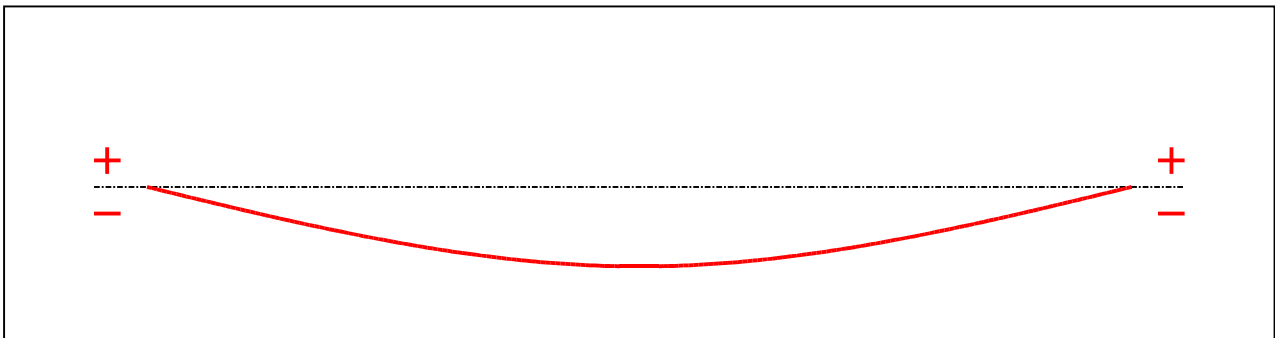


Figure 8 : Deflection.

Table 3 : Results of 2D global analysis.

x(m)	N(kN)	V(L)(kN)	V(R)(kN)	M(kN.m)	w (mm)
0	0	-	-71,1	0	0
0,0305	0	-71,1	-71,05	2,168	-1,689
0,061	0	-71,05	-70,99	4,334	-3,378
0,0915	0	-70,99	-70,93	6,498	-5,066
0,122	0	-70,93	-70,88	8,661	-6,753
0,1525	0	-70,88	-70,82	10,82	-8,438
0,183	0	-70,82	-70,77	12,98	-10,12
0,2135	0	-70,77	-70,71	15,14	-11,8
0,244	0	-70,71	-70,66	17,29	-13,48
0,2745	0	-70,66	-70,6	19,45	-15,16
0,305	0	-70,6	-70,55	21,6	-16,84
0,3355	0	-70,55	-70,49	23,75	-18,5
0,366	0	-70,49	-70,43	25,9	-20,17
0,3965	0	-70,43	-70,38	28,05	-21,83
0,427	0	-70,38	-70,32	30,19	-23,49
0,4575	0	-70,32	-70,27	32,34	-25,14
0,488	0	-70,27	-70,21	34,48	-26,79
0,5185	0	-70,21	-70,16	36,62	-28,43
0,549	0	-70,16	-70,1	38,76	-30,07
0,5795	0	-70,1	-70,05	40,9	-31,7
0,61	0	-70,05	-69,99	43,03	-33,32
0,6405	0	-69,99	-69,94	45,17	-34,94
0,671	0	-69,94	-69,88	47,3	-36,55
0,7015	0	-69,88	-69,82	49,43	-38,15
0,732	0	-69,82	-69,77	51,56	-39,75
0,7625	0	-69,77	-69,71	53,69	-41,33
0,793	0	-69,71	-69,66	55,81	-42,91
0,8235	0	-69,66	-69,6	57,93	-44,47
0,854	0	-69,6	-69,55	60,06	-46,04
0,8845	0	-69,55	-69,49	62,18	-47,58
0,915	0	-69,49	-69,44	64,3	-49,13
0,9455	0	-69,44	-69,38	66,41	-50,65
0,976	0	-69,38	-69,32	68,53	-52,17
1,007	0	-69,32	-69,27	70,64	-53,68
1,037	0	-69,27	-69,21	72,75	-55,18

Table 3 (Next) : Results of 2D global analysis.

x(m)	N(kN)	V(L)(kN)	V(R)(kN)	M(kN.m)	w (mm)
1,068	0	-69,21	-69,16	74,86	-56,66
1,098	0	-69,16	-69,1	76,97	-58,14
1,129	0	-69,1	-69,05	79,08	-59,59
1,159	0	-69,05	-68,99	81,18	-61,04
1,19	0	-68,99	-68,94	83,29	-62,47
1,22	0	-68,94	-68,88	85,39	-63,9
1,251	0	-68,88	-68,83	87,49	-65,3
1,281	0	-68,83	-68,77	89,59	-66,7
1,312	0	-68,77	-68,71	91,68	-68,07
1,342	0	-68,71	-68,66	93,78	-69,45
1,373	0	-68,66	-68,6	95,87	-70,79
1,403	0	-68,6	-68,55	97,96	-72,13
1,434	0	-68,55	-68,49	100,05	-73,44
1,464	0	-68,49	-68,44	102,14	-74,75
1,495	0	-68,44	-68,38	104,23	-76,03
1,525	0	-68,38	-68,33	106,31	-77,31
1,556	0	-68,33	-68,27	108,4	-78,55
1,586	0	-68,27	-68,21	110,48	-79,8
1,617	0	-68,21	-68,16	112,56	-81
1,647	0	-68,16	-68,1	114,63	-82,21
1,678	0	-68,1	-68,05	116,71	-83,39
1,708	0	-68,05	-67,99	118,79	-84,56
1,739	0	-67,99	-67,94	120,86	-85,69
1,769	0	-67,94	-67,88	122,93	-86,83
1,8	0	-67,88	-67,83	125	-87,92
1,83	0	-67,83	-67,77	127,07	-89,02
1,861	0	-67,77	-67,71	129,13	-90,07
1,891	0	-67,71	-67,66	131,2	-91,12
1,922	0	-67,66	-67,6	133,26	-92,14
1,952	0	-67,6	-67,55	135,32	-93,15
1,983	0	-67,55	-67,49	137,38	-94,12
2,013	0	-67,49	-67,44	139,44	-95,09
2,044	0	-67,44	-67,38	141,49	-96,01
2,074	0	-67,38	-67,33	143,55	-96,93
2,105	0	-67,33	-67,27	145,6	-97,81

Table 3 (Next) : Results of 2D global analysis.

x(m)	N(kN)	V(L)(kN)	V(R)(kN)	M(kN.m)	w (mm)
2,135	0	-67,27	-67,22	147,65	-98,69
2,166	0	-67,22	-67,16	149,7	-99,52
2,196	0	-67,16	-67,1	151,75	-100,35
2,227	0	-67,1	-67,05	153,8	-101,14
2,257	0	-67,05	-66,99	155,84	-101,92
2,288	0	-66,99	-66,94	157,88	-102,65
2,318	0	-66,94	-66,88	159,92	-103,38
2,349	0	-66,88	-66,83	161,96	-104,06
2,379	0	-66,83	-66,77	164	-104,75
2,41	0	-66,77	-66,72	166,03	-105,38
2,44	0	-66,72	-66,66	168,07	-106
2,471	0	-66,66	-66,6	170,1	-106,58
2,501	0	-66,6	-66,55	172,13	-107,15
2,532	0	-66,55	-66,49	174,16	-107,67
2,562	0	-66,49	-66,44	176,19	-108,2
2,593	0	-66,44	-66,38	178,21	-108,66
2,623	0	-66,38	-66,33	180,24	-109,12
2,654	0	-66,33	-66,27	182,26	-109,53
2,684	0	-66,27	-66,22	184,28	-109,94
2,715	0	-66,22	-66,16	186,3	-110,28
2,745	0	-66,16	-66,11	188,32	-110,63
2,776	0	-66,11	-66,05	190,33	-110,92
2,806	0	-66,05	-65,99	192,34	-111,2
2,837	0	-65,99	-65,94	194,36	-111,43
2,867	0	-65,94	-65,88	196,37	-111,65
2,898	0	-65,88	-65,83	198,38	-111,82
2,928	0	-65,83	-65,77	200,38	-111,98
2,959	0	-65,77	-65,72	202,39	-112,08
2,989	0	-65,72	-65,66	204,39	-112,18
3,02	0	-65,66	-65,61	206,39	-112,21
3,05	0	-65,61	-65,55	208,39	-112,24
3,05	0	-65,55	65,55	208,39	-112,24
3,081	0	65,55	65,61	206,39	-112,21
3,111	0	65,61	65,66	204,39	-112,18
3,142	0	65,66	65,72	202,39	-112,08

Table 3 (Next) : Results of 2D global analysis.

x(m)	N(kN)	V(L)(kN)	V(R)(kN)	M(kN.m)	w (mm)
3,172	0	65,72	65,77	200,38	-111,98
3,203	0	65,77	65,83	198,38	-111,82
3,233	0	65,83	65,88	196,37	-111,65
3,264	0	65,88	65,94	194,36	-111,43
3,294	0	65,94	65,99	192,34	-111,2
3,325	0	65,99	66,05	190,33	-110,92
3,355	0	66,05	66,11	188,32	-110,63
3,386	0	66,11	66,16	186,3	-110,28
3,416	0	66,16	66,22	184,28	-109,94
3,447	0	66,22	66,27	182,26	-109,53
3,477	0	66,27	66,33	180,24	-109,12
3,508	0	66,33	66,38	178,21	-108,66
3,538	0	66,38	66,44	176,19	-108,2
3,569	0	66,44	66,49	174,16	-107,67
3,599	0	66,49	66,55	172,13	-107,15
3,63	0	66,55	66,6	170,1	-106,58
3,66	0	66,6	66,66	168,07	-106
3,691	0	66,66	66,72	166,03	-105,38
3,721	0	66,72	66,77	164	-104,75
3,752	0	66,77	66,83	161,96	-104,06
3,782	0	66,83	66,88	159,92	-103,38
3,813	0	66,88	66,94	157,88	-102,65
3,843	0	66,94	66,99	155,84	-101,92
3,874	0	66,99	67,05	153,8	-101,14
3,904	0	67,05	67,1	151,75	-100,35
3,935	0	67,1	67,16	149,7	-99,52
3,965	0	67,16	67,22	147,65	-98,69
3,996	0	67,22	67,27	145,6	-97,81
4,026	0	67,27	67,33	143,55	-96,93
4,057	0	67,33	67,38	141,49	-96,01
4,087	0	67,38	67,44	139,44	-95,09
4,118	0	67,44	67,49	137,38	-94,12
4,148	0	67,49	67,55	135,32	-93,15
4,179	0	67,55	67,6	133,26	-92,14
4,209	0	67,6	67,66	131,2	-91,12

Table 3 (Next) : Results of 2D global analysis.

x(m)	N(kN)	V(L)(kN)	V(R)(kN)	M(kN.m)	w (mm)
4,24	0	67,66	67,71	129,13	-90,07
4,27	0	67,71	67,77	127,07	-89,02
4,301	0	67,77	67,83	125	-87,92
4,331	0	67,83	67,88	122,93	-86,83
4,362	0	67,88	67,94	120,86	-85,69
4,392	0	67,94	67,99	118,79	-84,56
4,423	0	67,99	68,05	116,71	-83,39
4,453	0	68,05	68,1	114,63	-82,21
4,484	0	68,1	68,16	112,56	-81
4,514	0	68,16	68,21	110,48	-79,8
4,545	0	68,21	68,27	108,4	-78,55
4,575	0	68,27	68,33	106,31	-77,31
4,606	0	68,33	68,38	104,23	-76,03
4,636	0	68,38	68,44	102,14	-74,75
4,667	0	68,44	68,49	100,05	-73,44
4,697	0	68,49	68,55	97,96	-72,13
4,728	0	68,55	68,6	95,87	-70,79
4,758	0	68,6	68,66	93,78	-69,45
4,789	0	68,66	68,71	91,68	-68,07
4,819	0	68,71	68,77	89,59	-66,7
4,85	0	68,77	68,83	87,49	-65,3
4,88	0	68,83	68,88	85,39	-63,9
4,911	0	68,88	68,94	83,29	-62,47
4,941	0	68,94	68,99	81,18	-61,04
4,972	0	68,99	69,05	79,08	-59,59
5,002	0	69,05	69,1	76,97	-58,14
5,033	0	69,1	69,16	74,86	-56,66
5,063	0	69,16	69,21	72,75	-55,18
5,094	0	69,21	69,27	70,64	-53,68
5,124	0	69,27	69,32	68,53	-52,17
5,155	0	69,32	69,38	66,41	-50,65
5,185	0	69,38	69,44	64,3	-49,13
5,216	0	69,44	69,49	62,18	-47,58
5,246	0	69,49	69,55	60,06	-46,04
5,277	0	69,55	69,6	57,93	-44,47

Table 3 (Next) : Results of 2D global analysis.

x(m)	N(kN)	V(L)(kN)	V(R)(kN)	M(kN.m)	w (mm)
5,307	0	69,6	69,66	55,81	-42,91
5,338	0	69,66	69,71	53,69	-41,33
5,368	0	69,71	69,77	51,56	-39,75
5,399	0	69,77	69,82	49,43	-38,15
5,429	0	69,82	69,88	47,3	-36,55
5,46	0	69,88	69,94	45,17	-34,94
5,49	0	69,94	69,99	43,03	-33,32
5,521	0	69,99	70,05	40,9	-31,7
5,551	0	70,05	70,1	38,76	-30,07
5,582	0	70,1	70,16	36,62	-28,43
5,612	0	70,16	70,21	34,48	-26,79
5,643	0	70,21	70,27	32,34	-25,14
5,673	0	70,27	70,32	30,19	-23,49
5,704	0	70,32	70,38	28,05	-21,83
5,734	0	70,38	70,43	25,9	-20,17
5,765	0	70,43	70,49	23,75	-18,5
5,795	0	70,49	70,55	21,6	-16,84
5,826	0	70,55	70,6	19,45	-15,16
5,856	0	70,6	70,66	17,29	-13,48
5,887	0	70,66	70,71	15,14	-11,8
5,917	0	70,71	70,77	12,98	-10,12
5,948	0	70,77	70,82	10,82	-8,438
5,978	0	70,82	70,88	8,661	-6,753
6,009	0	70,88	70,93	6,498	-5,066
6,039	0	70,93	70,99	4,334	-3,378
6,07	0	70,99	71,05	2,168	-1,689
6,1	0	71,05	-	0	0

III - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : Yes

III.1 - LTB modes

Table 4 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	3,291	685,82	3,05	0	3,05

III.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 5 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	3,291	685,82	3,05	0	3,05

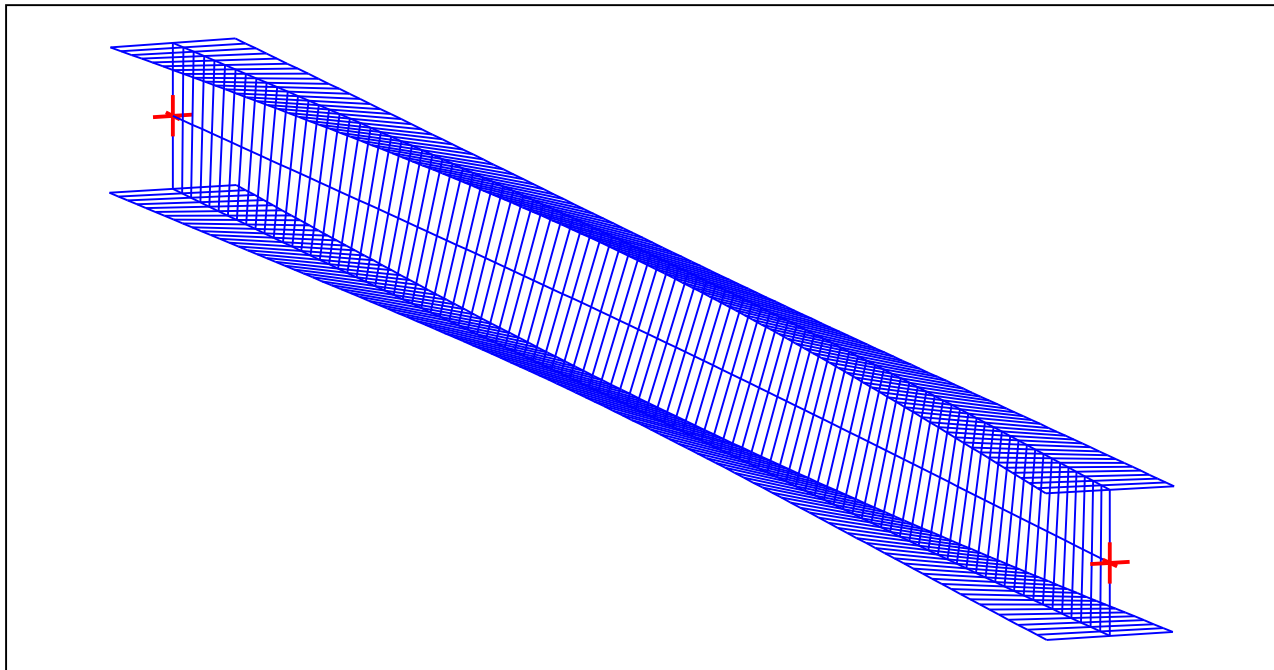


Figure 9 : Mode shape in 3D (Mode 1).

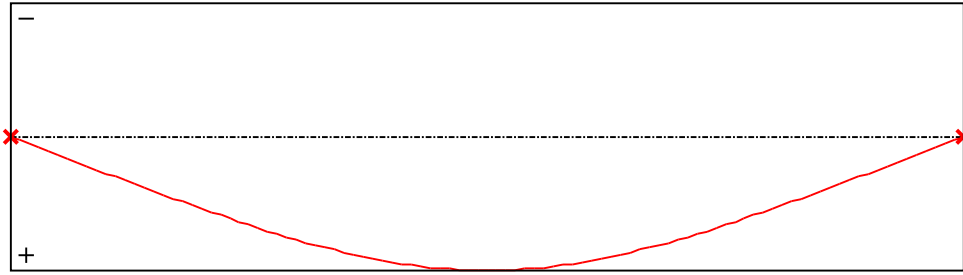


Figure 10 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

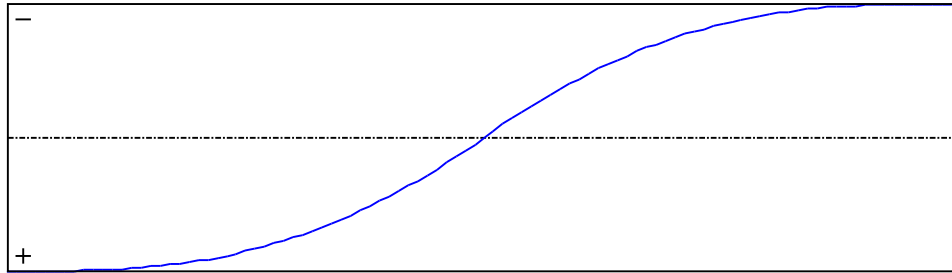


Figure 11 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

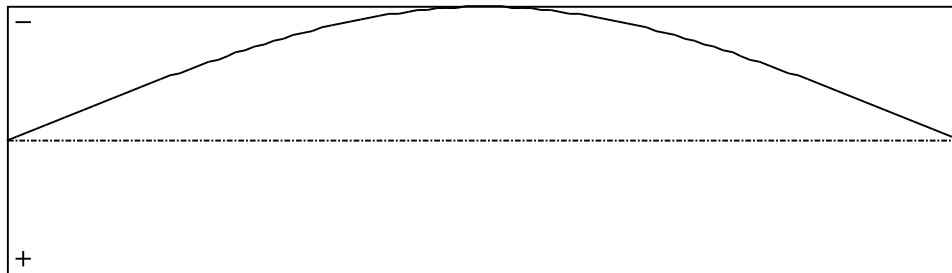


Figure 12 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

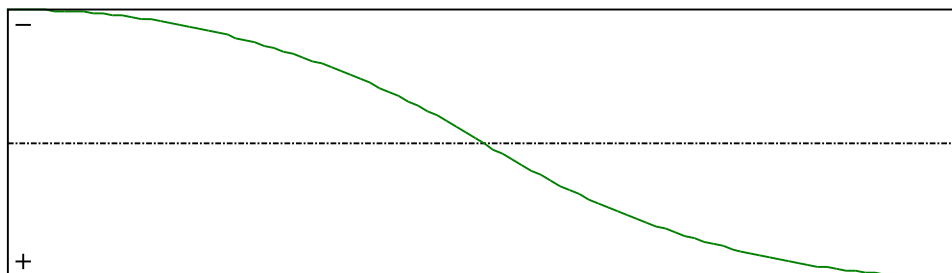


Figure 13 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

I - PARAMETERS	p.1
<i>I.1 - Lateral restraints</i>	<i>p.2</i>
- Restraint No. 1 :	<i>p.2</i>
- Restraint No. 2 :	<i>p.2</i>
<i>I.2 - Supports</i>	<i>p.3</i>
- Support No. 1 :	<i>p.3</i>
- Support No. 2 :	<i>p.3</i>
<i>I.3 - Loads</i>	<i>p.4</i>
- Concentrated loads :	<i>p.4</i>
- Distributed loads :	<i>p.4</i>
II - RESULTS OF 2D GLOBAL ANALYSIS	p.5
<i>II.1 - Sign conventions</i>	<i>p.5</i>
<i>II.2 - Diagrams of internal forces in global coordinates</i>	<i>p.5</i>
III - LTB CALCULATION	p.13
<i>III.1 - LTB modes</i>	<i>p.13</i>
<i>III.2 - Mode shapes</i>	<i>p.13</i>
- Mode 1	<i>p.13</i>

WARNING !

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

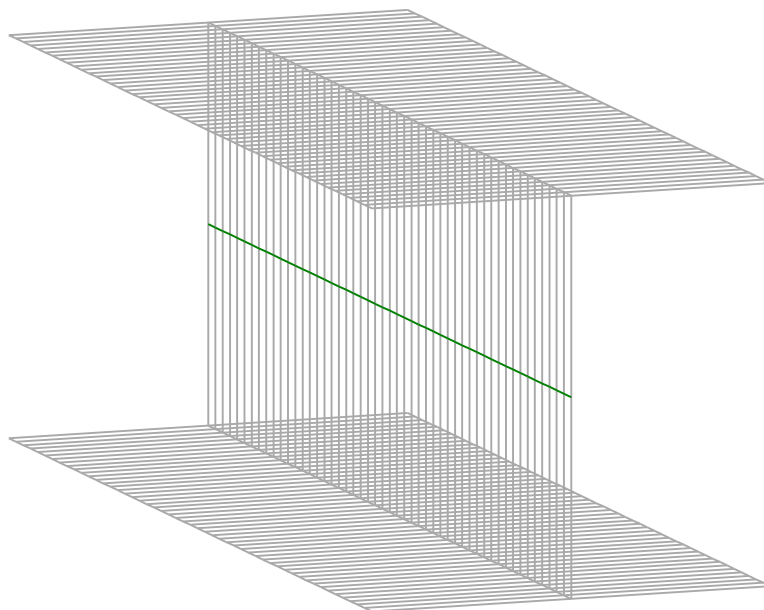
Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

LTBeamN

v 1.0.3

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - Lateral restraints

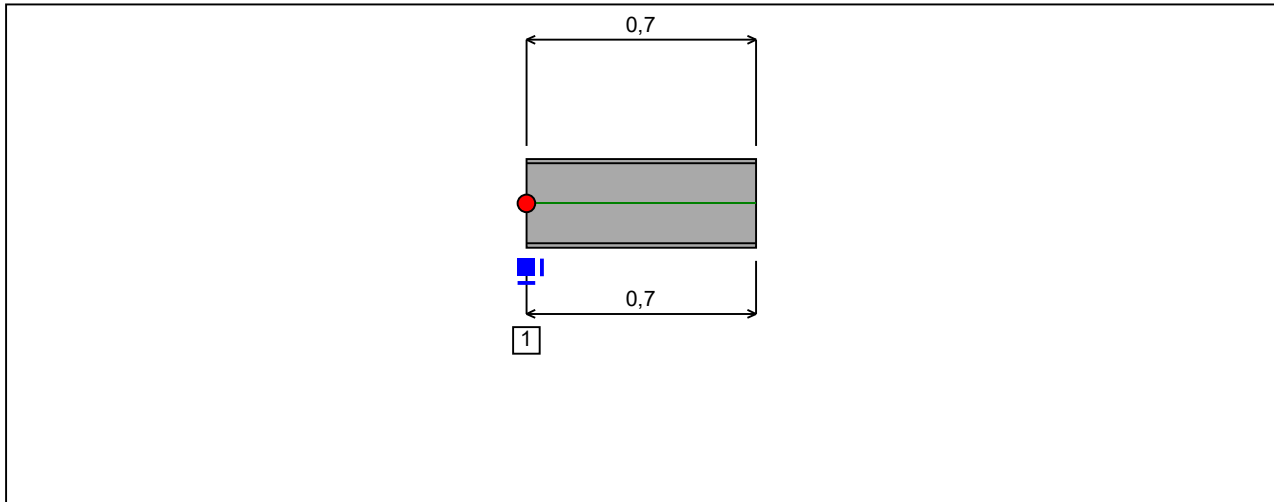


Figure 1 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Fixed

v' : Fixed

θ' : Fixed

I.2 - Supports

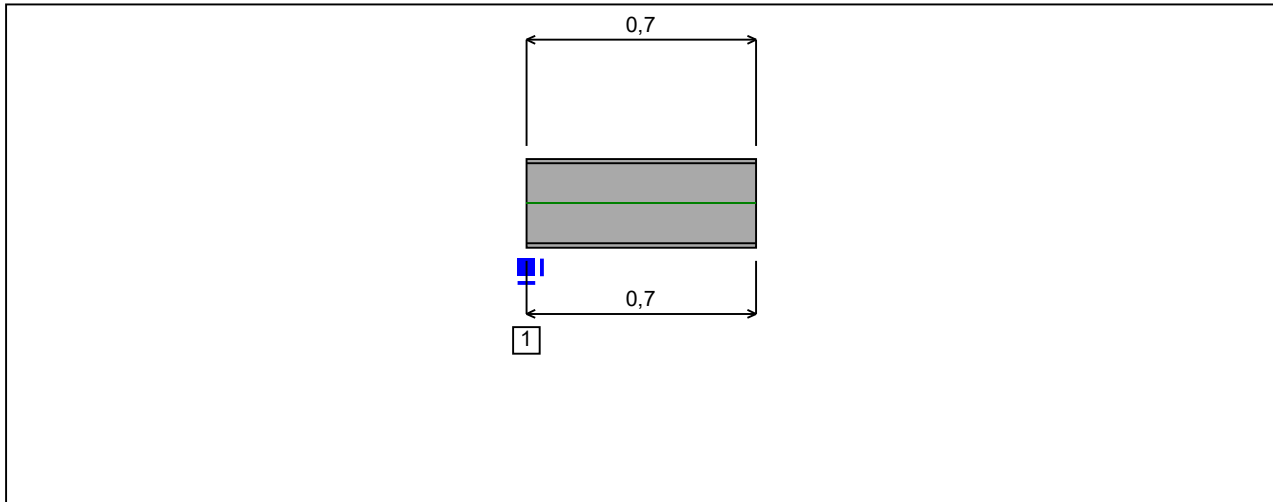


Figure 2 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 0$ m

Support conditions :

u : Fixed

w : Fixed

w' : Fixed

I.3 - Loads

Type of loading :

External

The weight of the beam is not taken into account.

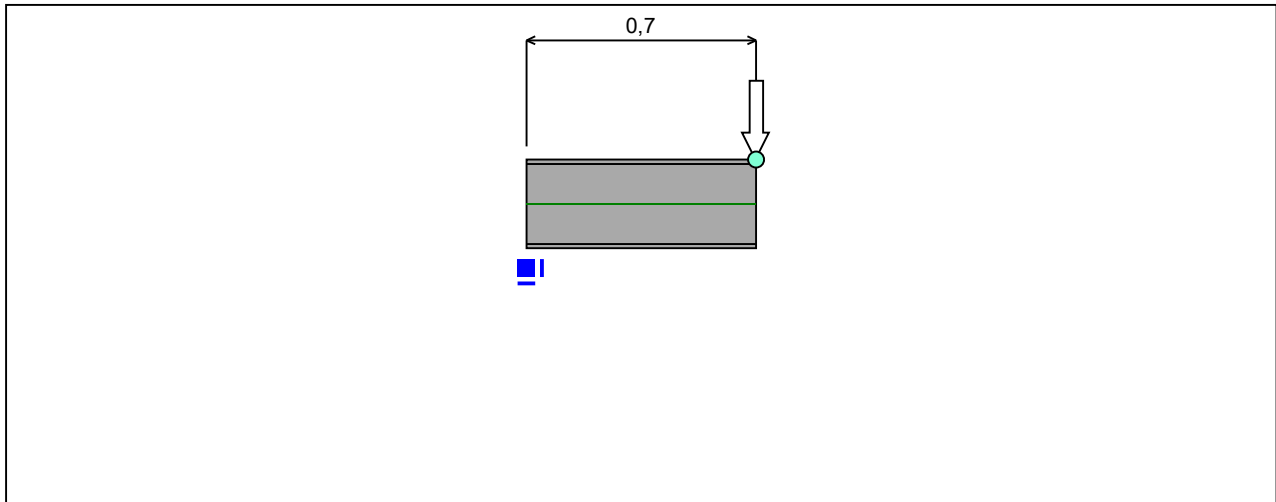


Figure 3 : Profile in long with loads.

- Concentrated loads :

Table 1 : Concentrated loads.

x(m)	z ^(*) (cm)	F _x (kN)	F _z (kN)	M _y (kN.m)	Active
0,7	13,5	0	-185	0	Yes

(*) Vertical position from the shear centre

- Distributed loads :

No load has been defined.

II - RESULTS OF 2D GLOBAL ANALYSIS

II.1 - Sign conventions

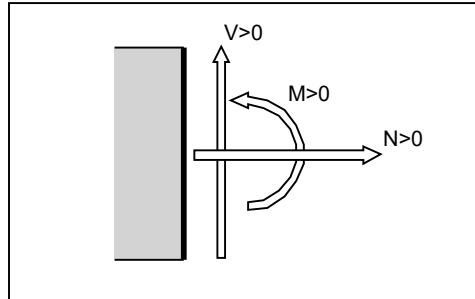


Figure 4 : Sign conventions.

$N > 0$: for tension normal force

$M > 0$: when the upper fiber is compressed

$w > 0$: upward displacement

M , N , V solicitations in a section are actions of the right side on the left side.

II.2 - Diagrams of internal forces in global coordinates

1st order elastic analysis

In-plane buckling analysis :

Not applicable

$$|M|_{\max} = 129,5 \text{ kN.m (} x = 0 \text{ m)}$$

$$|V|_{\max} = 185 \text{ kN (} x = 0,7 \text{ m)}$$

$$|N|_{\max} = 0 \text{ kN (} x = 0 \text{ m)}$$

$$|w|_{\max} = 0,0737 \text{ cm (} x = 0,7 \text{ m)}$$

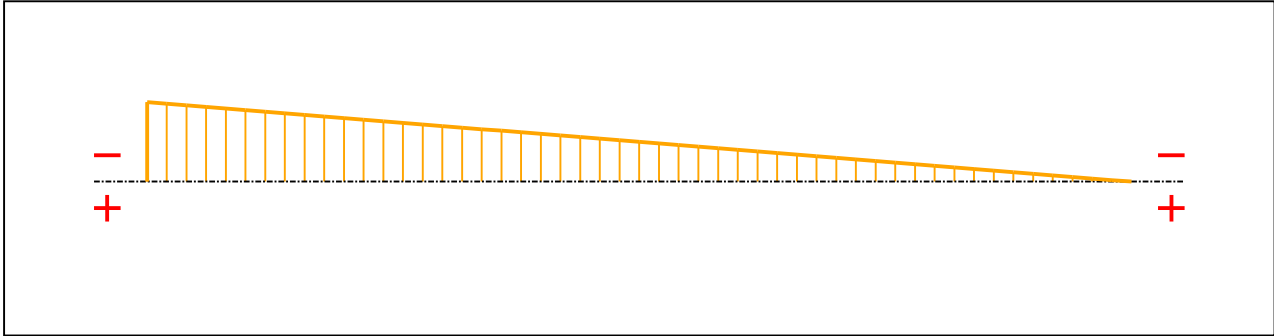


Figure 5 : Moment diagram.

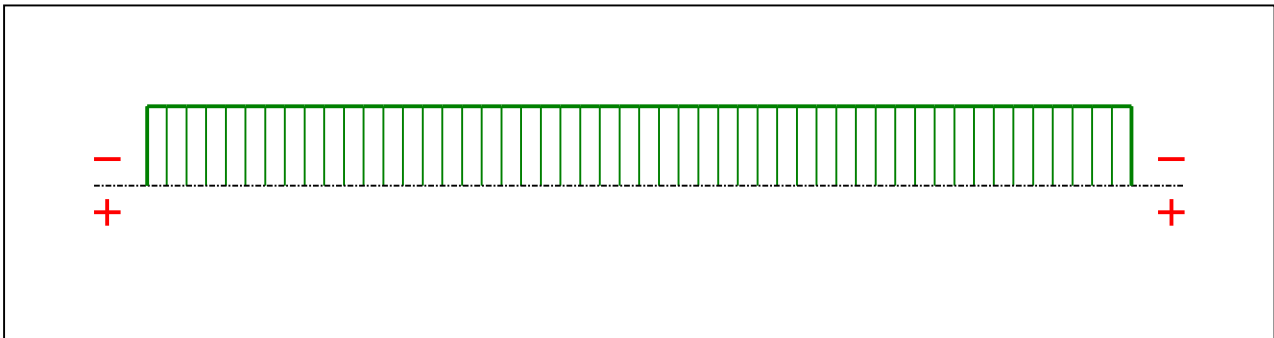


Figure 6 : Shear force diagram.

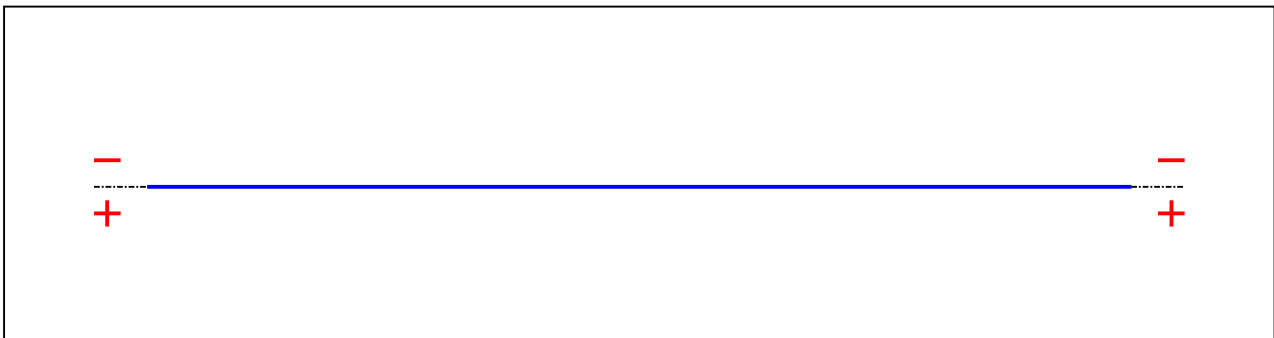


Figure 7 : Axial force diagram.

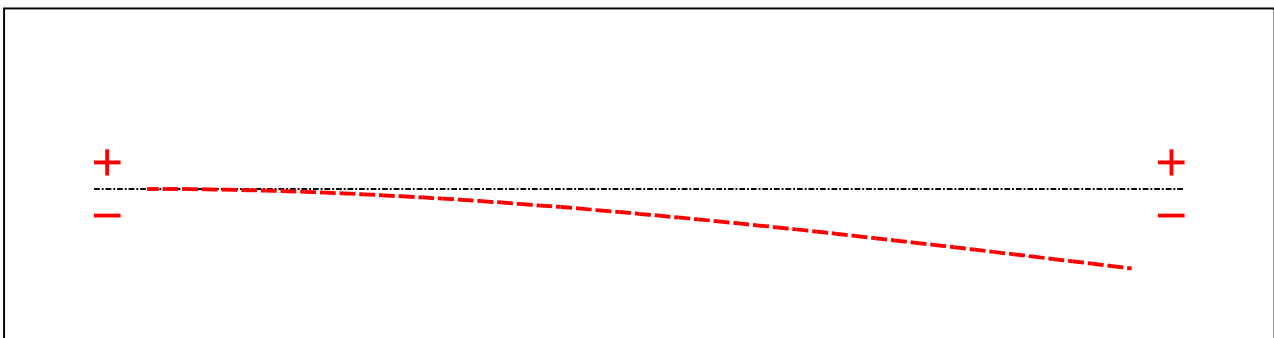


Figure 8 : Deflection.

Table 2 : Results of 2D global analysis.

x(m)	N(kN)	V(L)(kN)	V(R)(kN)	M(kN.m)	w (mm)
0	0	-	-185	-129,5	0
0,014	0	-185	-185	-126,91	0
0,028	0	-185	-185	-124,32	-0,0174
0,042	0	-185	-185	-121,73	-0,039
0,056	0	-185	-185	-119,14	-0,0688
0,07	0	-185	-185	-116,55	-0,1068
0,084	0	-185	-185	-113,96	-0,1527
0,098	0	-185	-185	-111,37	-0,2065
0,112	0	-185	-185	-108,78	-0,2678
0,126	0	-185	-185	-106,19	-0,3365
0,14	0	-185	-185	-103,6	-0,4125
0,154	0	-185	-185	-101,01	-0,4956
0,168	0	-185	-185	-98,42	-0,5855
0,182	0	-185	-185	-95,83	-0,6822
0,196	0	-185	-185	-93,24	-0,7854
0,21	0	-185	-185	-90,65	-0,895
0,224	0	-185	-185	-88,06	-1,011
0,238	0	-185	-185	-85,47	-1,133
0,252	0	-185	-185	-82,88	-1,26
0,266	0	-185	-185	-80,29	-1,393
0,28	0	-185	-185	-77,7	-1,532
0,294	0	-185	-185	-75,11	-1,676
0,308	0	-185	-185	-72,52	-1,825
0,322	0	-185	-185	-69,93	-1,98
0,336	0	-185	-185	-67,34	-2,138
0,35	0	-185	-185	-64,75	-2,302
0,364	0	-185	-185	-62,16	-2,47
0,378	0	-185	-185	-59,57	-2,642
0,392	0	-185	-185	-56,98	-2,818
0,406	0	-185	-185	-54,39	-2,998
0,42	0	-185	-185	-51,8	-3,182
0,434	0	-185	-185	-49,21	-3,37
0,448	0	-185	-185	-46,62	-3,56
0,462	0	-185	-185	-44,03	-3,754
0,476	0	-185	-185	-41,44	-3,951

Table 2 (Next) : Results of 2D global analysis.

x(m)	N(kN)	V(L)(kN)	V(R)(kN)	M(kN.m)	w (mm)
0,49	0	-185	-185	-38,85	-4,151
0,504	0	-185	-185	-36,26	-4,353
0,518	0	-185	-185	-33,67	-4,558
0,532	0	-185	-185	-31,08	-4,765
0,546	0	-185	-185	-28,49	-4,975
0,56	0	-185	-185	-25,9	-5,186
0,574	0	-185	-185	-23,31	-5,399
0,588	0	-185	-185	-20,72	-5,614
0,602	0	-185	-185	-18,13	-5,83
0,616	0	-185	-185	-15,54	-6,047
0,63	0	-185	-185	-12,95	-6,265
0,644	0	-185	-185	-10,36	-6,484
0,658	0	-185	-185	-7,77	-6,704
0,672	0	-185	-185	-5,18	-6,925
0,686	0	-185	-185	-2,59	-7,145
0,7	0	-185	-	0	-7,366

III - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : No

III.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	58,97	-7636,1	0	0	0

III.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	58,97	-7636,1	0	0	0

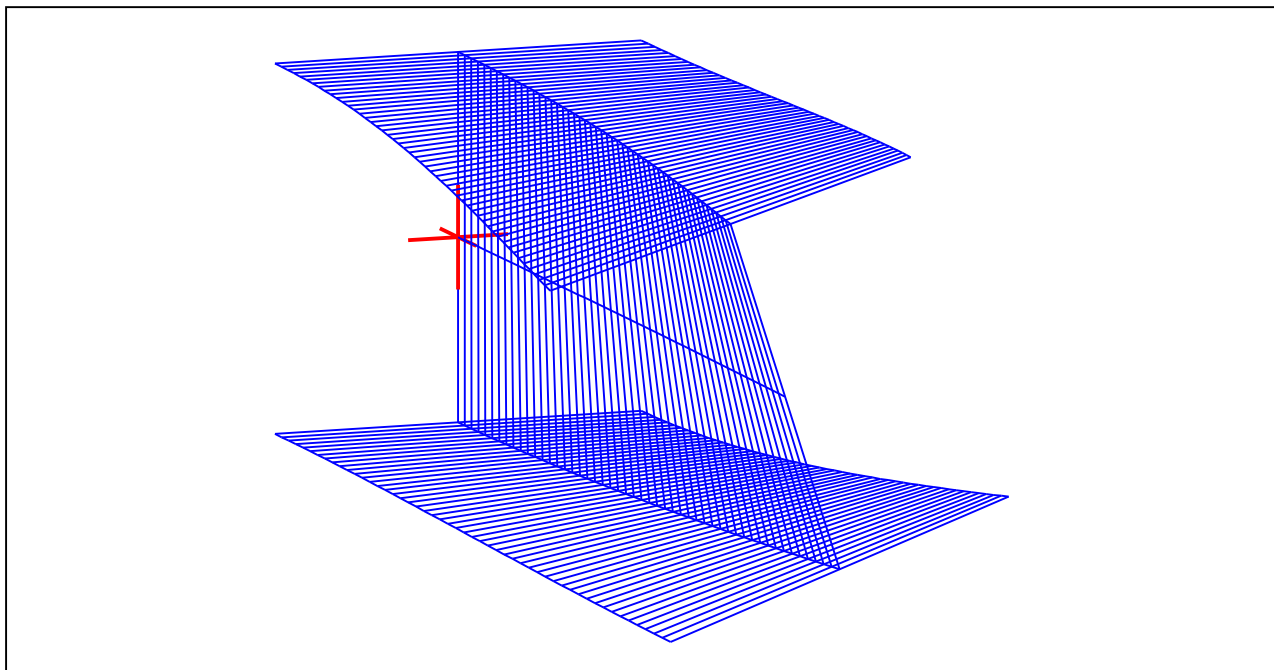


Figure 9 : Mode shape in 3D (Mode 1).

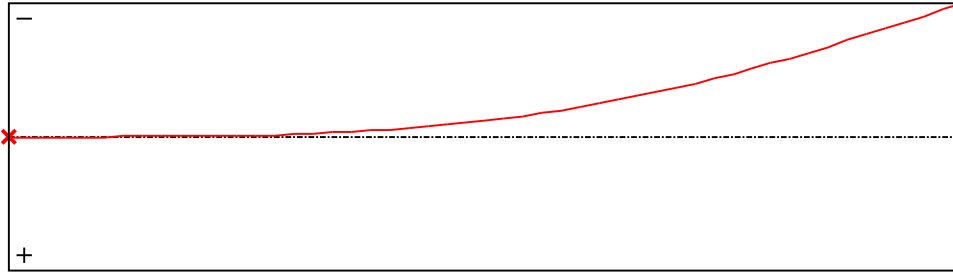


Figure 10 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

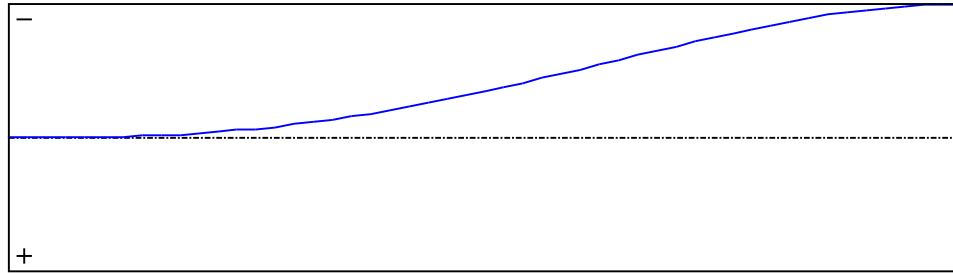


Figure 11 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

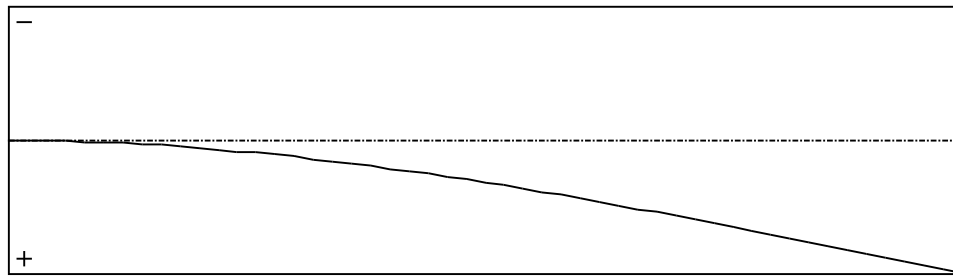


Figure 12 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

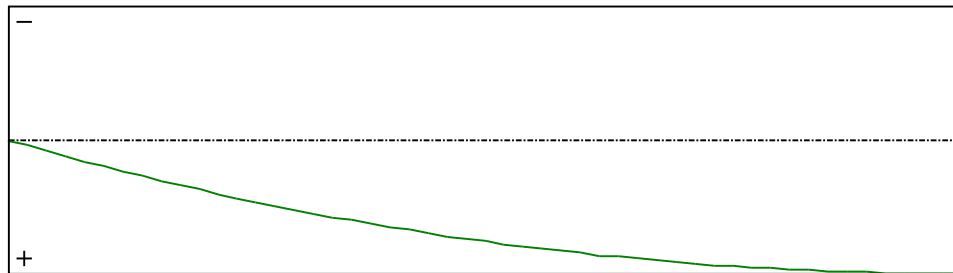


Figure 13 : Warping compoment of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

I - PARAMETERS	p.1
<i>I.1 - Lateral restraints</i>	<i>p.2</i>
- <i>Restraint No. 1 :</i>	<i>p.2</i>
<i>I.2 - Supports</i>	<i>p.3</i>
- <i>Support No. 1 :</i>	<i>p.3</i>
<i>I.3 - Loads</i>	<i>p.4</i>
- <i>Concentrated loads :</i>	<i>p.4</i>
- <i>Distributed loads :</i>	<i>p.4</i>
II - RESULTS OF 2D GLOBAL ANALYSIS	p.5
<i>II.1 - Sign conventions</i>	<i>p.5</i>
<i>II.2 - Diagrams of internal forces in global coordinates</i>	<i>p.5</i>
III - LTB CALCULATION	p.9
<i>III.1 - LTB modes</i>	<i>p.9</i>
<i>III.2 - Mode shapes</i>	<i>p.9</i>
- <i>Mode 1</i>	<i>p.9</i>

WARNING !

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

Příloha

Protokoly programu SCIA Engineer

Rám I

1. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	vlastní tíha - vazník	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	vlastní tíha - fasádní plášť	Stálé	SZ1			
		Standard				
ZS3	vlastní tíha - vaznice	Stálé Standard	SZ1			
ZS4	ost. stálé na střechu	Stálé Standard	SZ1			
ZS6	sníh I Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS7	sníh II Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS8	sníh III Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS9	vítr I Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS10	vítr II Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS11	vítr III Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS12	vítr IV Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS13	JD MSÚ Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS14	JD MSP Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS15	teplota Teplota	Proměnné Statické	SZ2			Žádný

2. Nelineární kombinace

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC1	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC2	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS10 - vítr II	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC3	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC4	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC5	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC6	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS10 - vítr II	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC7	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC8	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC13	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC14	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS10 - vítr II	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC15	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC16	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC17	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC18	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS10 - vítr II	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	0,90
		ZS15 - teplota	1,00
NC19	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	0,90
		ZS15 - teplota	1,00
NC20	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC25	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC26	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS10 - vítr II	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC27	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC28	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC29	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC30	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS10 - vítr II	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC31	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC32	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC37	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC38	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,35

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC39	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC40	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC41	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC42	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC43	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC44	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC49	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC50	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC51	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC52	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC53	Únosnost	ZS15 - teplota	0,90
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC54	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC55	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC56	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC61	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC62	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC63	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC64	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC65	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
ZS15 - teplota	1,00		
NC66	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC67	Únosnost	ZS15 - teplota	1,00
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC68	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC73	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS9 - vítr I	0,60
		ZS15 - teplota	0,60
NC74	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS10 - vítr II	0,60
		ZS15 - teplota	0,60
NC75	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
NC76	Únosnost	ZS11 - vítr III	0,60
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
NC81	Únosnost	ZS6 - sníh I	1,00
		ZS12 - vítr IV	0,60
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
NC82	Únosnost	ZS6 - sníh I	1,00
		ZS9 - vítr I	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
NC83	Únosnost	ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS11 - vítr III	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
NC84	Únosnost	ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS12 - vítr IV	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
NC85	Únosnost	ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00

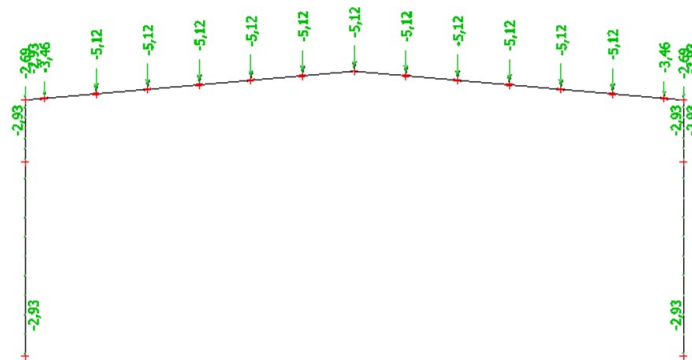
Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC86	Únosnost	ZS9 - vítr I	0,60
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS10 - vítr II	0,60
NC87	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS11 - vítr III	0,60
		NC88	Únosnost
ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00		
ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00		
ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00		
ZS7 - sníh II	1,00		
ZS12 - vítr IV	0,60		
NC93	Únosnost		
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS9 - vítr I	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC94	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS10 - vítr II	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC95	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS11 - vítr III	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC96	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS12 - vítr IV	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC97	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS9 - vítr I	0,60
		NC98	Únosnost
ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00		
ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00		
ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00		
ZS8 - sníh III	1,00		
ZS10 - vítr II	0,60		
NC99	Únosnost		
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS11 - vítr III	0,60
		NC100	Únosnost
ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00		
ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00		
ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00		
ZS8 - sníh III	1,00		
ZS12 - vítr IV	0,60		
NC105	Únosnost		
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS9 - vítr I	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC106	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS10 - vítr II	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC107	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS11 - vítr III	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC108	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS12 - vítr IV	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC109	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
NC110	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS10 - vítr II	1,00
NC111	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
NC112	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS12 - vítr IV	1,00
NC117	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC118	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS10 - vítr II	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC119	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC120	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS12 - vítr IV	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC121	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
NC122	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS10 - vítr II	1,00
NC123	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
NC124	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS12 - vítr IV	1,00
NC129	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC130	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS10 - vítr II	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC131	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC132	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS12 - vítr IV	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC133	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
NC134	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS10 - vítr II	1,00
NC135	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
NC136	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS12 - vítr IV	1,00
NC141	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC142	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS10 - vítr II	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC143	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC144	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - ost. stálé na střechu	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS12 - vítr IV	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00

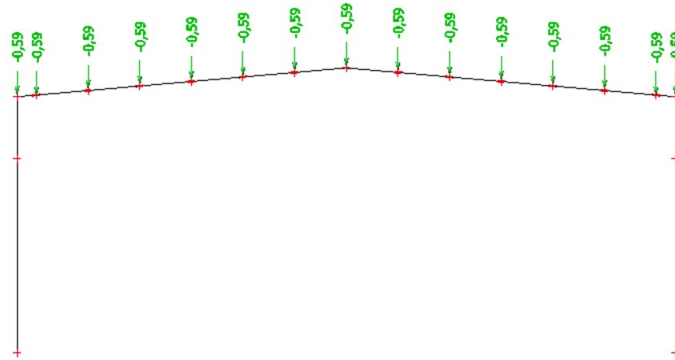
3. ZS2 / Hodnota pro výpočet



Studentská verze

4. ZS3 / Hodnota pro výpočet

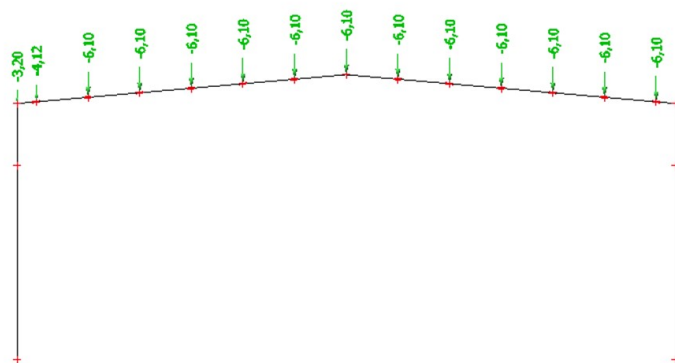
Studentská verze



Studentská verze

5. ZS4 / Hodnota pro výpočet

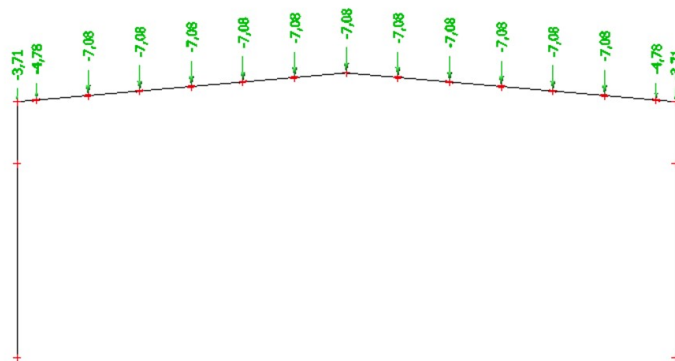
Studentská verze



Studentská verze

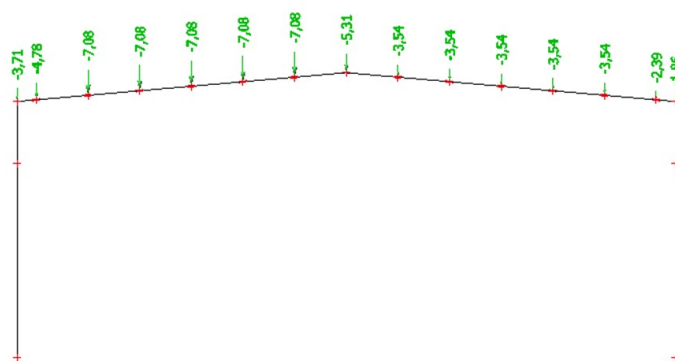
6. ZS6 / Hodnota pro výpočet

Studentská verze



7. ZS7 / Hodnota pro výpočet

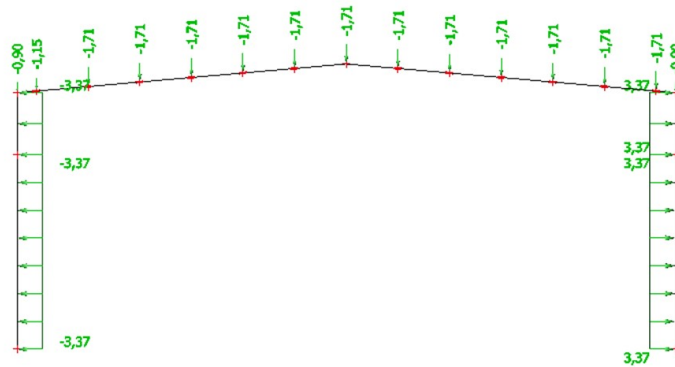
Studentská verze



Studentská verze

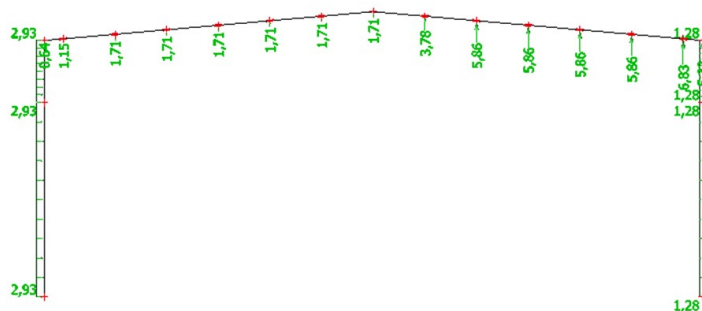
10. ZS10 / Hodnota pro výpočet

Studentská verze



Studentská verze

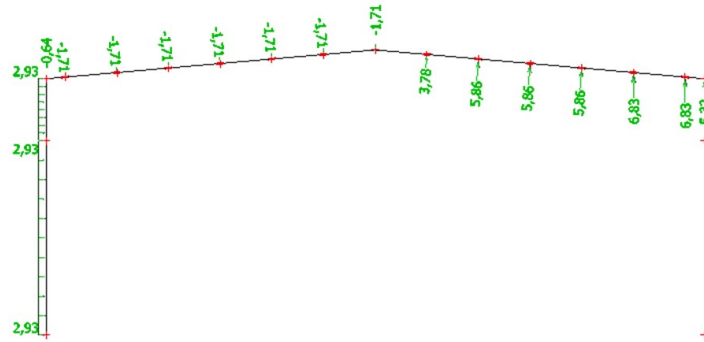
11. ZS11 / Hodnota pro výpočet



Studentská verze

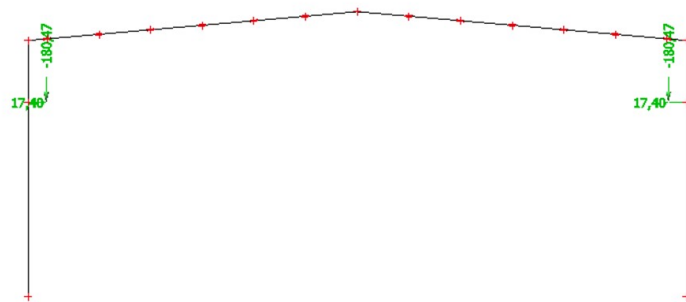
12. ZS12 / Hodnota pro výpočet

Studentská verze



13. ZS13 / Hodnota pro výpočet

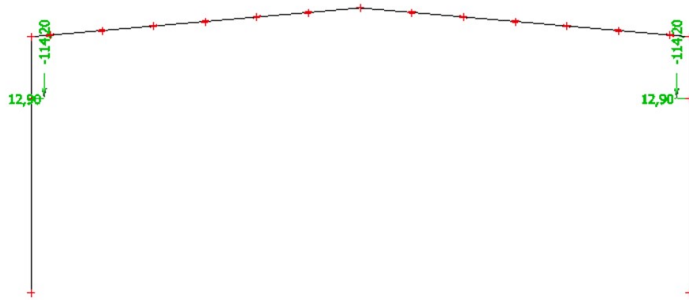
Studentská verze



Studentská verze

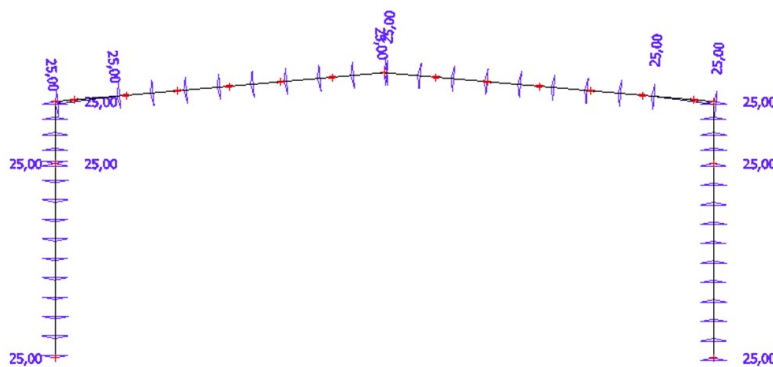
14. ZS14 / Hodnota pro výpočet

Studentská verze



15. ZS15 / Hodnota pro výpočet

Studentská verze



Studentská verze

Příloha

Protokoly programu SCIA Engineer

Rám II

1. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis Spec	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
		Typ zatížení				
ZS1	vlastní tíha - vazník	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	vlastní tíha - fasádní plášť	Stálé	SZ1			
		Standard				
ZS3	vlastní tíha - vaznice	Stálé Standard	SZ1			
ZS4	stálé - strop + ost. stálé na střechnu	Stálé	SZ1			
		Standard				
ZS5	užitné strop Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS6	sníh I Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS7	sníh II Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS8	sníh III Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS9	vítr I Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS10	vítr II Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS11	vítr III Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS12	vítr IV Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS13	JD MSÚ Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS14	JD MSP Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS15	teplota Teplota	Proměnné Statické	SZ2			Žádný

2. Nelineární kombinace

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. γ
NC1	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC2	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS10 - vítr II	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC3	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC4	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC5	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
ZS15 - teplota	1,00		

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC6	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS10 - vítr II	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC7	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC8	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC13	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC14	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS10 - vítr II	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC15	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC16	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
		ZS15 - teplota	0,90
NC17	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC18	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS10 - vítr II	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	0,90
		ZS15 - teplota	1,00
NC19	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	0,90
		ZS15 - teplota	1,00

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC20	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
NC25	Únosnost	ZS15 - teplota	1,00
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
NC26	Únosnost	ZS15 - teplota	0,90
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS10 - vítr II	0,90
NC27	Únosnost	ZS15 - teplota	0,90
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
NC28	Únosnost	ZS15 - teplota	0,90
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
NC29	Únosnost	ZS15 - teplota	0,90
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS9 - vítr I	0,90
NC30	Únosnost	ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
NC31	Únosnost	ZS10 - vítr II	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
NC32	Únosnost	ZS8 - sníh III	1,50
		ZS11 - vítr III	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
NC37	Únosnost	ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS8 - sníh III	1,50
		ZS12 - vítr IV	0,90
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
NC38	Únosnost	ZS15 - teplota	0,90
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC39	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC40	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC41	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC42	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC43	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC44	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS6 - sníh I	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC49	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC50	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC51	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC52	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC53	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC54	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC55	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC56	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,35
		ZS7 - sníh II	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC61	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC62	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC63	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC64	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50
		ZS15 - teplota	0,90
NC65	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS9 - vítr I	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC66	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,35

Stužentická verze

Stužentická verze

Stužentická verze

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS10 - vítr II	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC67	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS11 - vítr III	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC68	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,35
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,35
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,35
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,35
		ZS8 - sníh III	0,75
		ZS12 - vítr IV	1,50
		ZS13 - JD MSÚ	1,00
		ZS15 - teplota	1,00
NC73	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS9 - vítr I	0,60
		ZS15 - teplota	0,60
NC74	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS10 - vítr II	0,60
		ZS15 - teplota	0,60
NC75	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS11 - vítr III	0,60
NC76	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS12 - vítr IV	0,60
NC81	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS9 - vítr I	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC82	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS10 - vítr II	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC83	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS11 - vítr III	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC84	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechnu	1,00
		ZS6 - sníh I	1,00
		ZS12 - vítr IV	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC85	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS9 - vítr I	0,60
NC86	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS10 - vítr II	0,60
NC87	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS11 - vítr III	0,60
NC88	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS12 - vítr IV	0,60
NC93	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS9 - vítr I	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC94	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS10 - vítr II	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC95	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS11 - vítr III	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC96	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS7 - sníh II	1,00
		ZS12 - vítr IV	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC97	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS9 - vítr I	0,60
NC98	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS10 - vítr II	0,60
NC99	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS11 - vítr III	0,60
NC100	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS12 - vítr IV	0,60
NC105	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS9 - vítr I	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC106	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS10 - vítr II	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC107	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS11 - vítr III	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC108	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS8 - sníh III	1,00
		ZS12 - vítr IV	0,60
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC109	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
NC110	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS10 - vítr II	1,00
NC111	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
NC112	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS12 - vítr IV	1,00
NC117	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC118	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS10 - vítr II	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC119	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC120	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střeche	1,00
		ZS6 - sníh I	0,50

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS12 - vítr IV	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC121	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
NC122	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS10 - vítr II	1,00
NC123	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
NC124	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS12 - vítr IV	1,00
NC129	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC130	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS10 - vítr II	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC131	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC132	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS7 - sníh II	0,50
		ZS12 - vítr IV	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC133	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
NC134	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS10 - vítr II	1,00
NC135	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
NC136	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00

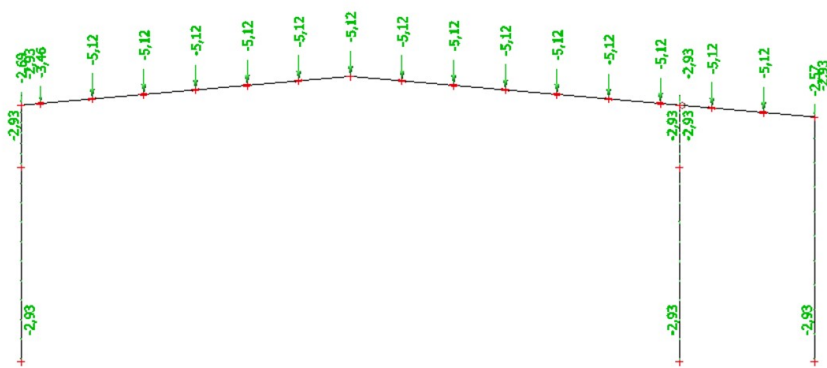
Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC141	Únosnost	ZS8 - sníh III	0,50
		ZS12 - vítr IV	1,00
		ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS9 - vítr I	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
		NC142	Únosnost
ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00		
ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00		
ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00		
ZS8 - sníh III	0,50		
ZS10 - vítr II	1,00		
ZS14 - JD MSP	1,00		
NC143	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS11 - vítr III	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00
NC144	Únosnost	ZS1 - vlastní tíha - vazník	1,00
		ZS2 - vlastní tíha - fasádní plášť	1,00
		ZS3 - vlastní tíha - vaznice	1,00
		ZS4 - stálé - strop + ost. stálé na střechu	1,00
		ZS8 - sníh III	0,50
		ZS12 - vítr IV	1,00
		ZS14 - JD MSP	1,00

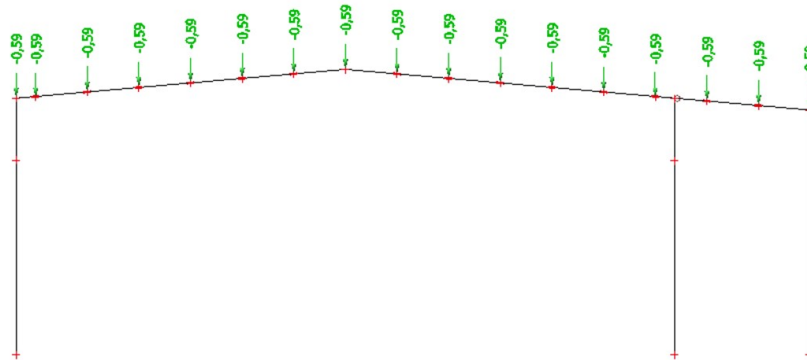
3. ZS2 / Hodnota pro výpočet / Hodnota



Studentská verze

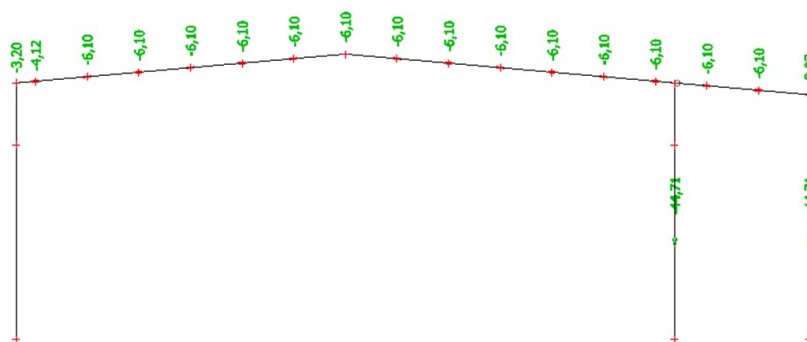
4. ZS3 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

Studentská verze



5. ZS4 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

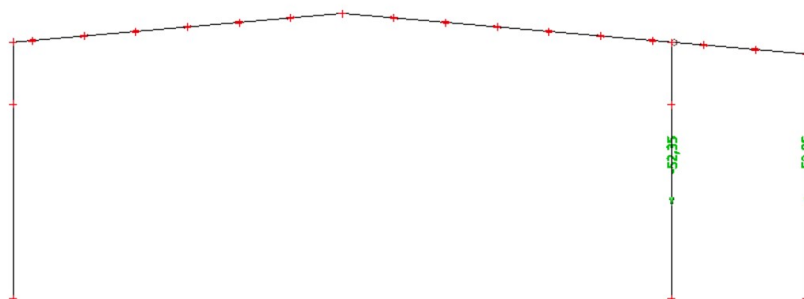
Studentská verze



Studentská verze

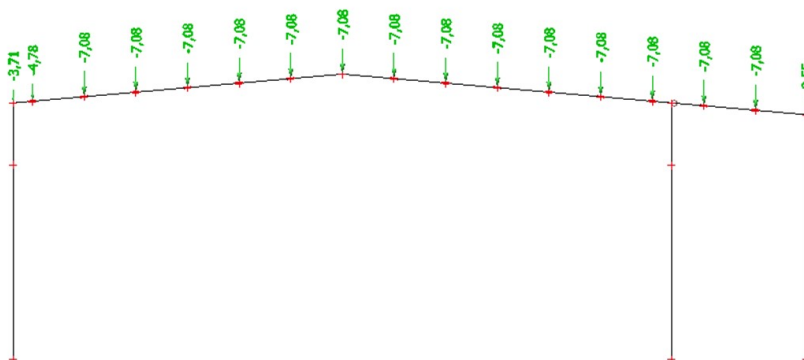
6. ZS5 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

Studentská verze



7. ZS6 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

Studentská verze



Studentská verze

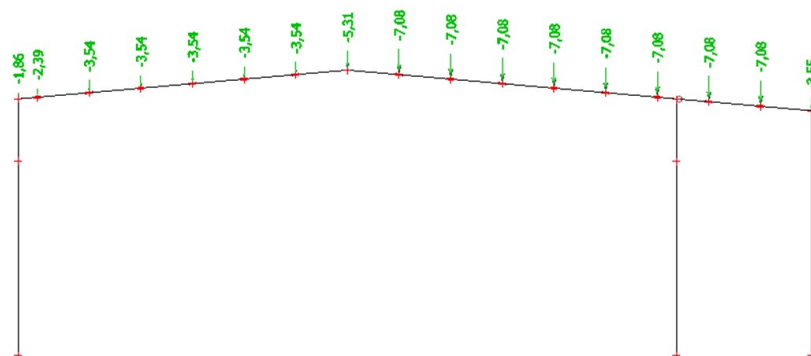
8. ZS7 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

Studentská verze



9. ZS8 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

Studentská verze

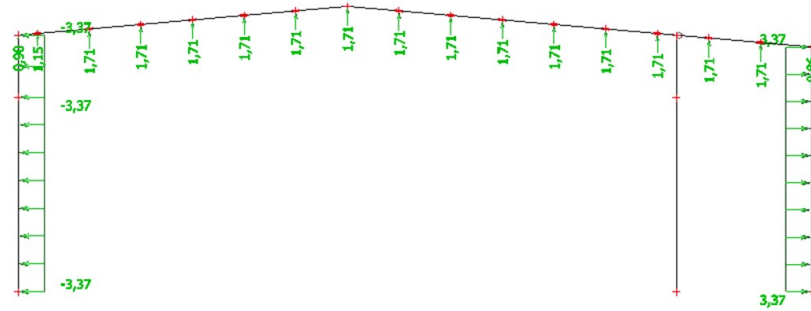


Studentská verze



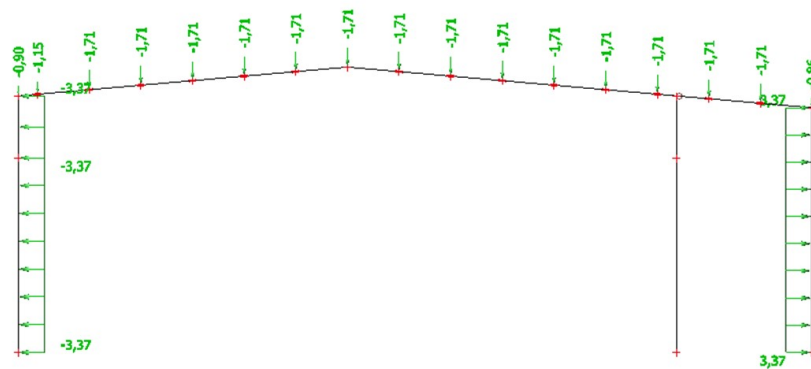
10. ZS9 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

Studentská verze



11. ZS10 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

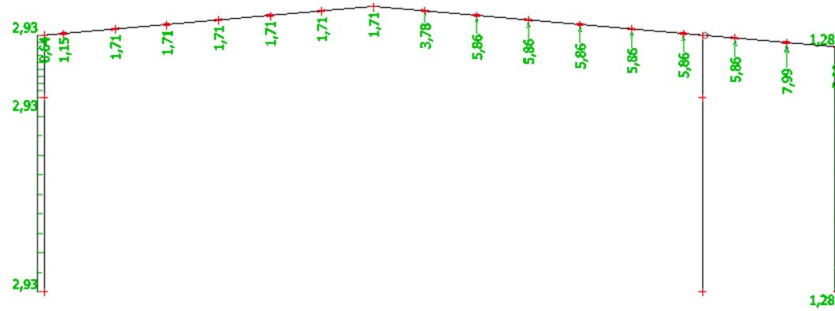
Studentská verze



Studentská verze

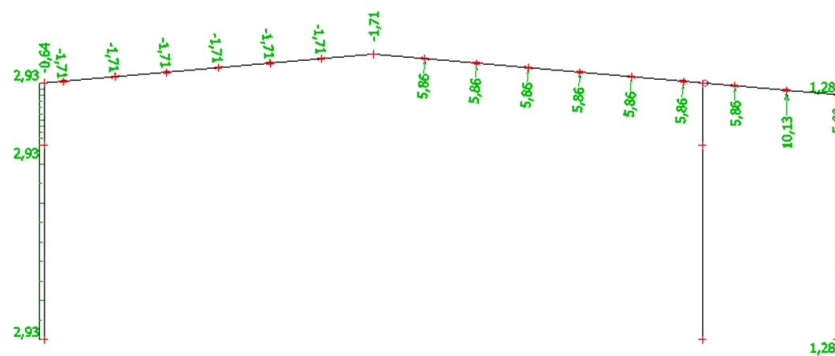
12. ZS11 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

Studentská verze



13. ZS12 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

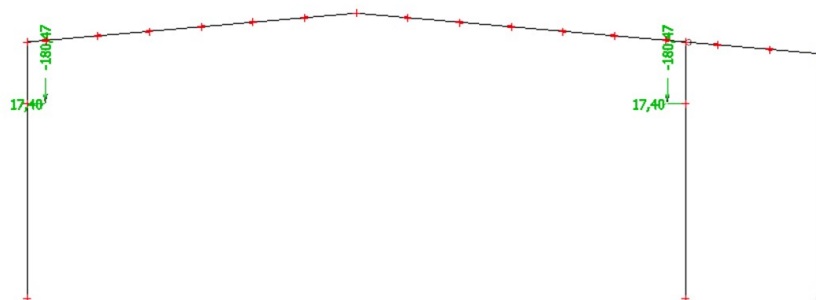
Studentská verze



Studentská verze

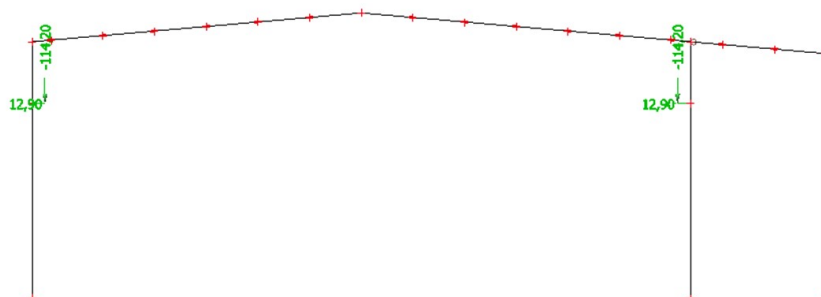
14. ZS13 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

Studentská verze



15. ZS14 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

Studentská verze

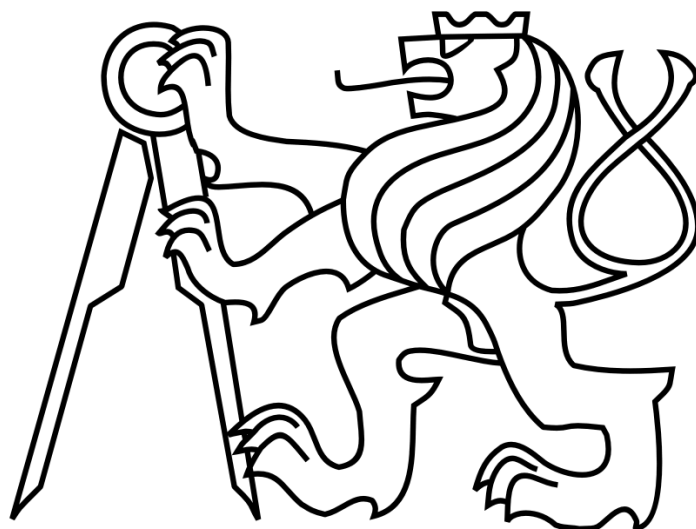


Studentská verze

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Diplomová práce

Průmyslová hala s jeřábovou dráhou

Technická zpráva

Vedoucí práce: Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Autor: Bc. Matyáš Kožich

Obsah

1	Popis konstrukce.....	2
2	Popis nosné konstrukce	2
2.1	Hlavní lod'.....	2
2.2	Administrativní část.....	2
2.3	Střešní plášť	2
2.4	Fasádní plášť.....	3
2.5	Vaznice	3
2.6	Stropní konstrukce.....	3
2.7	Štítová stěna.....	3
2.8	Stabilita objektu.....	3
2.9	Jeřábová dráha	3
3	Údaje o zatížení.....	4
4	Použité materiály.....	4
5	Použité normy:.....	4
6	Výroba ocelové konstrukce	5
7	Montáž ocelové konstrukce.....	5
8	Ochrana proti korozi	6
9	Ochrana proti požáru.....	6
10	Software.....	6

1 Popis konstrukce

Předmětem diplomové práce bylo navrhnout nosnou konstrukci ocelové haly, jejíž půdorys připomíná tvar písmene L o velikosti 67,1 x 30,6 metru. Hlavní loď je tvořena dvanácti ocelovými rámy z plnostěnných válcovaných profilů o rozponu 25,4 metru a osové vzdálenosti 6,1 metru. Nachází se zde jeden dvounosníkový mostový jeřáb o nosnosti 10 t a rozponu 24 metrů. Předpokládaný účel je výrobně skladovací.

Vedlejší loď objektu je tvořena dvoupodlažním polorámem s rozponem 5,2 metru, kloubově připojeným k hlavnímu traktu. Polorám je taktéž tvořen z plnostěnných válcovaných profilů. V přízemí se nachází zázemí pro pracovníky výroby a v prvním patře jsou administrativní prostory.

Objekt leží na území obce Jesenice u Prahy.

2 Popis nosné konstrukce

2.1 Hlavní loď

Nosná konstrukce hlavní lodi je tvořena plnostěnnými válcovanými profily, které tvoří vetknutý rám. Sloupy jsou navrženy z profilu HEA 650. Zatížení od jeřábové dráhy je na ně přenášeno prostřednictvím přivařené konzoly z profilu HEA 280 o délce 530 mm. Přenos vodorovných sil jeřábové dráhy v ose rámu je řešen pomocí trubky profilu TR 38x2,6. Zatížení větrem na stěny je do sloupů přenášeno pomocí tenkostěnných kazet LT150-600S, které jsou kotveny samovrtnými šrouby. Kotvení sloupů hlavní lodi je řešeno pomocí patek, které zajišťují vetknutí v příčném směru.

Příčle je navržena z profilu IPE 450 a náběhem z profilu IPE 450 o výšce 150 mm a délce 2 400mm. Příčle jsou ke sloupu připojeny pomocí šroubového momentového přípoje.

2.2 Administrativní část

Sloupy vedlejší lodi jsou navrženy z profilů HEA 220. Kotvení sloupů je řešeno pomocí kloubových patek. Příčle je navržena z profilu IPE 180. Ke sloupu vedlejší lodi je připojena pomocí šroubového momentového spoje a k rámu hlavní lodi pak přípojem kloubovým.

2.3 Střešní plášť

Nosnou konstrukci střešního pláště tvoří trapézový plech TR50/260 o tloušťce 0,75 mm navrhovaný jako spojitý nosník o dvou polích s rozponem 2 metry. Střešní plášť je dále tvořen parozábranou BAUDER Tec DBR, tepelnou izolací Isover R tloušťky 200 mm a plechem Satjam Sat 18N tloušťky 0,7 mm.

2.4 Fasádní plášť

Nosnou konstrukci fasádního pláště tvoří tenkostěnné kazety LT150-600S navržené jako prostý nosník se vzdáleností podpor 6,1 metru. Fasádní plášť je dále tvořen parozábranou BAUDER Tec DBR, tepelnou izolací Isover TF tloušťky 180 mm a plechem Satjam Sat 18N o tloušťce 0,7 mm.

2.5 Vaznice

Zatížení je na příčle rámu přenášeno pomocí tenkostěnných vaznic s profilovanou stojinou typu Z. Vaznice jsou navrženy s výškou 250 mm a tloušťkou 2,5 mm jako spojitý nosník o třech polích se vzdáleností podpor 6,1 m. Vaznice jsou kladeny směrem od hřebenu s osovou vzdáleností 2 m.

2.6 Stropní konstrukce

Stropní konstrukce vedlejší lodi je navržena jako ocelobetonový spřažený průřez. Stropnice délky 5,2 metru jsou z profilu IPE 140 a průvlaky z profilu IPE 160. Betonová deska je navržena z betonu třídy pevnosti C25/30. Ztracené bednění tvoří trapézový plech TR50/262,5 tloušťky 0,75 mm. Spřažení je realizováno pomocí trnů o průměru 19 mm a výšce 100 mm. Stropnice i průvlaky je nutné během montáže podepřít.

2.7 Štítová stěna

Sloupy štítové stěny jsou navrženy z profilů HEA 220. Kotvení sloupů štítové stěny je realizováno pomocí kloubových patek. Přípoj sloupů štítové stěny je kloubový kluzný, umožňující horizontální průhyb rámu štítové stěny o +20 mm a - 60 mm ve směru osy z.

2.8 Stabilita objektu

Celková stabilita objektu je v příčném směru zajištěna jednotlivými příčnými rámovými vazbami. V podélném směru je stabilita objektu zajištěna příčným střešním tužidlem a stěnovým ztužidlem navrženými v polích 1, 5 a 11. V řadách A a G je podélné ztužidlo zajišťující geometrický tvar konstrukce.

2.9 Jeřábová dráha

V hlavní lodi haly byla navržena jeřábová dráha pro mostový dvounosníkový jeřáb s rozponem 24 metrů a maximální nosností 10 tun. Hlavní nosníky jeřábové dráhy jsou navrženy z válcovaných profilů HEA 340. Nosníky byly navrženy jako prosté s rozponem

6,1 metru. Nosníky jeřábové dráhy budou na sloupech haly usazeny na konzolách z profilu HEA 280. Kolejnice jeřábové dráhy bude tvořit profil JKL 55. Z důvodu rektifikace jeřábové dráhy jsou pod hlavním nosníkem jeřábové dráhy umístěny rektifikační plechy (4x plech P5), které lze v případě nutnosti zaměnit. Veškeré otvory šroubovaných spojů jeřábové dráhy mají oválný tvar, aby umožnily rektifikaci v hodnotách:

Výškově $\pm 10 \text{ mm}$

Příčně $\pm 15 \text{ mm}$

Podélně $\pm 10 \text{ mm}$

3 Údaje o zatížení

Stálá zatížení byla určena ve smyslu ČSN EN 1991-1-1.

Zatížení sněhem bylo stanoveno dle ČSN EN 1991-1-3 se základní tíhou sněhu na zemi $s_k = 0,72 \text{ kN/m}^2$ pro oblast Jesenice u Prahy. Hodnota byla stanovena dle serveru <http://www.snehovamapa.cz/>.

Zatížení větrem bylo stanoveno dle ČSN EN 1991-1-4 s výchozí základní rychlostí větru pro větrnou oblast II $v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$.

Na konstrukci bylo uvažováno rovnoměrné zatížení teplotou dle ČSN EN 1991-1-5 o velikosti $\Delta T \pm 25^\circ \text{ K}$.

Na strop administrativní části budovy bylo uvažováno užitné zatížení kategorie B – kancelářské plochy o hodnotě $2,5 \text{ kN/m}^2$ a zatížení přemístitelnými příčkami $0,8 \text{ kN/m}^2$.

Zatížení jeřábovou drahou bylo stanoveno dle ČSN EN 1991-3.

Pro návrh hlavního nosníku jeřábové dráhy bylo uvažováno zatížení únavou konstrukce dle ČSN EN 1993-1-9.

4 Použité materiály

Ocel: S355 J0 – rámové příčle, nosník jeřábové dráhy

S235 JR – sloupy, ztužidla

S320 GD – vaznice, trapézové plechy

Beton: C16/20, C25/30

Šrouby: 10.9, 8.8

5 Použité normy:

ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí

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

ČSN EN 1991-1-3 – Obecná zatížení – Zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4 – Obecná zatížení – Zatížení větrem
ČSN EN 1991-1-5 – Obecná zatížení – Zatížení teplotou
ČSN EN 1991-3 – Zatížení od jeřábů a strojního vybavení
ČSN EN 1993-1-1 – Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1993-1-5 – Navrhování ocelových konstrukcí – Boulení stěn
ČSN EN 1993-1-8 – Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování styčníků
ČSN EN 1993-1-9 – Navrhování ocelových konstrukcí – Únava
ČSN EN 1993-6 – Navrhování ocelových konstrukcí – Jeřábové dráhy
ČSN EN 1994-1-1 – Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN ISO 12 944-1 – Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Obecné zásady
ČSN EN ISO 12 944 – 5 - Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Ochranné nátěrové systémy
ČSN EN 1090-2 – Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí – Technické požadavky na ocelové konstrukce

6 Výroba ocelové konstrukce

Ve výrobním závodě proběhne výroba konstrukce dle ČSN EN 1090-2 - Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Technické požadavky na ocelové konstrukce. Konstrukce byla zařazena do třídy provedení EXC2. Výsledný tvar a funkce konstrukce nevyžadují zvýšenou jakost výroby.

7 Montáž ocelové konstrukce

Montáž konstrukce bude probíhat pomocí autojeřábu a bude na ni nutné zpracovat technologický postup odbornou firmou s dodržáním všech zásad BOZP.

Přibližný postup montáže haly

- Usazení sloupů hlavní lodi
- Osazení vzpěr a stěnových ztužidel
- Montáž příčlí hlavní lodi
- Osazení vzpěr a střešních ztužidel
- Usazení sloupů administrativní části
- Osazení průvlaků stropnic a stěnových ztužidel
- Montáž příčle
- Osazení stropních ztužidel
- Položení vaznic
- Instalace střešního pláště
- Instalace fasádního pláště
- Položení trapézových plechů na stropnice s průvlaků
- Přivaření spřahovacích trnů

8 Ochrana proti korozi

Ochrana proti korozi je navržena v souladu s ČSN EN ISO 12944. Jedná se o prostory s občasnou kondenzací - Stupeň korozní agresivity: C2 – nízká. Předpokládaná životnost je střední (M) – 5 až 15 let. Příprava povrchu: Sa 21/2 – Otryskávání – odstranění okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Zvolený nátěrový systém dle ČSN EN ISO 12 944 – 5 je A2.02. s požadovanou suchou tloušťkou nátěru 120 µm. Jednotlivé profily budou opatřeny 2x základním nátěrem a 3x vrchním nátěrem.

9 Ochrana proti požáru

Požární odolnost konstrukce není součástí této práce. Je proto nutné zpracovat samostatný posudek.

10 Software

Autodesk Autocad 2016 CZ

Nemetschek Scia Engineer 16.1

Fine FIN 2D verze 5

Fine FIN 3D verze 5

Microsoft Word 2016

Microsoft Exel 2016

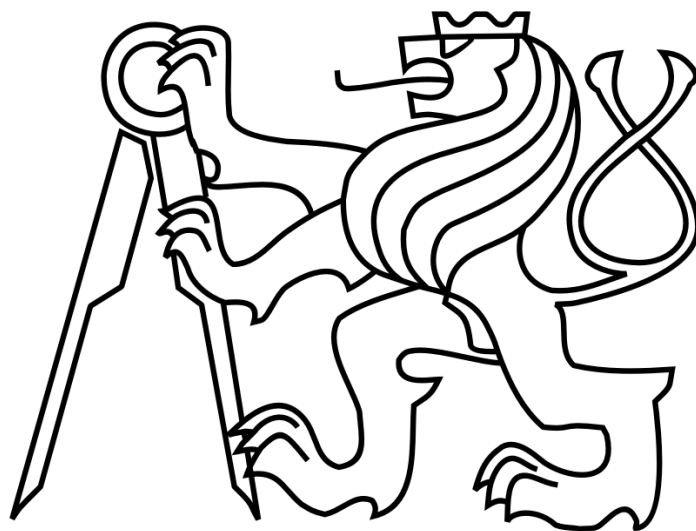
Svoboda software Teplo 2010

LTBeamN 1.0.3

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Diplomová práce

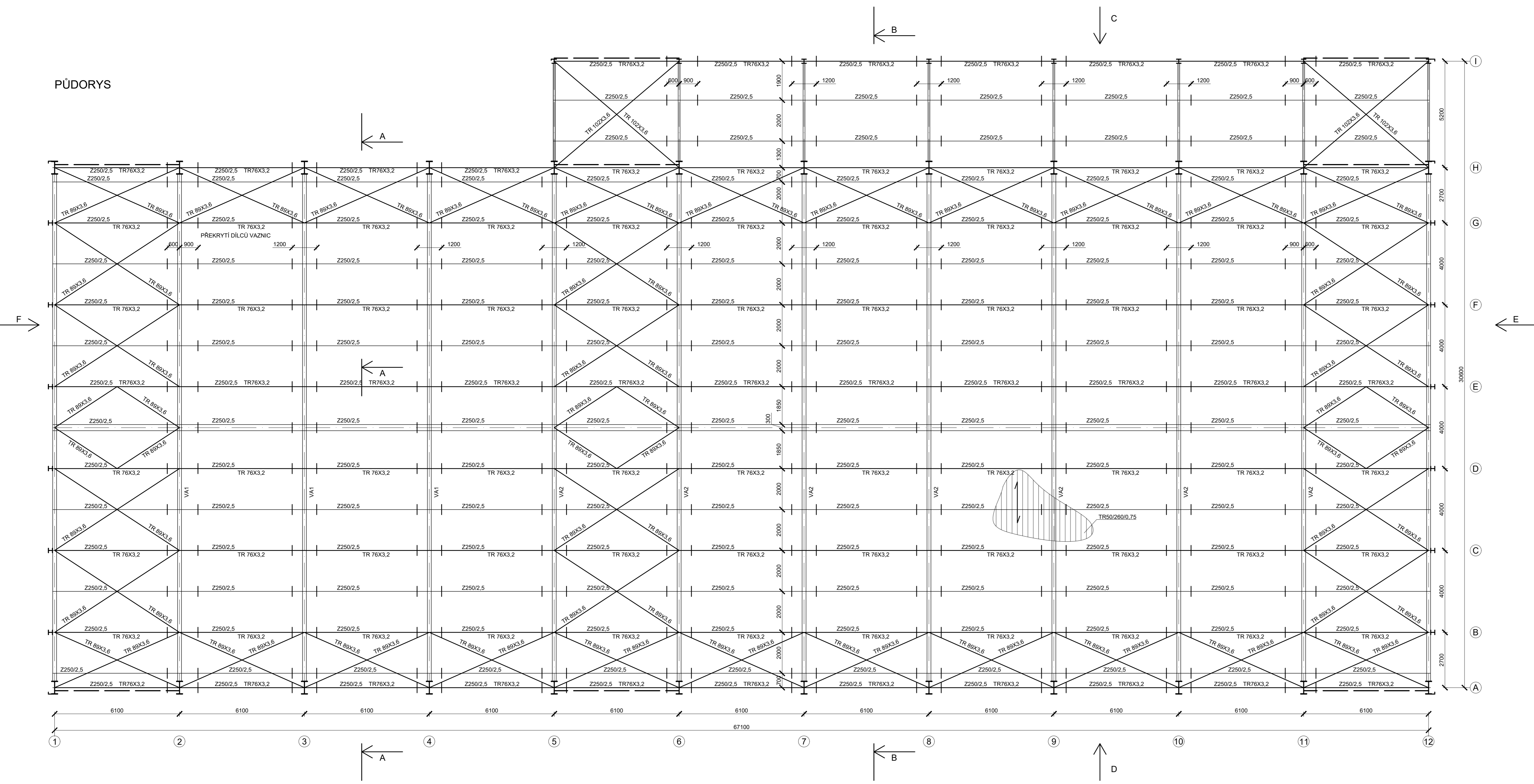
Průmyslová hala s jeřábovou dráhou

Výkresová dokumentace

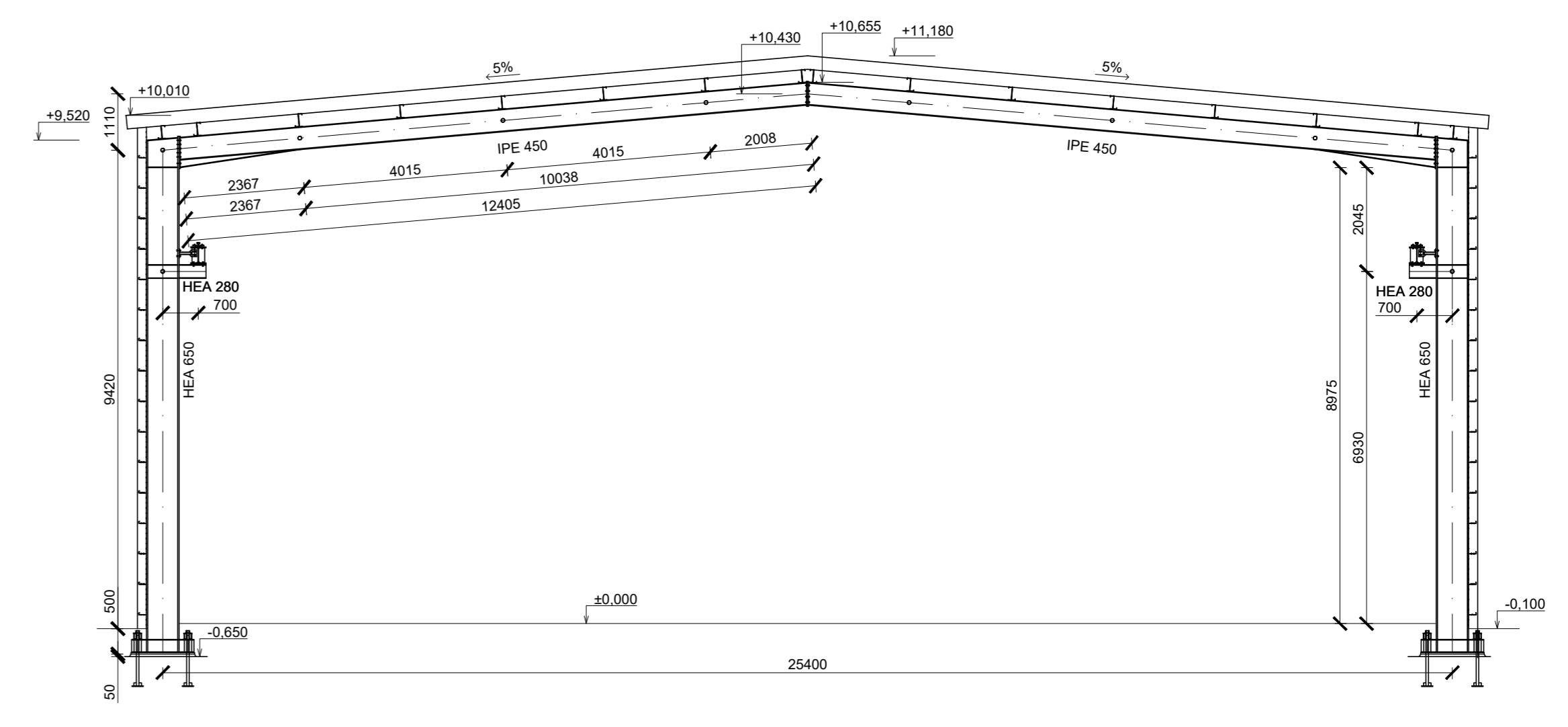
Vedoucí práce: Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Autor: Bc. Matyáš Kožich

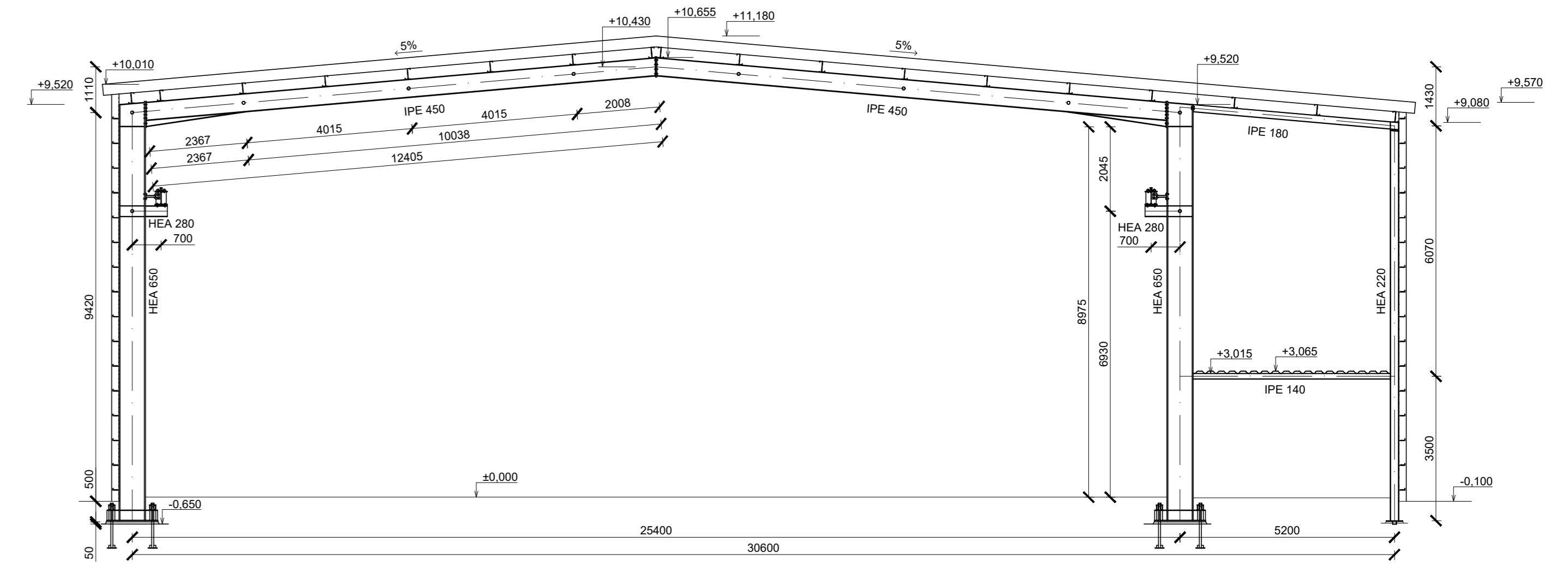
PŮDORYS



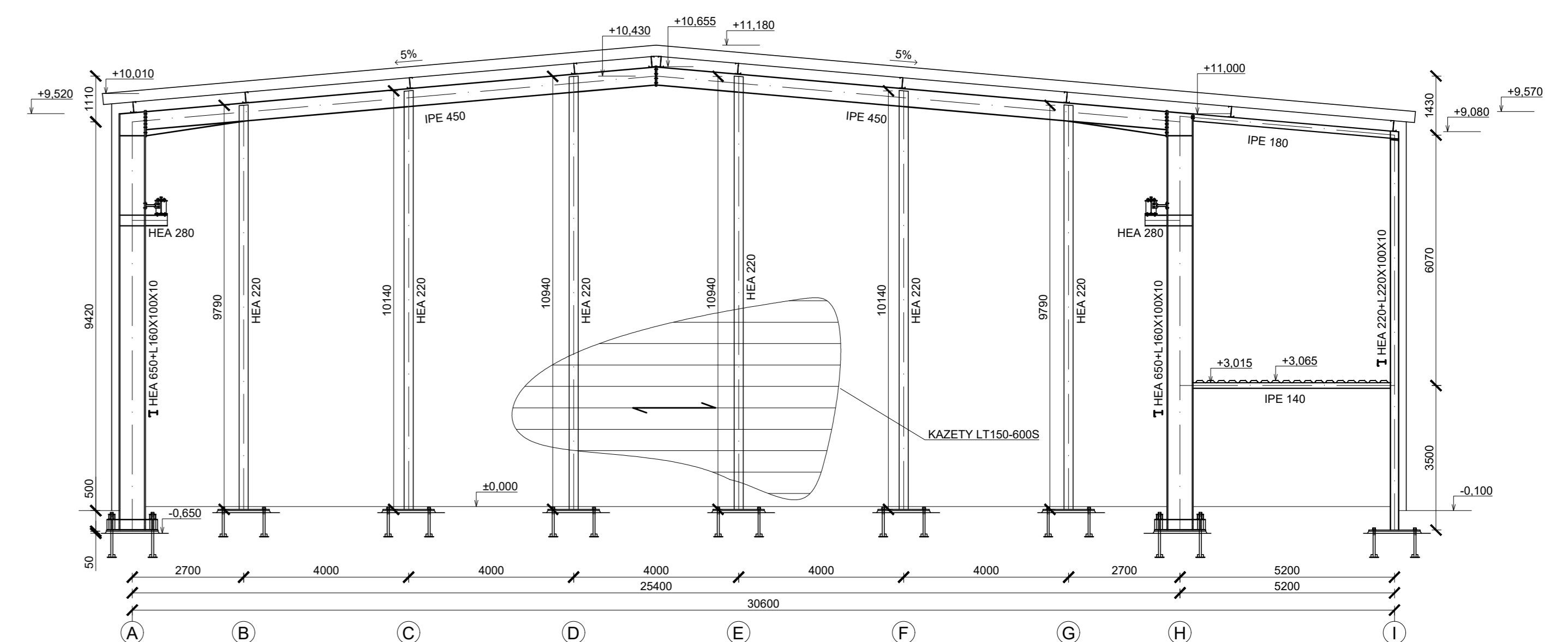
ŘEZ A-A



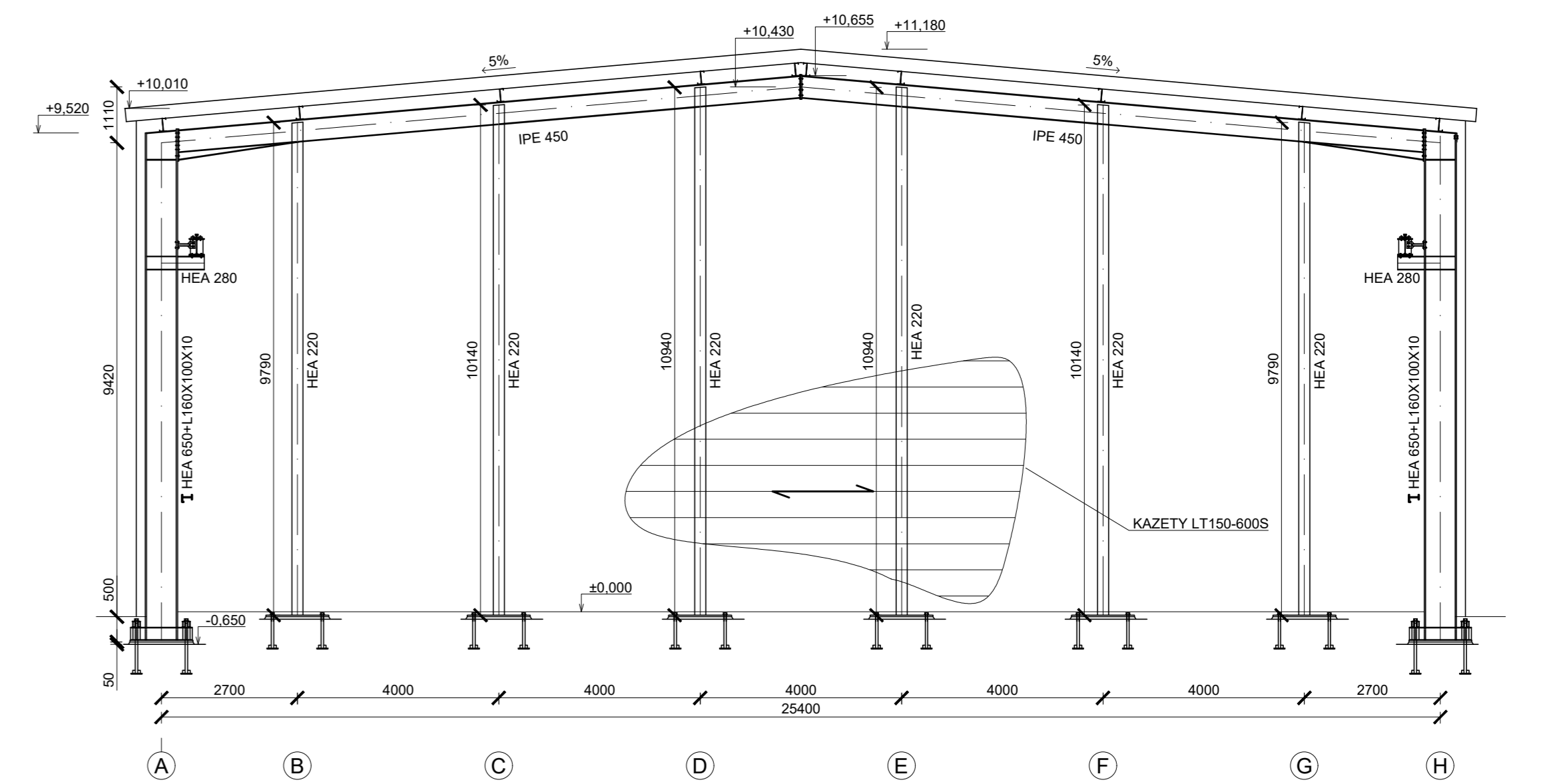
ŘEZ B-B



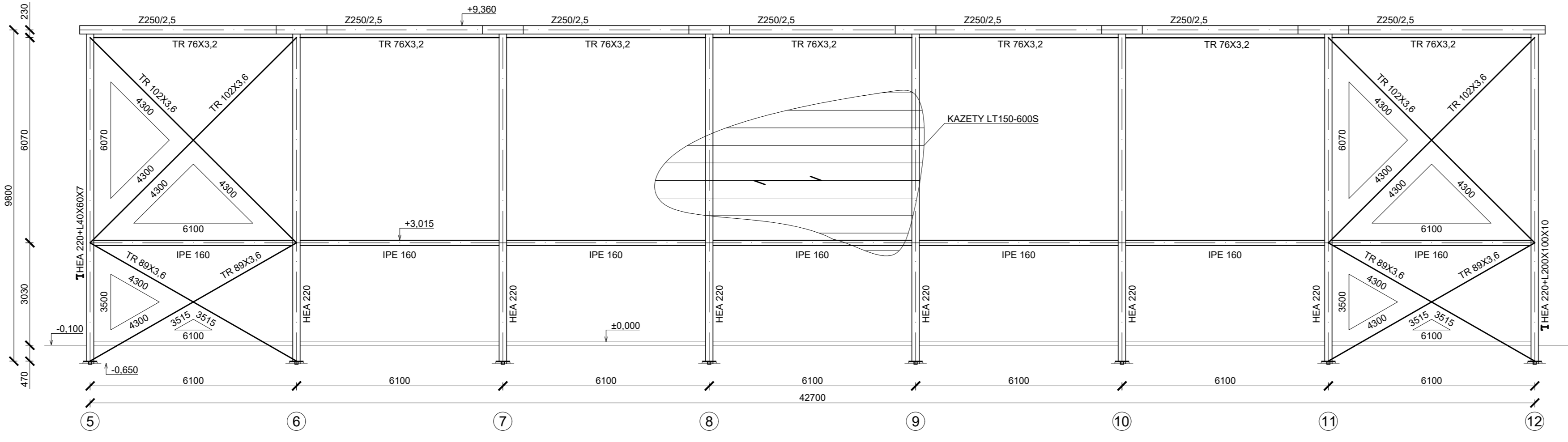
POHLED E



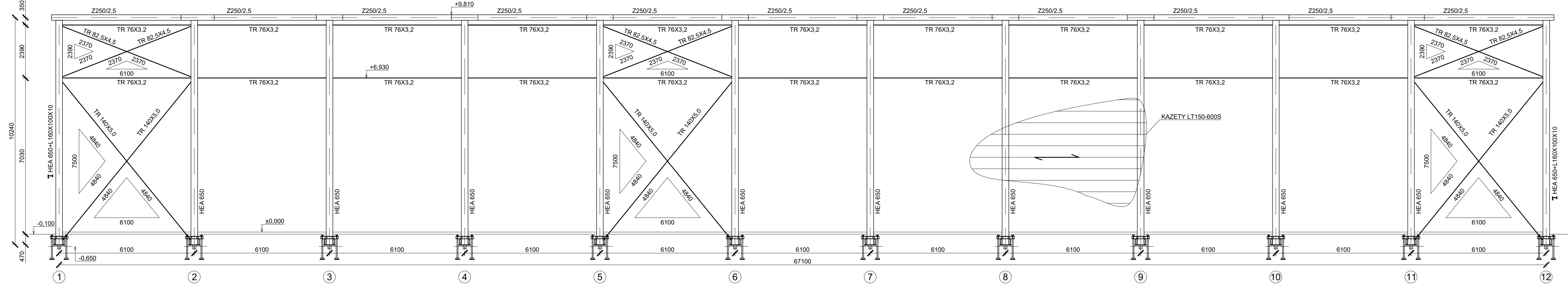
POHLED F



POHLED C

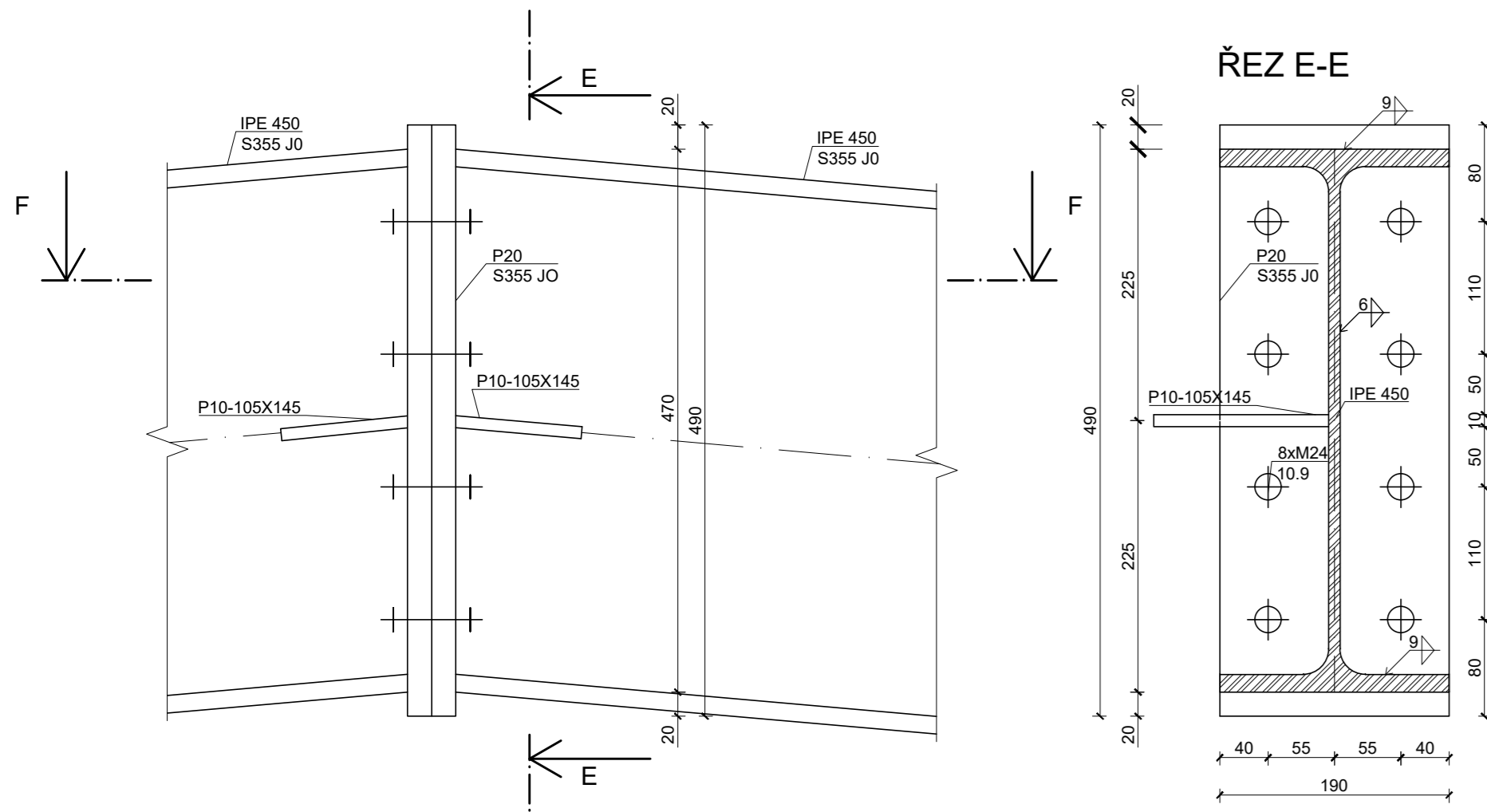


POHLED D

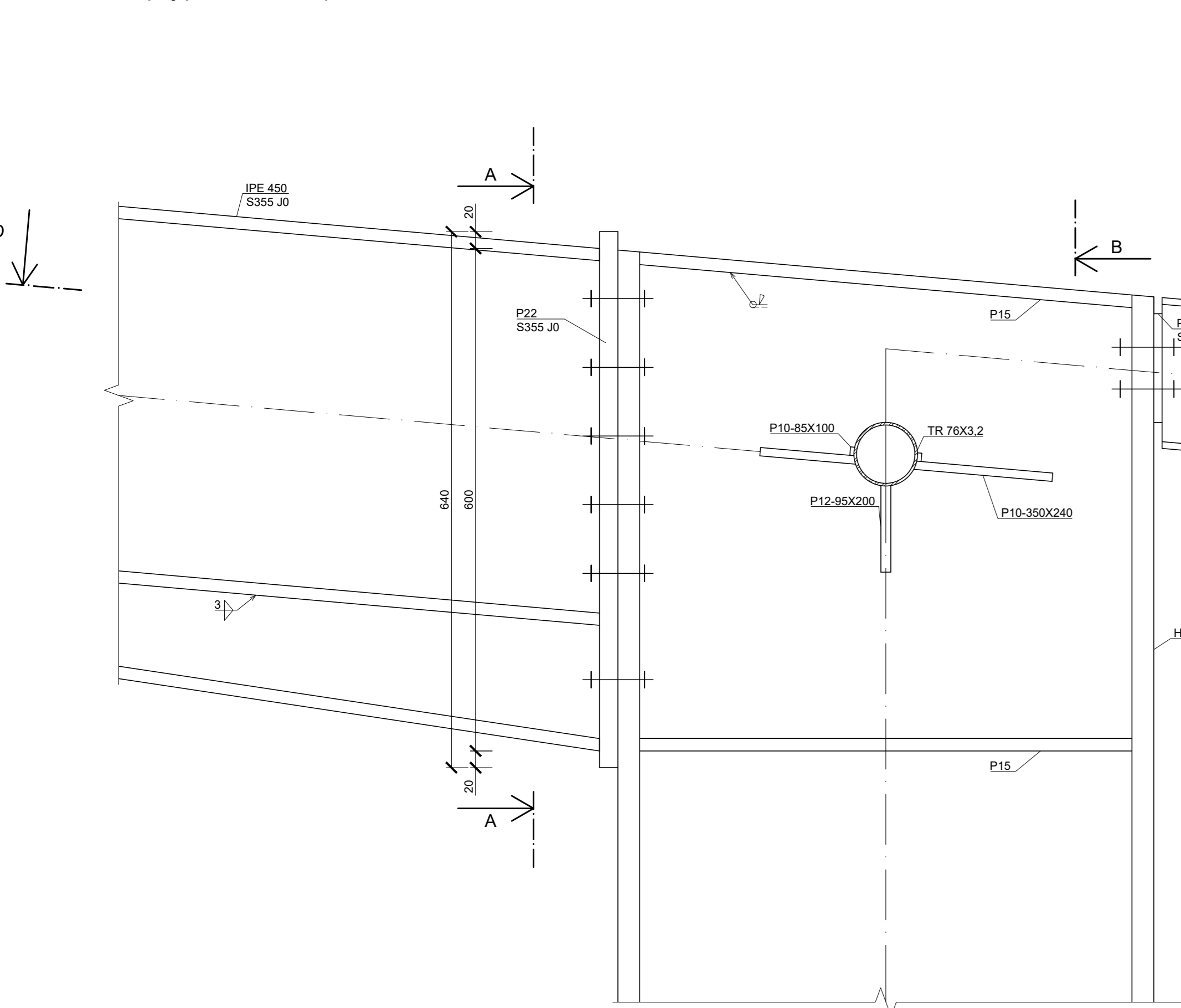
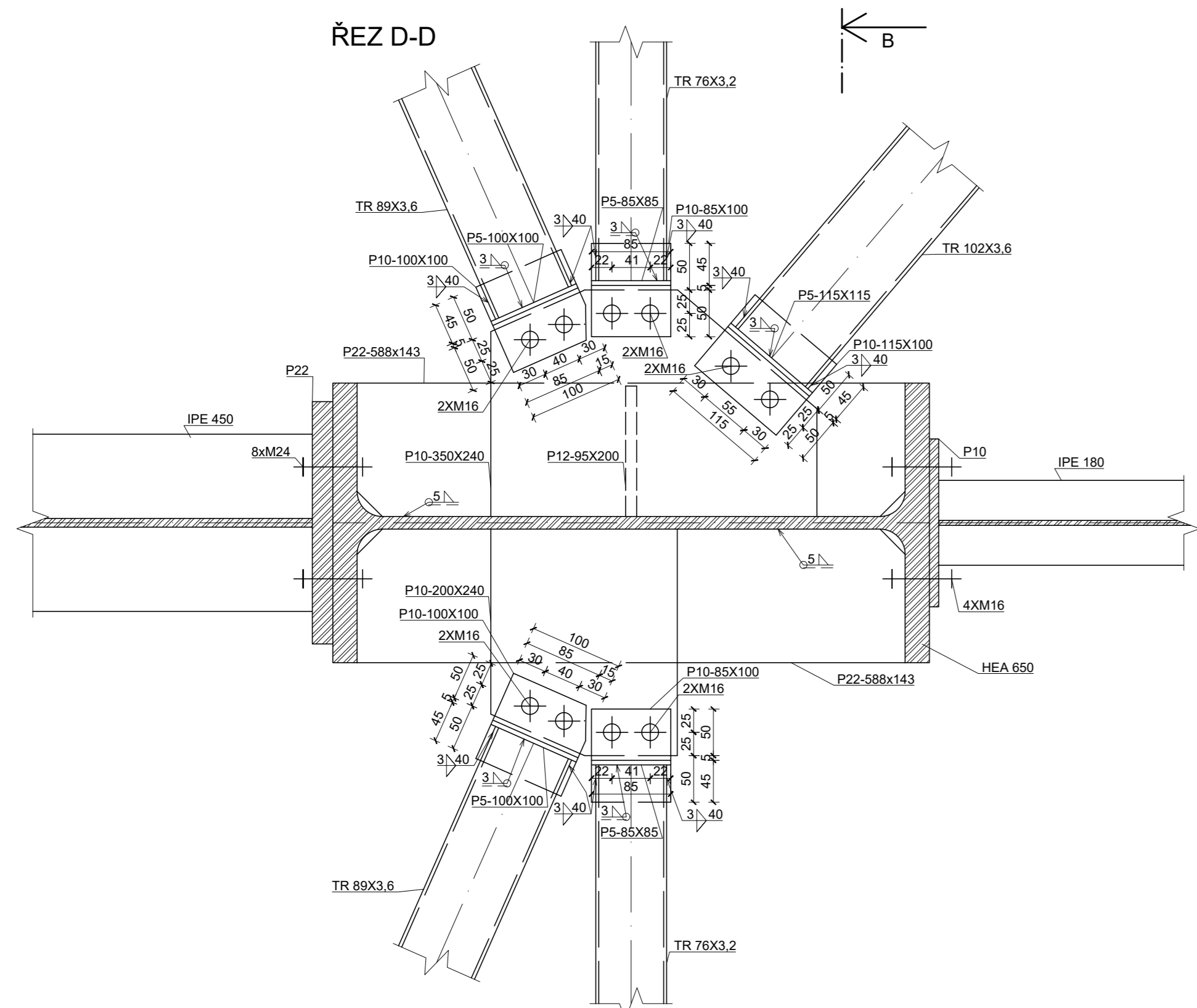


Detail D1 (M 1:5)

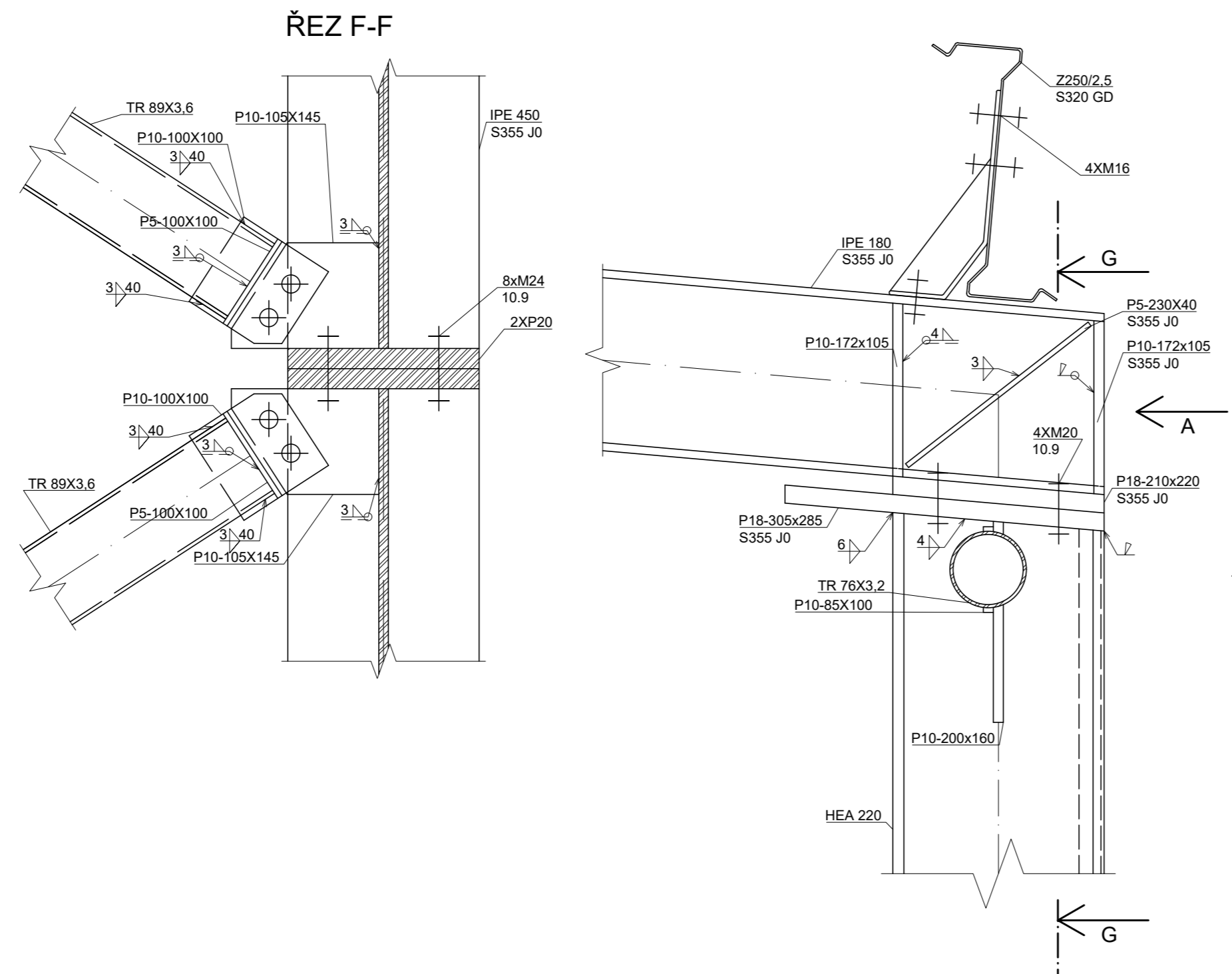
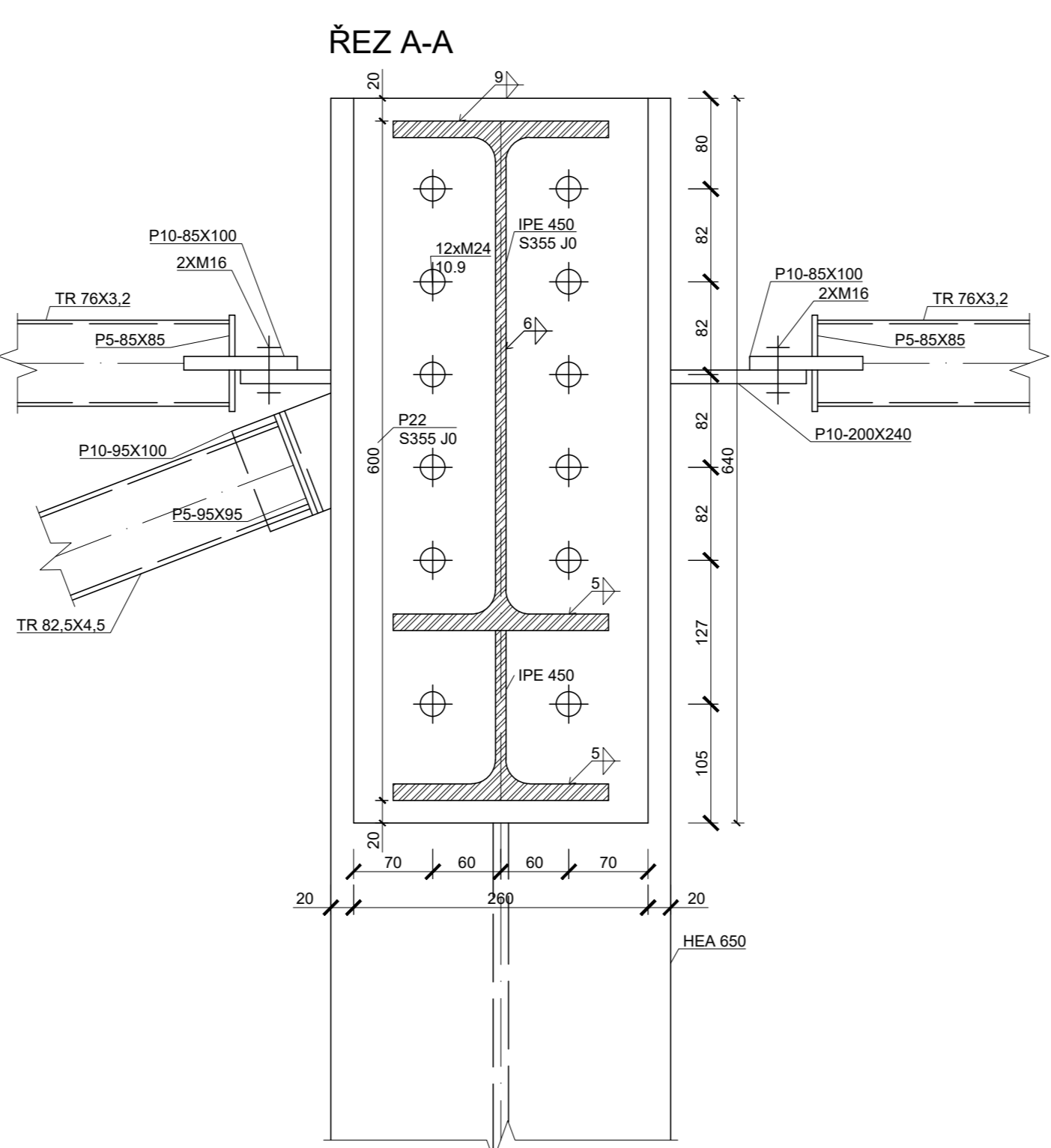
Připoj příčle

**Detail D2 (M 1:5)**

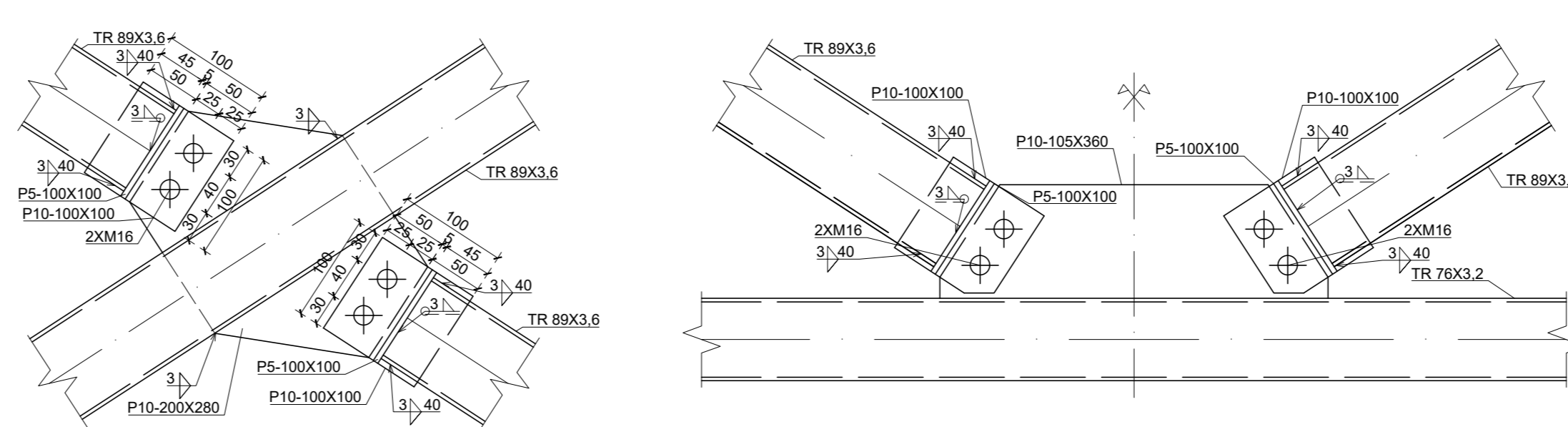
Připoj příčle na sloup

**ŘEZ D-D****Detail D3 (M 1:5)**

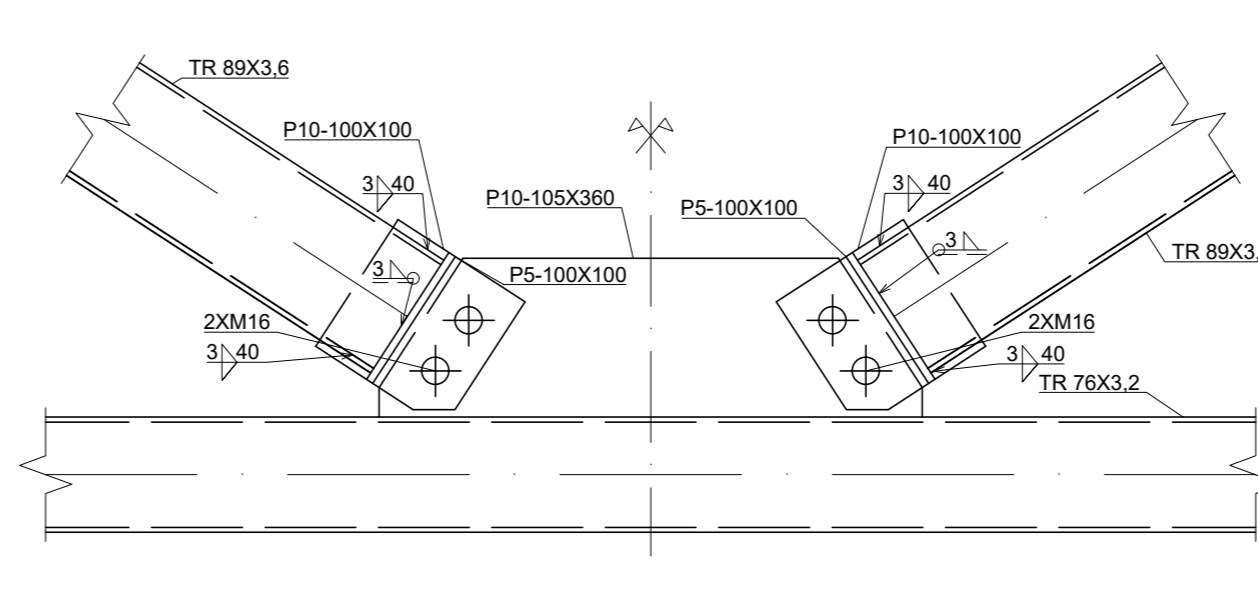
Připoj příčle na sloup

**ŘEZ A-A****Detail D11 (M 1:5)**

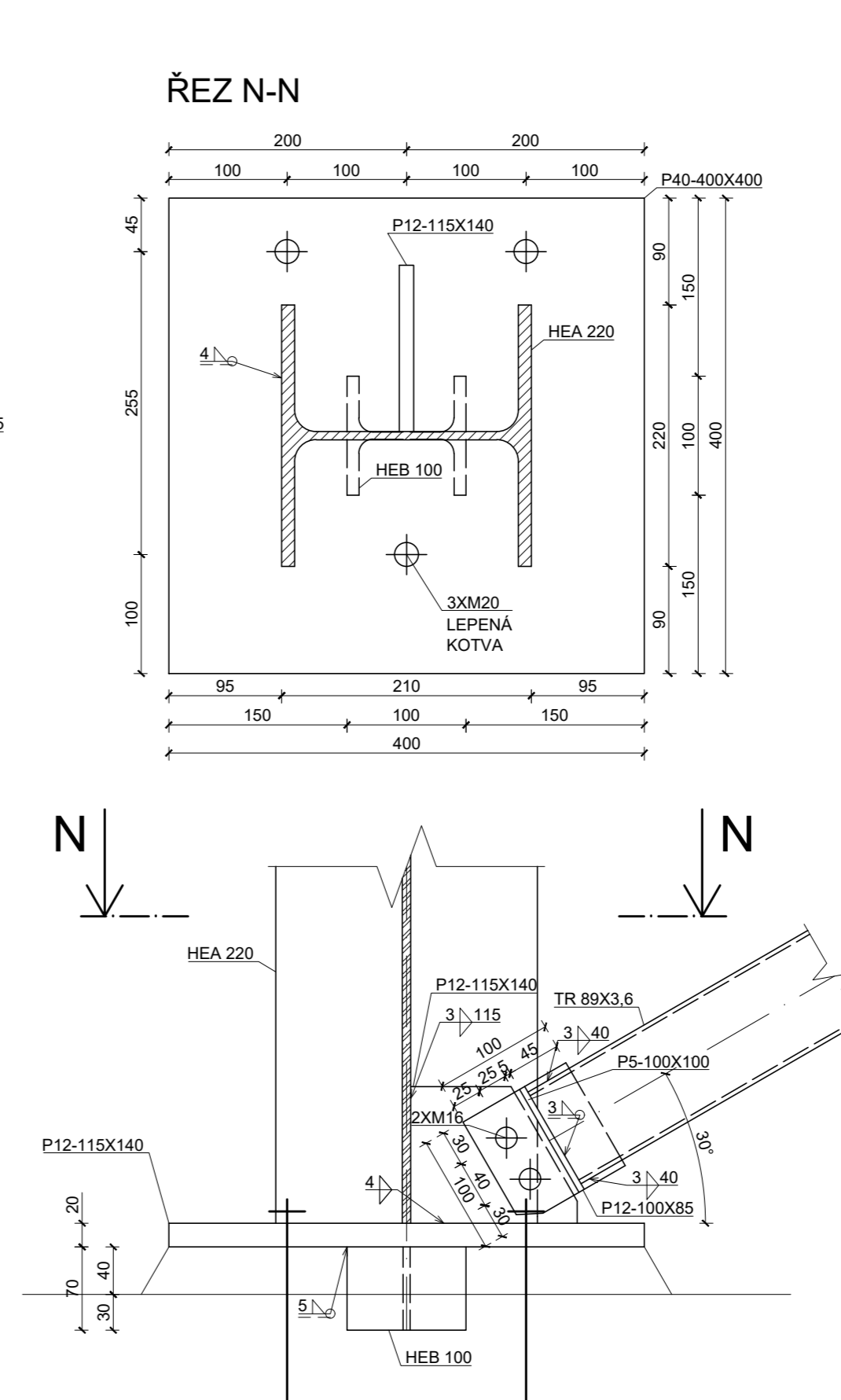
Křížení stropního ztužidla

**D12 (M 1:5)**

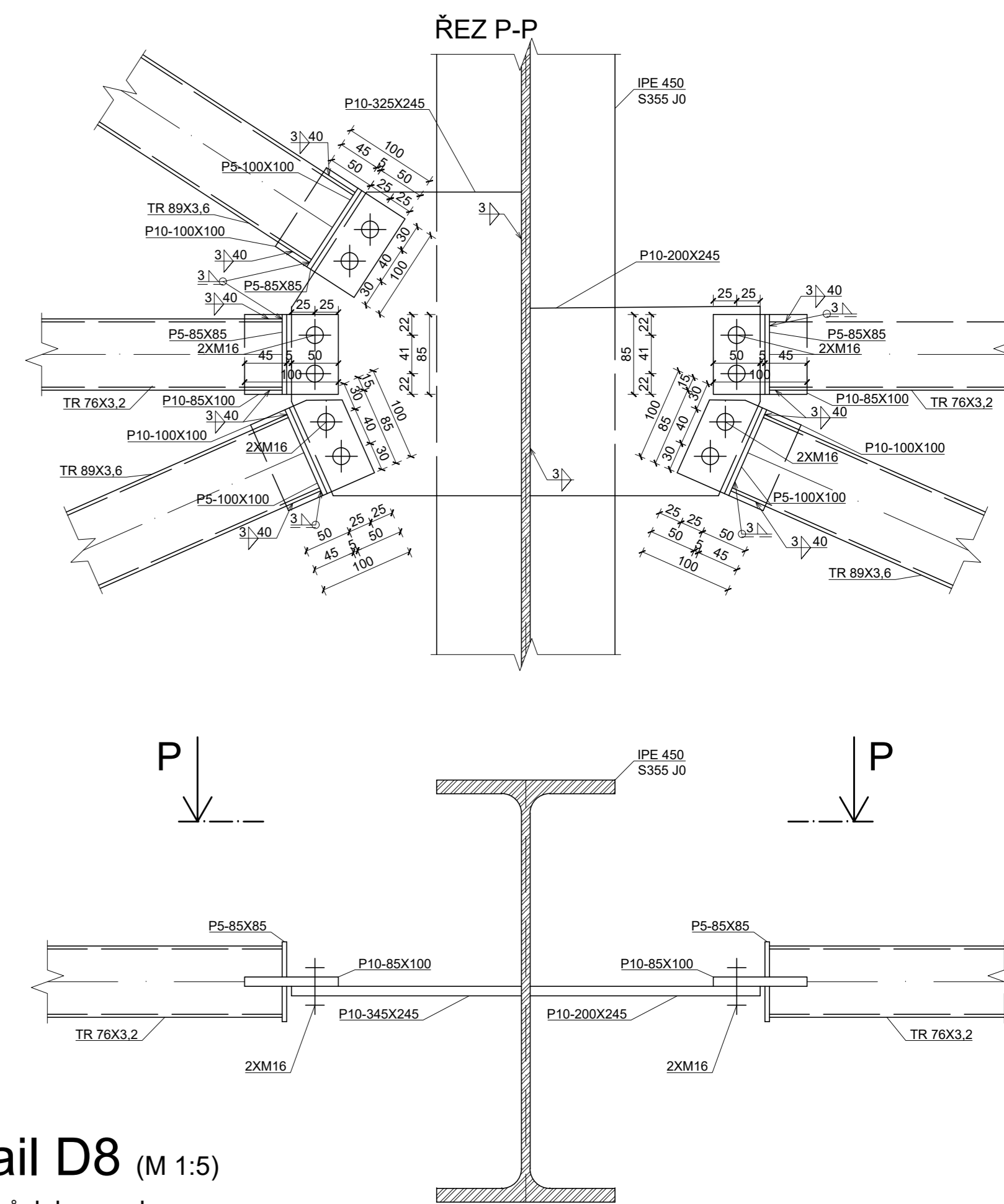
Připoj střešního ztužidla na vzpěru

**Detail D7 (M 1:5)**

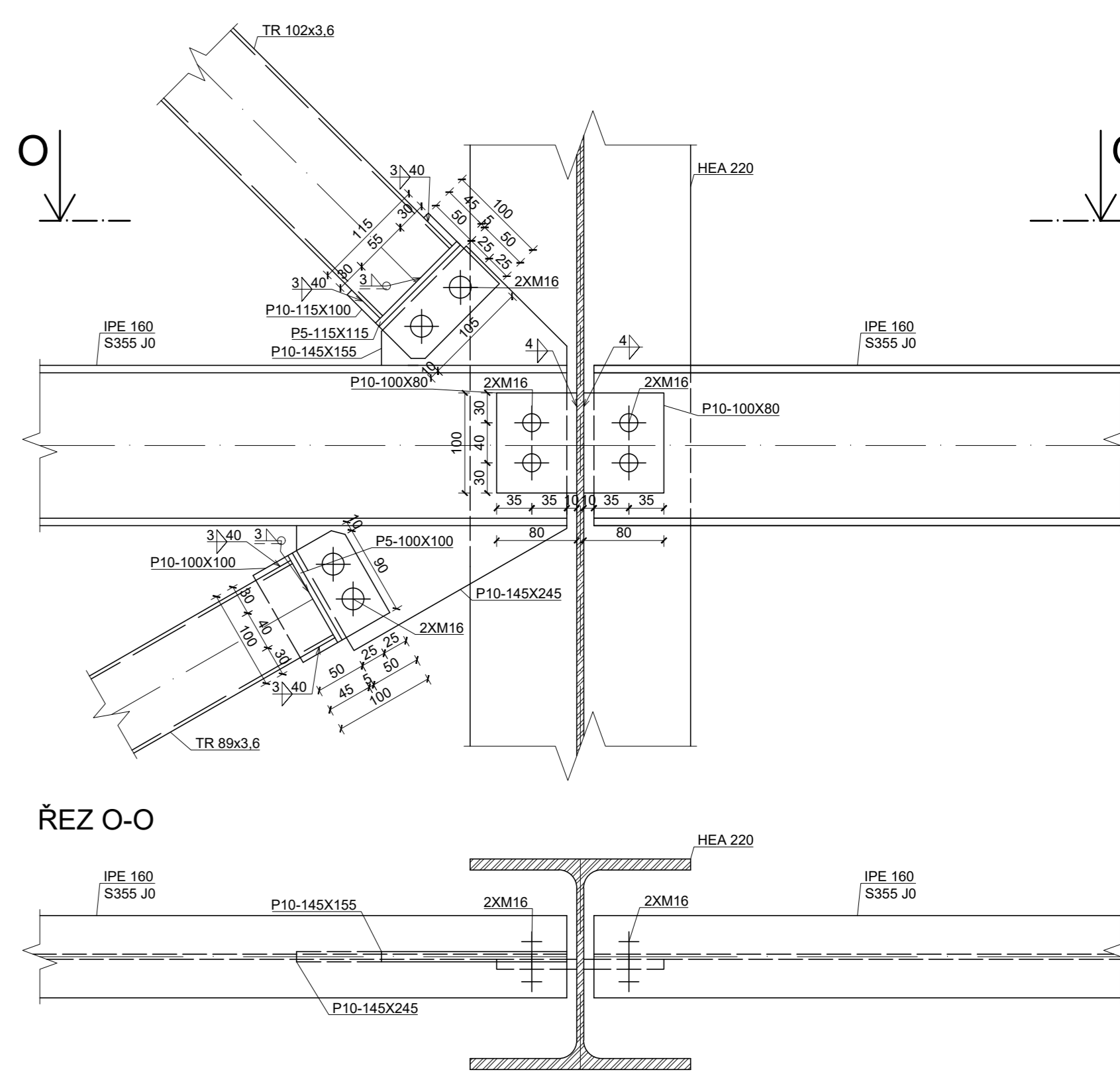
Kloubová patka sloupy se ztužidlem

**Detail D10 (M 1:5)**

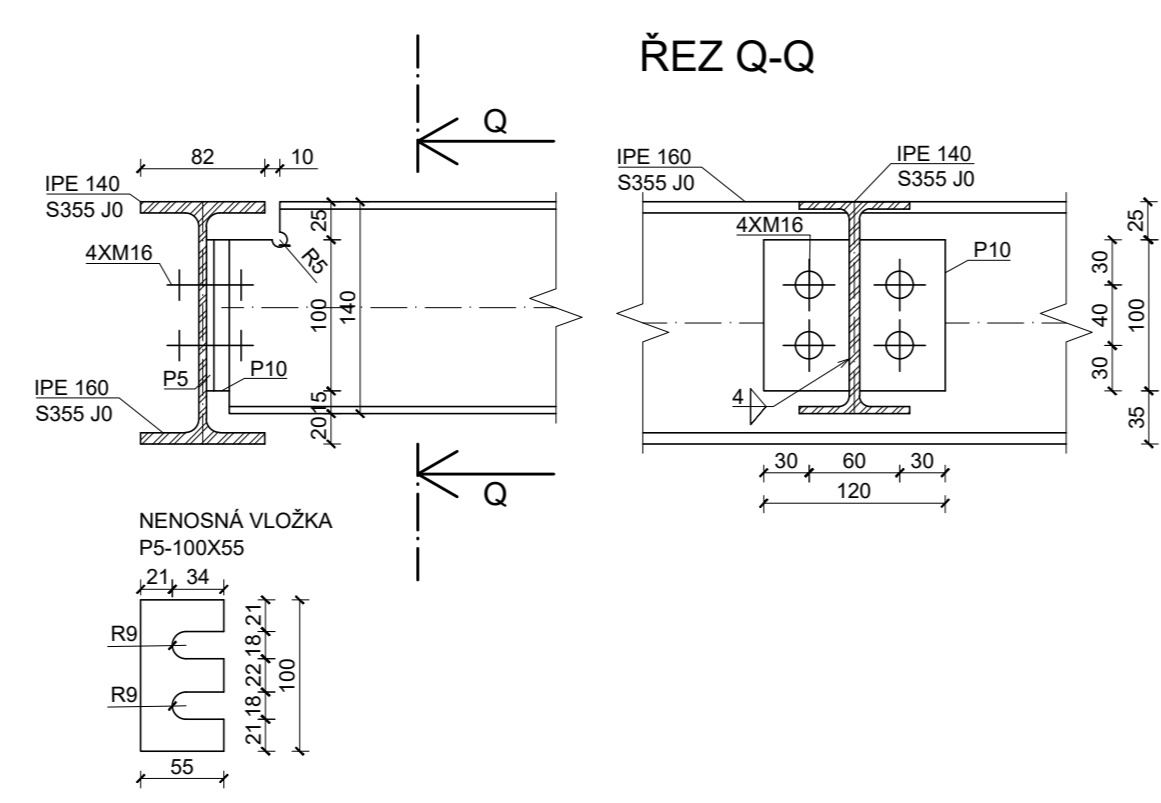
Připoj střešního ztužidla na vazník

**Detail D8 (M 1:5)**

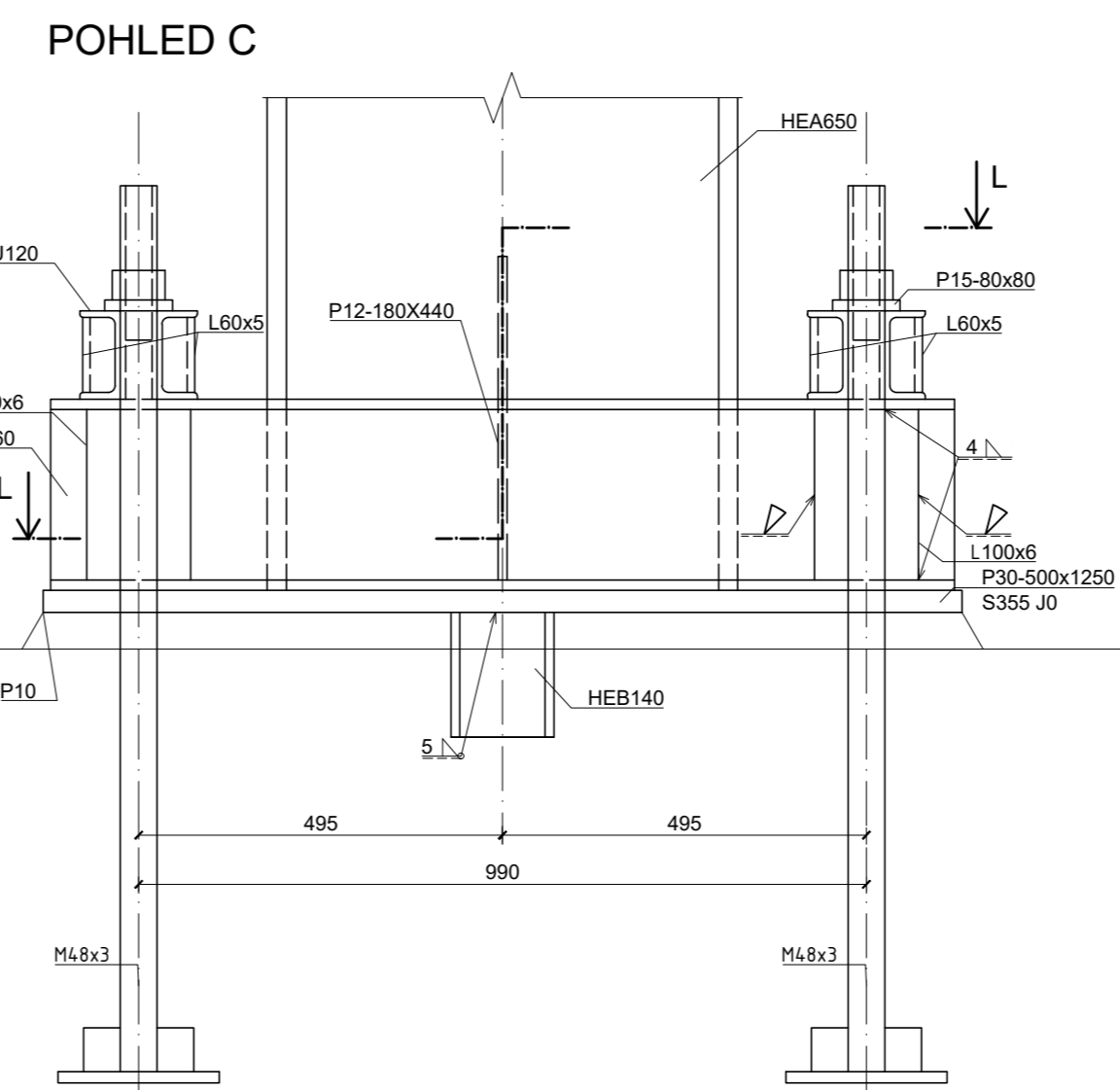
Připoj průvlaku na sloup

**Detail D13 (M 1:5)**

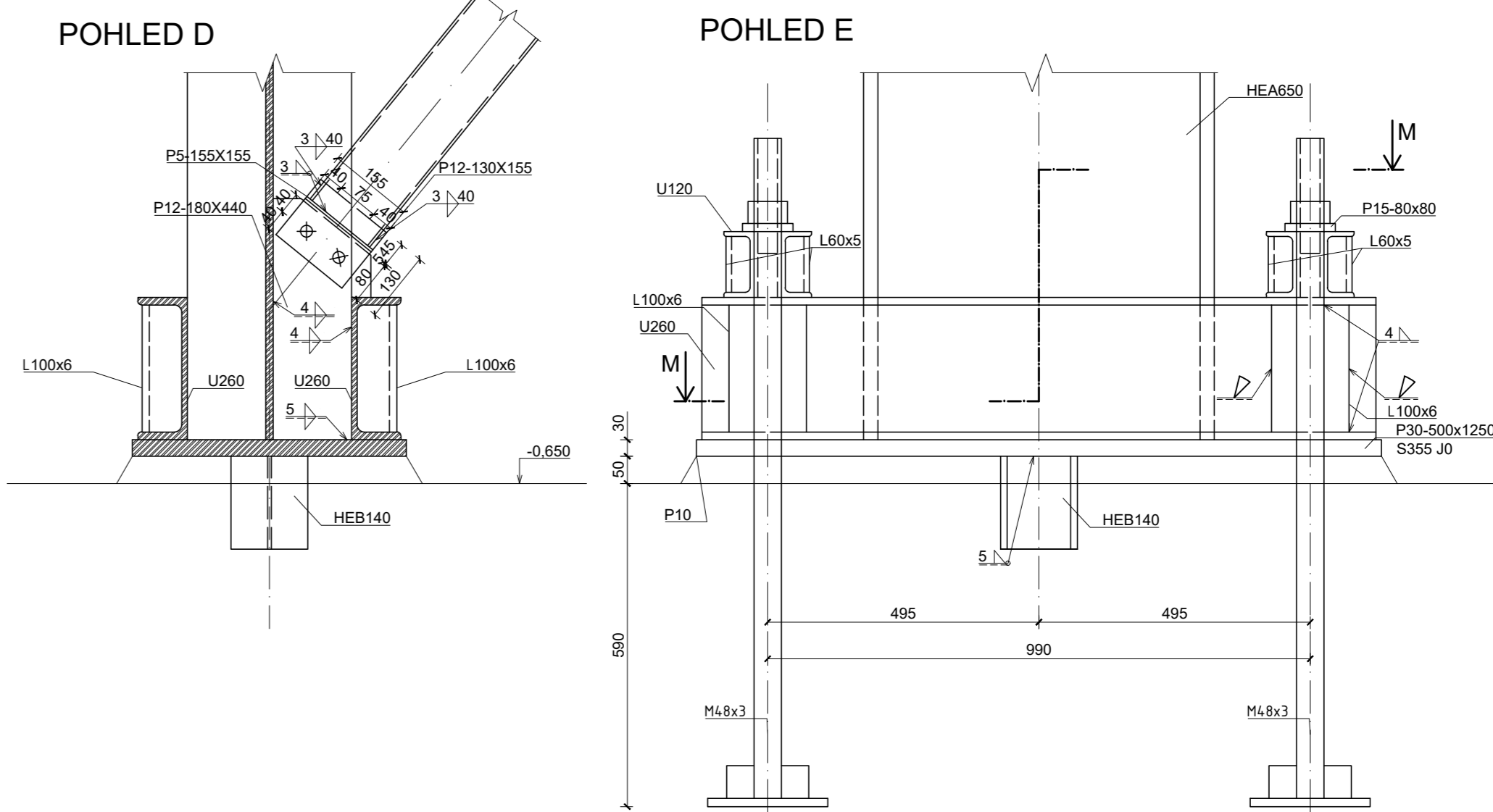
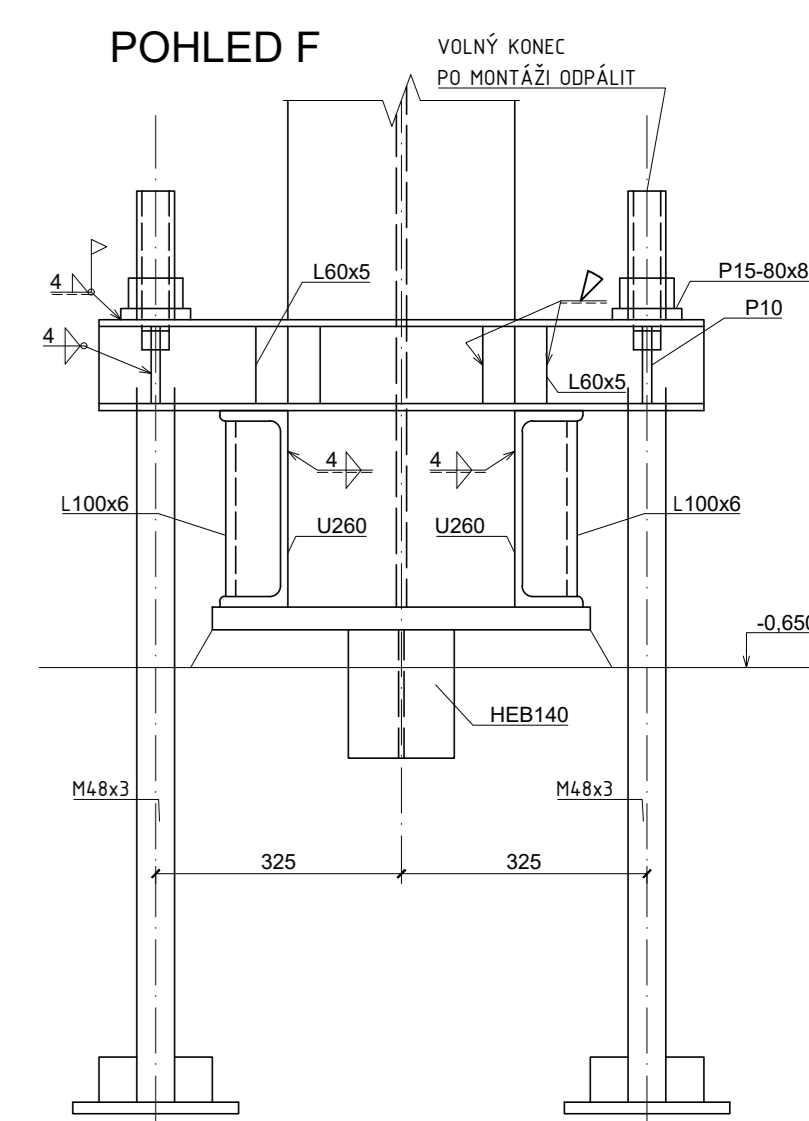
Připoj stropnice na průvlak

**Detail D6-A (M 1:10)**

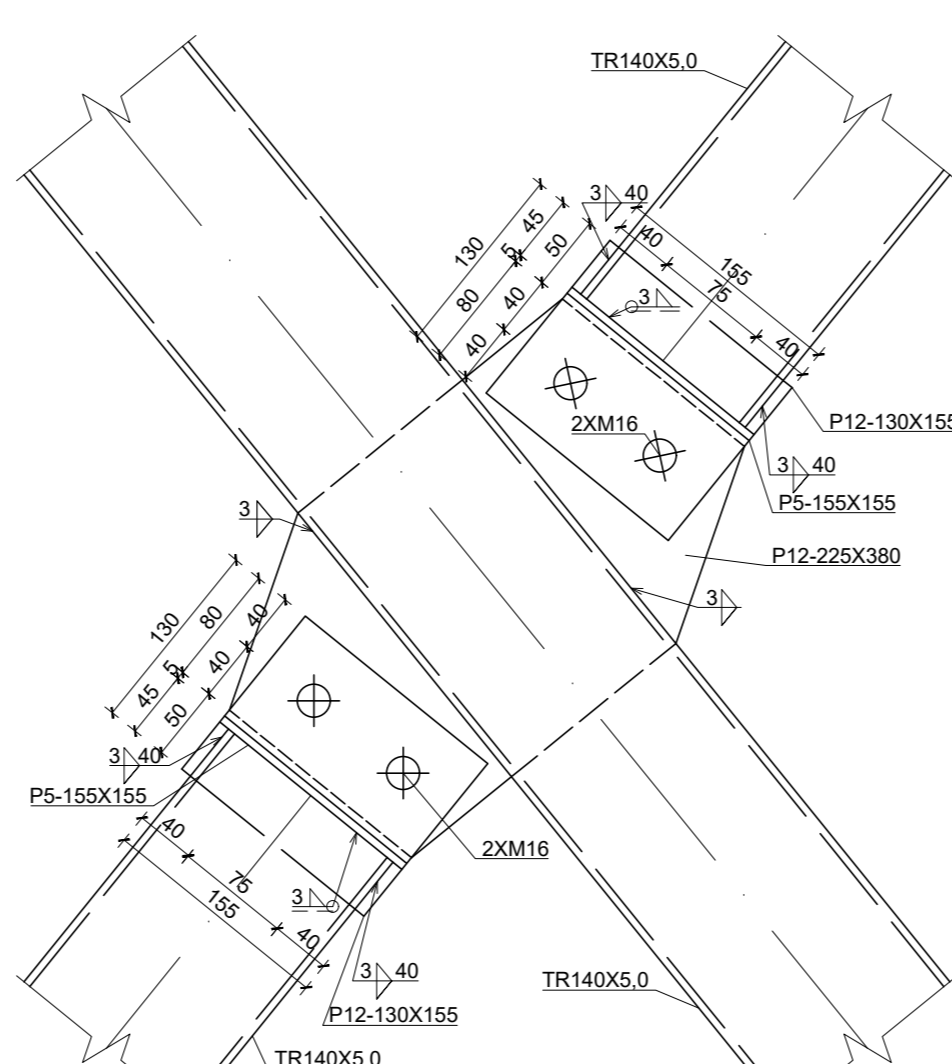
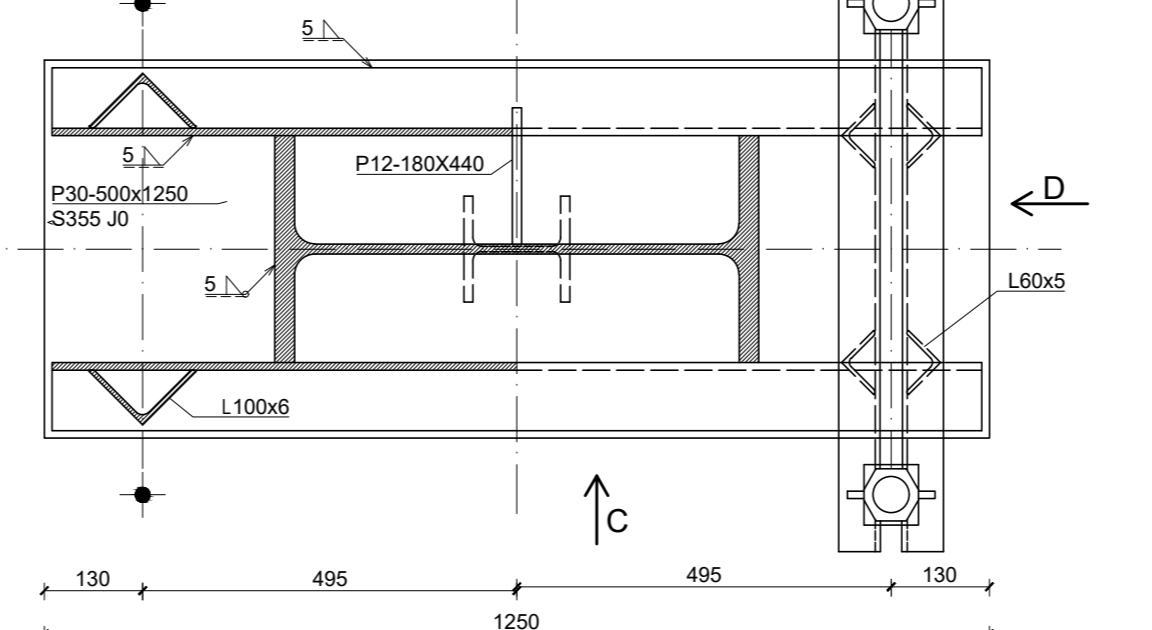
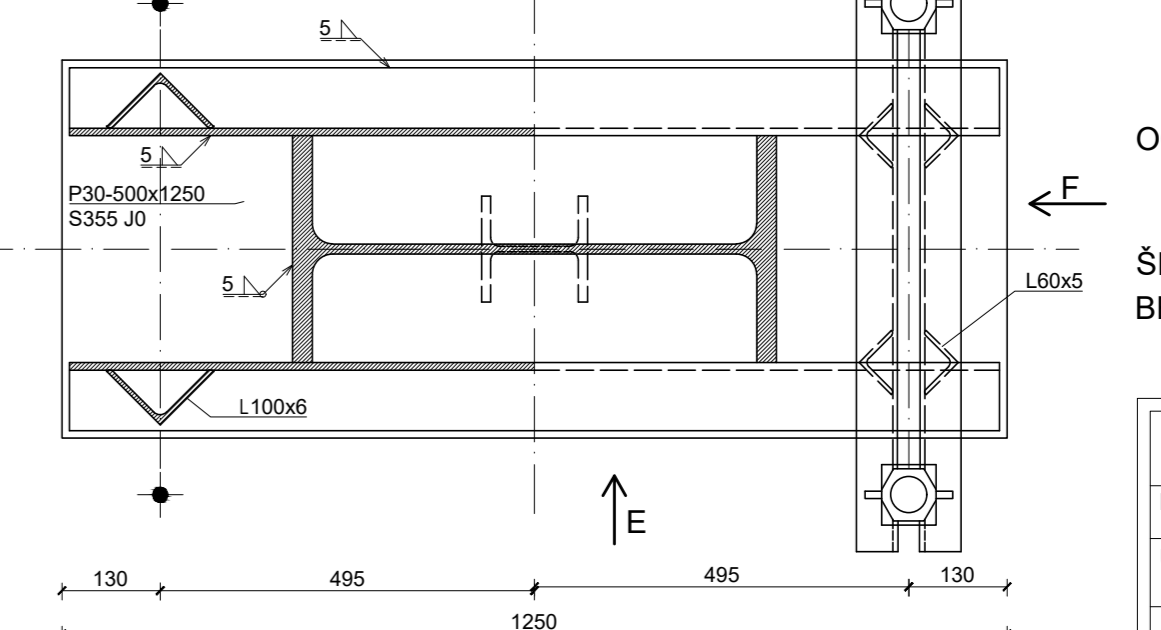
Vetknutá patka sloupy se ztužidlem

**Detail D6-B (M 1:10)**

Vetknutá patka sloupy běžná

**POHLED F****Detail D9 (M 1:5)**

Křížení stěnového ztužidla

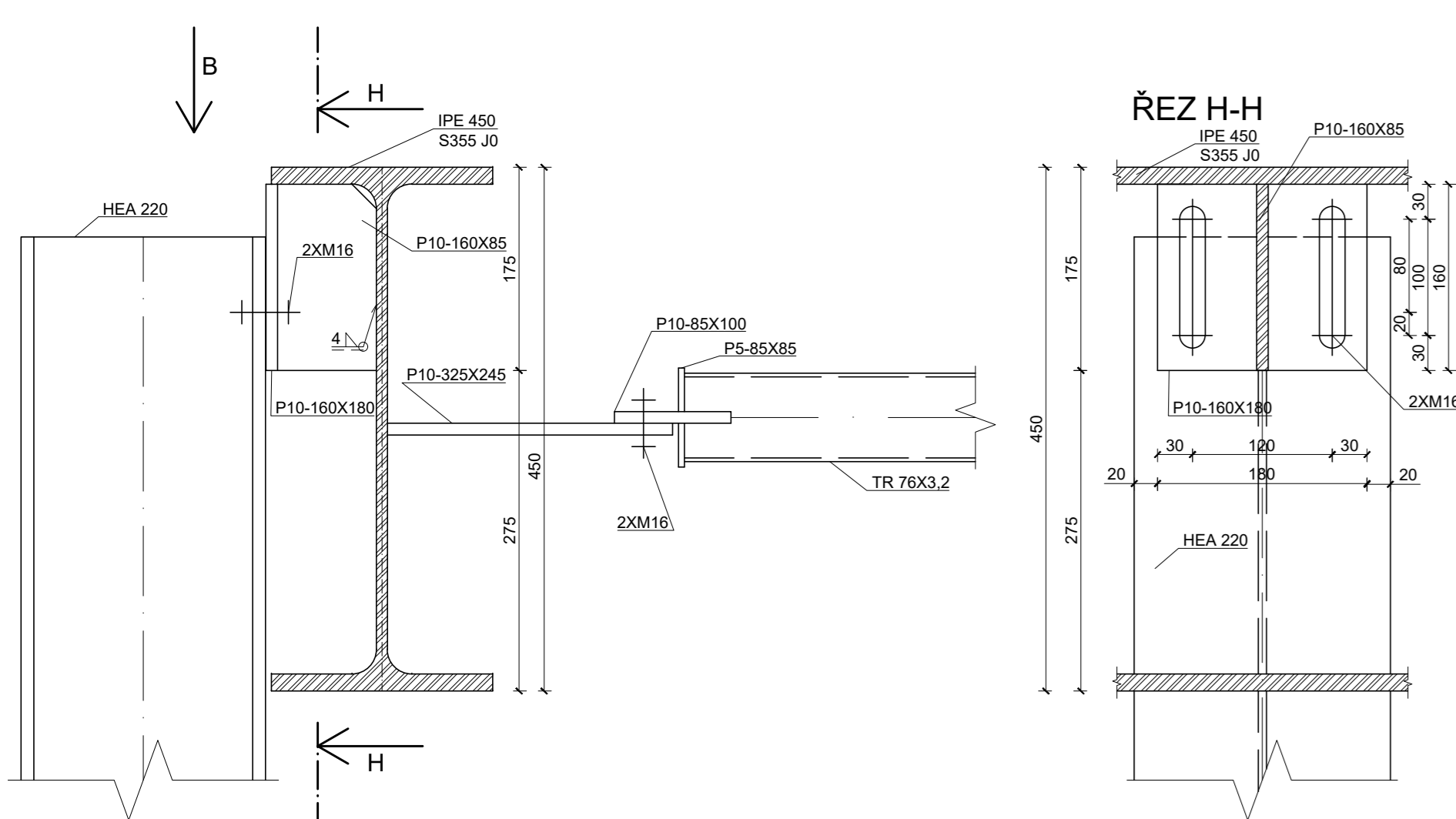
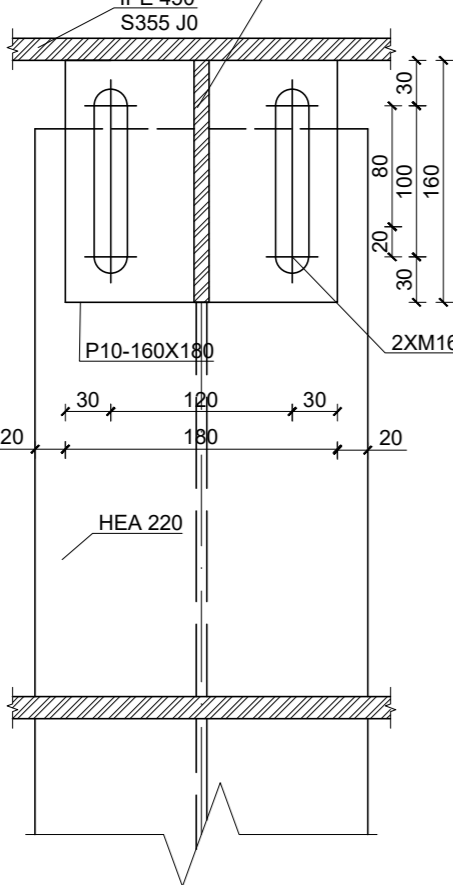
**ŘEZ L-L****ŘEZ M-M**

OCEL: S235 (POKUD NENÍ UVEDENO JINAK)
 S355J0-N
 S320GD...VAZNICE, TRAPÉZOVÉ PLECHY
 ŠROUBY: 8.8 (POKUD NENÍ UVEDENO JINAK)
 BETON: C16/20...PATKY SLOUPŮ
 C25/30...STROPNÍ DESKA

Zpracoval: Matěj Kolch	Konzipoval: Ing. JANDERA, Ph.D.	Školní rok: 2016-2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE		Datum: 12/2016	Mřížka: 1:5, 1:10
Výřez: DETAILY			Č. V. 2

Detail D4 (M 1:5)

Kluzné uložení sloupy štítové stěny

**ŘEZ H-H****POHLED B**