

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2021



**PAVEL
POLANSKÝ**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE


I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Polanský</u>	Jméno: <u>Pavel</u>	Osobní číslo: <u>477234</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Sportovní hala s tenisovým hřištěm</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Sport hall with a tennis court</u>	
Pokyny pro vypracování: Návrh nosné ocelové konstrukce, jejích hlavních prvků a vybraných detailů. Výkresová dokumentace konstrukce (půdorys, vybrané řezy, pohledy, navržené detaily). Technická zpráva.	
Seznam doporučené literatury: Návrh konstrukce bude proveden dle evropských norem. Tj. zejména využití částí ČSN EN 1991 a ČSN EN 1993.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Michal Jandera</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>16.2.2021</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>16.5.2021</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.</i>	
<u>16.2.2021</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **návrh sportovní haly s tenisovým hřištěm** zpracoval(a) samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

V Praze dne 15.5.2021


.....
Pavel Polanský

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Michalu Janderovi, Ph.D. za vstřícnost při konzultacích, odborné vedení a užitečné rady při zpracování bakalářské práce.

Anotace

Předmětem bakalářské práce je návrh nosné ocelové konstrukce sportovní haly s tenisovým hřištěm. Nejprve bylo stanoveno zatížení konstrukce, na které byly navrženy vybrané prvky konstrukce – střešní a stěnový plášť, hlavní příčná vazba, štítová stěna, vybrané detaily a ztužení haly. Součástí práce je technická zpráva a výkresová dokumentace konstrukce v podobě výkresů vybraných detailů, řezů a pohledů na ocelovou halu.

Klíčová slova:

Ocelová konstrukce, tenisová hala, vetknutý rám, rámový roh, portálový rám

Annotation

The subject of the Bachelor's thesis is design of the load-bearing steel structure of a sport hall with a tennis court. At first, the load acting on the structure was calculated. Selected elements of the structure were designed - the roof and wall cladding, the main portal frame, the gable wall, selected details and the bracing of the hall. Finally, drawing documentation of the structure was created in the form of drawings of selected details, sections and views of the steel hall and a technical report was written.

Keywords:

Steel structure, tennis hall, rigid frame, frame knee connection, portal frame

Obsah bakalářské práce

I. TECHNICKÁ ZPRÁVA

II. STATICKÝ VÝPOČET

III. PŘÍLOHY

IV. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Sportovní hala s tenisovým hřištěm

I. TECHNICKÁ ZPRÁVA

Vypracoval: Pavel Polanský

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

Květen 2021

Popis objektu

Jedná se o vícepodlažní sportovní tenisovou halu s vestavbou o půdorysných rozměrech 19x63 m se sedlovou střechou ve sklonu 11,89 % o výšce 12 m v úrovni hřebene, která je situována v městském sportovním areálu v Litomyšli. Východní část objektu, ve které se nachází tenisový kurt, je jednopodlažní. Západní část haly má 2 nadzemní podlaží, ve kterých jsou umístěny šatny se zázemím, 3 squashové kurty, restaurace s občerstvením, byt správce a strojovny.

Popis nosné konstrukce

Příčná vazba jednopodlažní části ocelové haly je tvořena vetknutými rámy s náběhy ve vzdálenostech 6,6 m. Sloupy vnitřních rámu jsou navrženy válcovaných profilů IPE 450 a rámové příčle z profilů IPE 360. Náběh na příčli z IPE 360 v rámovém rohu je dlouhý 2,5 m a vysoký 250 mm. Sloupy příčných vazeb jsou kotveny do betonových základů pomocí vetknutých patek s výztuhami.

Štítovou stěnu haly tvoří 4 sloupy ve vzdálenostech 6,3 respektive 6,4 m. Rohové sloupy jsou tvořeny válcovanými profily HEA 160, středové sloupy HEA 260. Příčle rámu štítové stěny je tvořena HEA 160. Všechny sloupy štítové stěny jsou připojeny kloubovými patkami k základu.

Střešní plášť je tvořen nosným trapézovým plechem TR 200/420 tloušťky 0,88 mm, který je uložený na rámy, jako prostý nosník. Skládaný stěnový plášť je tvořen OSB deskou tloušťky 12 mm, ocelovými paždíky z tenkostěnných zastudena tvarovaných profilů C350 a cementotřískových desek tloušťky 12 mm.

Ocelová hala je ztužena pomocí třech svislých stěnových ztužidel a třech ztužidel ve střešní rovině. Tyto ztužidla se nacházejí v 1, 6 a 9 poli. Střešní ztužidla jsou navržena z ocelových trubek TR 88,9x3,2 mm. Stěnová ztužidla tvoří ocelové trubky TR 101,6x3,2 mm. Štítová stěna je ztužena pomocí dvojice diagonálních ztužidel v krajních polích. Ztužidla ve štítové stěně tvoří ocelové trubky profilu TR 88,9x3,2 mm.

Údaje o zatížení

Objekt je situován ve městě Litomyšl, které je ve II. sněhové oblasti a proto bylo ve výpočtech uvažováno charakteristické zatížení sněhem na zemi $s_k = 1,0$ kPa (dle ČSN EN 1991-1-3). Hala se nachází ve II. větrné oblasti. Charakteristická hodnota základní rychlosti větru pro II. oblast je rovna 25,0 m/s (dle ČSN EN 1991-1-4). Vzhledem k umístění objektu na okraji města, byla ve výpočtu uvažována kategorie terénu III.. Velikost užitého zatížení na nepochozí střeše byla stanovena na 0,75 kN/m² na maximální ploše 10 m² (dle ČSN EN 1991-1-1). Při návrhu stropnice a průvlatku bylo užité zatížení stanoveno na 3,0 kN/m² (kategorie C1 podle normy ČSN EN 1991-1-1). Zatížení přemístitelnými příčkami bylo podle normy ČSN EN 1991-1-1 uvažováno jako 0,8 kN/m² pro příčky s vlastní tíhou $\leq 2,0$ kN/m.

Materiály

Primárně nosné prvky ocelové konstrukce jsou navrženy z konstrukční oceli S355JR. Pro výrobu ocelových trubek byla použita konstrukční ocel S235JR. Nosný trapézový plech střešní konstrukce je zhotoven z oceli S320GD Z275. Stěnové tenkostěnné C profily jsou vyrobeny z oceli S320GD Z275. Na šroubové přípoje jsou navrženy šrouby pevnostní třídy 8.8. Na betonové základy je použit beton pevnostní třídy C20/25.

Použité normy

ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí

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

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

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

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

ČSN EN 1993-1 - Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků

ČSN EN ISO 12944 – Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy

Výroba ocelové konstrukce

Ocelová konstrukce vyrobena v třídě provedení EXC2.

Montáž ocelové konstrukce

Montáž ocelové konstrukce bude probíhat po jednotlivých příčných vazbách. V každé vazbě se nejdříve namontují ocelové sloupy, ke kterým se přišroubují rámové příčle. Montáž začne u vazeb na modulových osách 6 a 7 na pozici středového stěnového a střešního ztužidla, po osazení sloupů se provede stěnové ztužidlo, následovat bude montáž příčlí a střešního ztužení. Od této vazby se bude pokračovat v montáži dalších příčných vazeb k okrajům haly. Na závěr se provede montáž střešního a stěnového pláště.

Ochrana proti požáru

Požární odolnost a ochrana konstrukce proti požáru nebyla v rámci bakalářské práce řešena.

Ochrana proti korozi

Protikorozní ochrana nadzemních částí ocelové konstrukce (bez styku se zemínou nebo betonovým základem) bude provedena povlakovým nátěrem v souladu s ČSN EN ISO 12944-2 pro stupeň korozní agresivity C2 (nízká) s vysokou životností (H, dle ČSN EN ISO 12944-1). Bude použit odpovídající povlakový nátěr dle ČSN EN ISO 12944-5, např. systém C2.05 (epoxidový nátěr s 1 vrstvou základního nátěru tl. 60-120 μm a 1-2 vrstvami následujících nátěrů o celkové tloušťce 120 μm).

Protikorozní ochrana částí ocelové konstrukce na styku se betonovým základem bude provedena povlakovým nátěrem v souladu s ČSN EN ISO 12944-2 pro stupeň korozní agresivity Im3 (uložení v půdě) s vysokou životností (H, dle ČSN EN ISO 12944-1). Bude použit odpovídající povlakový nátěr dle ČSN EN ISO 12944-5, např. systém I.01 (epoxidový nátěr s 1 vrstvou základního nátěru tl. 60-80 μm a 2-4 vrstvami následujících nátěrů o celkové tloušťce 360 μm).



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Sportovní hala s tenisovým hřištěm

II. STATICKÝ VÝPOČET

Vypracoval: Pavel Polanský

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

Květen 2021

Obsah

1. Výpočet zatížení.....	3
1.1 Zatížení sněhem.....	3
1.2 Zatížení větrem.....	3
2. Návrh střešního pláště.....	6
2.1 Varianta A – Bezvaznicový systém.....	6
2.2 Varianta B – Vaznicový systém.....	7
2.3 Výběr varianty.....	10
3. Návrh stěnového pláště.....	10
4. Návrh vnitřního rámu.....	12
4.1 Zatížení vnitřního rámu.....	12
4.2 Kombinace zatěžovacích stavů.....	15
4.3 Varianty řešení vnitřního rámu.....	16
4.3.1 Zhodnocení a výběr varianty.....	18
4.4 Návrh vybrané varianty vnitřního rámu.....	18
4.4.1 Návrh sloupu vnitřního rámu.....	21
4.4.2 Návrh rámové příčle vnitřního rámu číslo.....	29
4.4.3 Návrh rámového rohu.....	35
5. Návrh štítové stěny.....	45
5.1 Zatížení štítové stěny.....	45
5.1.2 Kombinace zatěžovacích stavů.....	48
5.2 Návrh rohového sloupu štítové stěny.....	49
5.3 Návrh příčle rámu štítové stěny.....	57
5.4 Návrh vnitřních sloupů štítové stěny.....	64
6. Návrh ztužení haly.....	71
6.1 Návrh střešního ztužidla.....	71
6.2 Návrh podélného stěnového ztužidla.....	75
6.3 Návrh ztužidla štítové stěny.....	78
6.4 Návrh trubek ve střešní rovině a štítové stěně.....	82
7. Návrh vetknuté patky.....	85
8. Návrh kloubové patky rohového sloupu štítové stěny.....	98
9. Návrh průvlaku a stropnice.....	101
9.1 Návrh stropnice.....	101
9.2 Návrh průvlaku.....	107
9.3 Přípoj stropnice na průvlak.....	112

1. Výpočet zatížení

1.1 Zatížení sněhem

Objekt se nachází ve městě Litomyšl, které je ve sněhové oblasti II. → charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi $s_k = 1,0$ kPa

Sklon střechy	$\alpha =$	11,89°
Tvarový součinitel zatížení	$\mu_i =$	0,80
Součinitel expozice	$C_e =$	1,0
Tepelný součinitel	$C_t =$	1,0

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k$$
$$s = 0,80 * 1,0 * 1,0 * 1,0$$
$$s = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

1.2 Zatížení větrem

Základní rychlost větru

Objekt se nachází v městě Litomyšl, které je ve větrné oblasti II. → charakteristická hodnota základní rychlosti větru $v_{b,0} = 25$ m/s

$$v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0}$$

Součinitel směru větru	$C_{dir} =$	1,0
Součinitel ročního období	$C_{season} =$	1,0

$$v_b = 1,0 * 1,0 * 25$$

$$v_b = 25 \text{ m/s}$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_0(z) * c_r(z) * v_{b,0}$$

Kategorie terénu	III.
Parametr drsnosti terénu	$z_0 = 0,3$ m
Minimální výška	$z_{min} = 5$ m
Maximální výška	$z_{max} = 200$ m
Výška objektu	$z = 12$ m
Součinitel orografie	$c_0(z) = 1,0$
Parametr drsnosti terénu kat.II	$z_{0,II} = 0,05$ m

Součinitel terénu k_r

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

$$k_r = 0,215$$

Součinitel nerovnosti terénu $c_r(z)$, pro $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$

$$c_r(z) = k_r * \ln \frac{z}{z_0} = 0,215 * \ln \frac{12}{0,3}$$

$$c_r(z) = 0,795$$

$$v_m(z) = 1,0 * 0,795 * 25$$

$$v_m(z) = 19,86 \text{ m/s}$$

Turbulence větru

Součinitel turbulence $k_I = 1,0$

Intenzita turbulence $I_v(z)$, pro $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) * \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1,0}{1,0 * \ln \frac{12}{0,3}}$$

$$I_v(z) = 0,27$$

Maximální dynamický tlak větru

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

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \rho * v_m^2(z) == [1 + 7 * 0,27] * 1,25 * 25^2$$

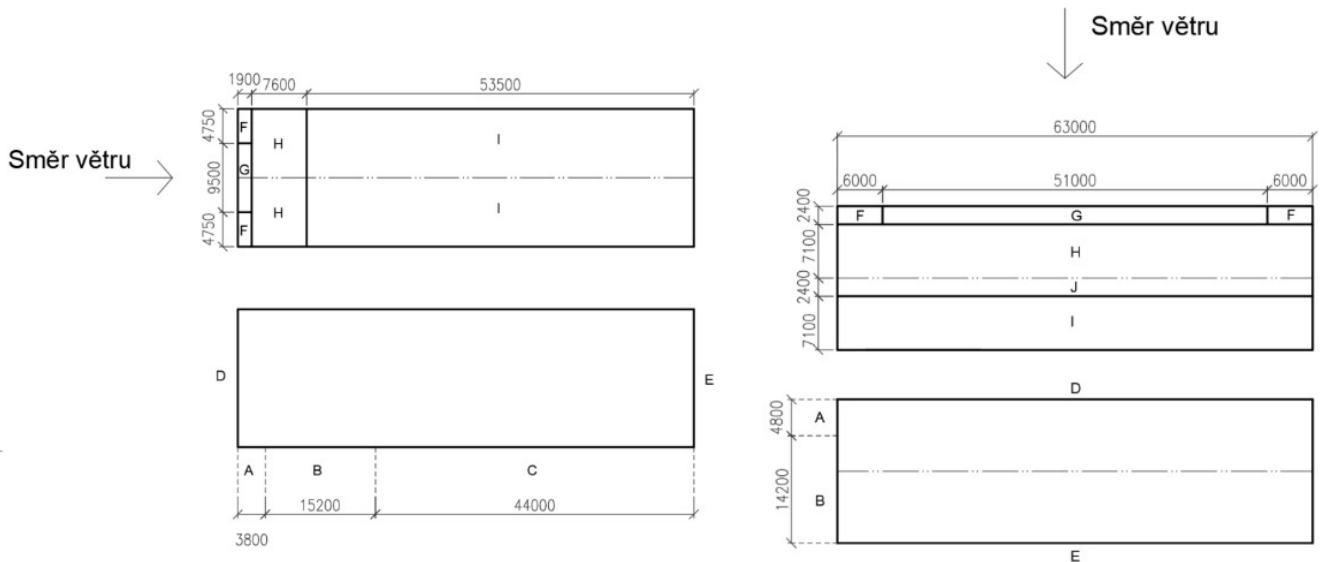
$$q_p(z) = 714,6 \text{ Pa} = 0,72 \text{ kPa}$$

Tabulka zatížení větrem

$$w = q_p(z) * c_{pe,10}$$

Oblasti	Vitr příčný		Vitr podélný	
	$c_{pe,10}$	w_k (kN/m ²)	$c_{pe,10}$	w_k (kN/m ²)
	Stěny		Stěny	
A	-1,2	-0,86	-1,2	-0,86
B	-0,8	-0,57	-0,8	-0,57
C	---	---	-0,5	-0,36
D	0,75	0,54	0,7	0,50
E	-0,4	-0,29	-0,3	-0,21
	Střecha		Střecha	
F	-1,04	-0,74	-1,35	-0,96
	0,16	0,11	---	---
G	-0,87	-0,62	-1,3	-0,93
	0,16	0,11	---	---
H	-0,35	-0,25	-0,62	-0,44
	0,16	0,11	---	---
I	-0,44	-0,31	-0,52	-0,37
J	-0,79	-0,56	---	---
	0,04	0,03	---	---

Schéma zatěžovacích ploch od podélného a příčného větru



2. Návrh střešního pláště

2.1 Varianta A – Bezvaznicový systém

1. Zatěžovací stav → Stálé + Sníh + Užité + Větr tlak

Typ	Název	Objemová hm. (kg/m ³)	Tloušťka (m)	Ψ_i	Charakteristické zatížení (kN/m ²)	γ_f	Návrhové zatížení (kN/m ²)	
Stálé	Vlastní tíha trapézového plechu	---	0,00088	---	0,13	1,35	0,17	
	Tepelná izolace - Isover R	142	0,06	---	0,09	1,35	0,12	
	Tepelná izolace - Isover EPS 100	20	0,18		0,04	1,35	0,05	
	Hydroizolace mPVC	---	0,0015	---	0,02	1,35	0,03	
	CELKEM				$g_k =$	0,27	$g_d =$	0,36
Proměnné	Sníh	---	---	---	0,80	1,50	1,20	
	Užitné - kategorie H 0,75 kN/m ²	---	---	0,7	0,53	1,50	0,79	
	Větr - tlak	---	---	0,6	0,07	1,50	0,10	
	CELKEM				$q_k =$	1,39	$q_d =$	2,09
CELKEM					$(g+q)_k =$	1,66	$(g+q)_d =$	2,45

2. Zatěžovací stav → Minimální stálé + Větr sání

Typ	Název	Objemová hm. (kg/m ³)	Tloušťka (m)	Ψ_i	Charakteristické zatížení (kN/m ²)	γ_f	Návrhové zatížení (kN/m ²)	
Stálé	Vlastní tíha trapézového plechu	---	0,00088	---	0,13	1,00	0,13	
	Tepelná izolace - Isover R	142	0,06	---	0,09	1,00	0,09	
	Tepelná izolace - Isover EPS 100	20	0,18	---	0,04	1,00	0,04	
	Hydroizolace mPVC	---	0,0015	---	0,02	1,00	0,02	
	CELKEM				$g_k =$	0,27	$g_d =$	0,27
Proměnné	Větr - sání	---	---	---	-0,96	1,50	-1,45	
	CELKEM				$q_k =$	-0,96	$q_d =$	-1,45
CELKEM					$(g+q)_k =$	-0,70	$(g+q)_d =$	-1,18

Návrh trapézového plechu TR 200/420, tl. 0,88 mm, poloha pozitivní. Tabulkové únosnosti trapézového plechu viz Příloha A.

Posouzení trapézového plechu

Návrhová únosnost pro prostý nosník s rozpětím 6,75 m $q_{d1} = 2,89 \text{ kN/m}^2$

$$q_{d1} = 2,88 \text{ kN/m}^2 \geq (g + q)_d = 2,45 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Charakteristická hodnota zatížení pro deformaci L/200, pro rozpětí 6,75 m

$$q_k = 1,68 \text{ kN/m}^2 \geq (g + q)_k = 1,66 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

2.2 Varianta B – Vaznicový systém

Střešní krytina je tvořena střešními panely uloženými na tenkostěnné Z vaznice v osových vzdálenostech 2,37 m. Střešní panely jsou navrženy na charakteristickou hodnotu zatížení sněhem ($s=0,8 \text{ kN/m}^2$), maximální charakteristickou hodnotu zatížení od sání větru ($w=-0,96 \text{ kN/m}^2$) a z hlediska splnění doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{\text{rec}}=0,16 \text{ (W/(m}^2\cdot\text{K))}$.

Návrh střešního panelu KS1000 RW 120 s jádrem QuadCoreTR. Tabulkové únosnosti střešního panelu viz Příloha B.

Posouzení střešního panelu

Maximální rozpon pro spojitý nosník o 3 polích a charakteristické proměnné zatížení sněhem $f_{\text{max}} = 1,0 \text{ kN/m}^2$ je 3,69 m.

$$\text{Rozpon střešních panelů} = \frac{2,37}{\cos(11,89)} = 2,42 \text{ m} \leq 3,69 \text{ m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Maximální rozpon pro spojitý nosník o 3 polích a charakteristické proměnné zatížení sání větru $f_{\text{max}} = 1,0 \text{ kN/m}^2$ je 4,18 m.

$$\text{Rozpon střešních panelů} = \frac{2,37}{\cos(11,89)} = 2,42 \text{ m} \leq 4,18 \text{ m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Zatížení střešní vaznice

1. Zatěžovací stav \rightarrow Stálé + Sníh + 0,7 * Užité + 0,6 * Vítr tlak

Typ	Název	Plošné zatížení (kN/m ²)	Zatěžovací šířka (m)	ψ_i	Charakteristické zatížení (kN/m)	γ_f	Návrhové zatížení (kN/m)
Stálé	Vlastní tíha střešního panelu	0,13	2,42	---	0,31	1,35	0,42
	Vlastní tíha vaznice	---	---	---	0,11	1,35	0,14
	CELKEM			$g_k =$	0,42	$q_d =$	0,56
Proměnné	Sníh	0,80	2,42	---	1,94	1,50	2,91
	Užité Kategorie H- plocha 10 m ² (zš.=10/6,6)	0,75	1,52	0,7	0,80	1,50	1,20
	Vítr - tlak	0,11	2,42	0,6	0,17	1,50	0,25
	CELKEM			$q_k =$	2,90	$q_d =$	4,35
CELKEM				$(g+q)_k =$	3,32	$(g+q)_d =$	4,92

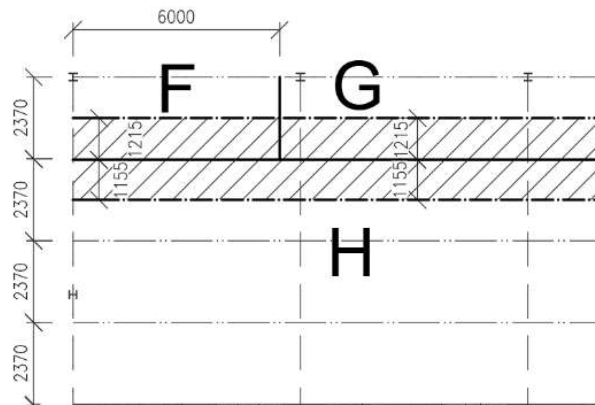
2. Zatěžovací stav – Minimální stálé + Vítr podélný - sání

Liniové zatížení na vaznice

Osově jsou vaznice vzdáleny 2,37 m, sklon střechy $\alpha = 11,89^\circ$

1) Příčný vítr

Schéma zatěžovacích ploch pro zatížení příčným větrem



1. úsek: 0 – 6,0 m

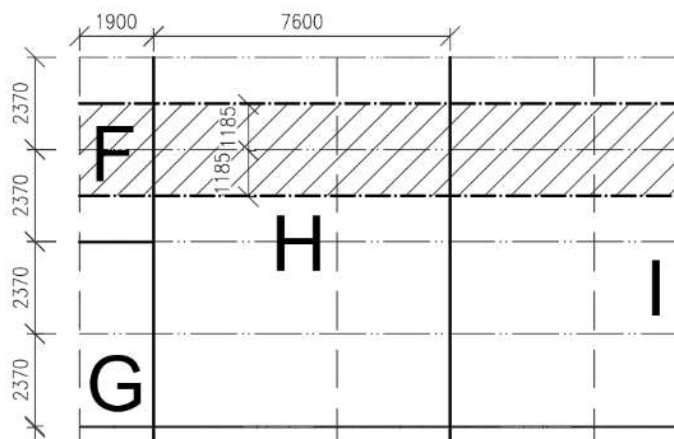
$$w_F * z_{s.F} + w_H * z_{s.H} = -0,74 * \frac{1,215}{\cos 11,89} + (-0,25) * \frac{1,155}{\cos 11,89} = -1,22 \text{ kN/m}$$

2. úsek: > 6,0 m

$$w_G * z_{s.F} + w_H * z_{s.H} = -0,62 * \frac{1,215}{\cos 11,89} + (-0,25) * \frac{1,145}{\cos 11,89} = -1,05 \text{ kN/m}$$

2) Podélný vítr

Schéma zatěžovacích ploch pro zatížení příčným větrem



1. úsek 0 – 1,9 m

$$w_F * z_{s.} = -0,74 * \frac{2,37}{\cos 11,89} = -1,80 \text{ kN/m}$$

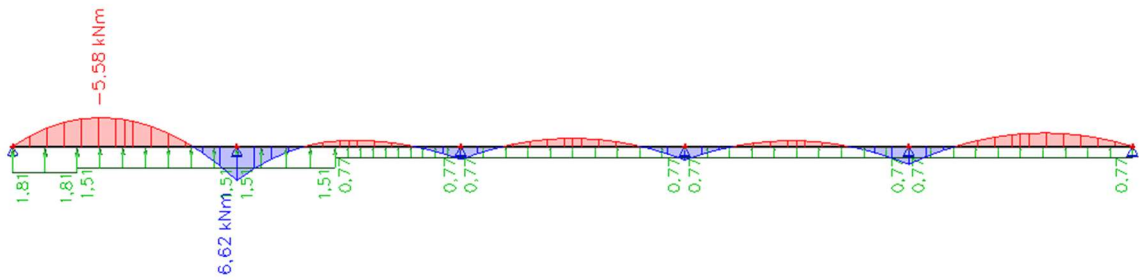
2. úsek 1,9 – 9,5 m

$$w_G * z_{s.} = -0,62 * \frac{2,37}{\cos 11,89} = -1,51 \text{ kN/m}$$

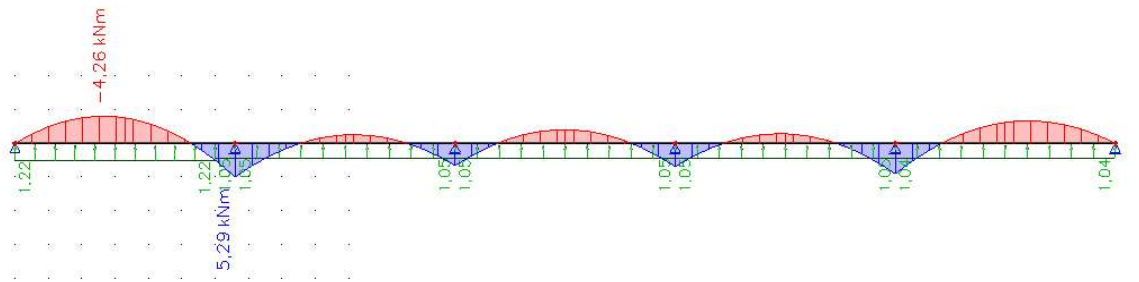
3. úsek > 9,5 m

$$w_I * z_{s.} = -0,31 * \frac{2,37}{\cos 11,89} = -0,76 \text{ kN/m}$$

Průběh ohybového momentu pro zatížení podélným větrem



Průběh ohybového momentu pro zatížení příčným větrem



Výpočet ekvivalentního liniového zatížení z průběhu momentu pro rozhodující zatížení podélným větrem.

Moment v krajním poli pro rovnoměrné zatížení na nosník o 5 a více shodných polích.

$$M_{ed} = 0,0778 * L^2 * w$$

$$w = \frac{M_{ed}}{0,0778 * L^2} = \frac{5,58}{0,0778 * 6,6^2} = -1,65 \text{ kN/m}$$

Typ	Název	Charakteristické zatížení (kN/m ²)	Zatěžovací šířka (m)	ψ_i	Charakteristické zatížení (kN/m)	γ_f	Návrrové zatížení (kN/m)
Stálé	Vlastní tíha trapézového plechu	0,13	3,16	---	0,41	1,00	0,41
	Vlastní tíha vaznice	---	---	---	0,11	1,00	0,11
	CELKEM			$g_k =$	0,51	$q_d =$	0,51
Proměnné	Vítr podélný - sání	---	---	---	-1,65	1,50	-2,47
	CELKEM			$q_k =$	-1,65	$q_d =$	-2,47
CELKEM				$(g+q)_k =$	-1,13	$(g+q)_d =$	-1,96

Návrh tenkostěnné Z vaznice: Krajní Z 270/3,0, Vnitřní Z 270/2,5. Tabulkové únosnosti tenkostěnné Z vaznice viz Příloha C.

Posouzení tenkostěnné Z vaznice

Přípustné rovnoměrné zatížení pro spojitý nosník o 5 a více polích a rozpětí 6,75 m

$$q_d = 6,03 \text{ kN/m}$$

$$q_{d2} = 6,03 \text{ kN/m} \geq (g + q)_d = 4,92 \text{ kN/m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Přípustné rovnoměrné zatížení pro sání větru u spojitěho nosníku o 5 a více polích a rozpětí 6,75 m $q_{d4} = -5,09 \text{ kN/m}$

$$q_{d4} = |-5,09| \text{ kN/m} \geq (g + q)_d = |-1,96| \text{ kN/m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Přípustná charakteristická hodnota rovnoměrného zatížení pro deformaci L/200 u spojitěho nosníku o 5 a více polích a rozpětí 6,75 m $q_{d2} = 6,54 \text{ kN/m}$

$$q_{k5} = 6,54 \text{ kN/m} \geq (g + q)_k = 3,32 \text{ kN/m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

2.3 Výběr varianty

Volím bezvaznicový systém z důvodu, že skladba střešní konstrukce ve variantě A má nižší hmotnost a bude méně zatěžovat příčné rámy, než tomu je u varianty B s tenkostěnnými vaznicemi. Dalším důvodem je i jednodušší a rychlejší montáž trapézových plechů v porovnání s montáží vaznic.

3. Návrh stěnového pláště

Typ	Název	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Tloušťka (m)	ψ_i	Charakteristické zatížení (kN/m ²)	z.š. (m)	Charakteristické zat. (kN/m)	γ_f	Návrhové zatížení (kN/m)
Stálé	Vlastní tíha OSB desky, tl. 0,012 m	740,00	0,012	---	0,09	1,07	0,10	1,35	0,13
	Tepelná izolace MW, tl. 0,25 m	40,00	0,25	---	0,10	1,07	0,11	1,35	0,14
	Vlastní tíha C paždíků	---	---	---	---	---	0,14	1,35	0,19
	Cetris deska tl. 0,012 m	1450,00	0,012	---	0,17	1,07	0,19	1,35	0,25
	Celkem					$g_k =$	0,53	$g_d =$	0,71
Proměnné	Vítr - tlak		---	---	0,54	1,07	0,57	1,50	0,86
	Vítr - sání - Oblast A (0 m až 3,8 m)		---	---	-0,86	1,07	-0,92	1,50	-1,38
	Vítr - sání - Oblast B (3,8 m až 6,6 m)		---	---	-0,57	1,07	-0,61	1,50	-0,92

Obvodový stěnový plášť je montovaný. Vnější plášť tvoří cementotřískové desky Cetris tl. 12 mm formátu 3300 x 1070 mm. Vnitřní plášť tvoří OSB desky tl. 12 mm. Vzhledem k skladbě stěnového pláště není možné uvažovat plášťové chování a z tohoto důvodu je nutné posoudit stěnový paždík na ohyb k obou osám. Návrh je z části proveden pomocí softwaru Lindab Structural Designer. Výstupem z tohoto softwaru je využití profilu v ohybu kolem osy y a to pro rozhodující zatížení tlakem větru, u kterého je uvažována tlačena pásnice volná. Pro sání větru, u kterého se uvažuje tlačena pásnice držená proti klopení je využití v ohybu kolem osy y menší. Následně se se znalostí efektivního průřezového modulu k ose z se spočítá využití paždíku v ohybu k měkké ose, u kterého nedochází ke klopení. Na závěr se pomocí superpozice posoudí profil na ohyb k obou osám. Součet jednotlivých využití musí být menší nebo rovno 1,0. Jedná se pouze o předběžné posouzení, při podrobném posouzení by bylo nutné přesněji stanovit vliv tuhosti pláště.

Ohyb kolem osy z

$$M_{z,Ed} = \frac{1}{8} * f * L^2 = \frac{1}{8} * 0,71 * 6,6^2 = 3,88 \text{ kNm}$$

Návrh tenkostěnného profilu C350, z oceli S350 GD Z275

Mez kluzu $f_y = 350 \text{ MPa}$

Účinný průřezový modul k ose z, převzatý z tabulek výrobce dostupných na internetových stránkách <http://ec3library.lindab.com/>

$$W_{eff,z} = 27\,300 \text{ mm}^3$$

Využití profilu v ohybu kolem osy y vypočtené pomocí softwaru Lindab Structural Designer 1.5.1 viz Příloha D.

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,b,Rd}} = 0,39$$

Weak Axis				
I _z eff	[mm ⁴]	898000	1265000	1653000
I _z def	[mm ⁴]	1049000	1447000	1858000
W _z eff	[mm ³]	16300	21800	27300
M _z eff	[kNm]	5,74	7,64	9,57
V _z Rd,stiff	[kN]	72,89	91,67	109
V _z Rd,unstiff	[kN]	72,89	91,67	109
R _z Rd,end 100mm	[kN]	8,73	13,56	19,26
R _z Rd,mid 100mm	[kN]	11,49	17,85	25,35

Ohybová únosnost kolem osy z

$$M_{z,b,Rd} = W_{eff,z} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{z,b,Rd} = 27300 * \frac{350}{1}$$

$$M_{z,b,Rd} = 9,55 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,b,Rd}} \leq 1,0$$

$$0,39 + \frac{3,88}{9,55} \leq 1,0$$

$$0,39 + 0,41 \leq 1,0$$

$$0,80 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

4. Návrh vnitřního rámu

4.1 Zatížení vnitřního rámu

ZS1 - Vlastní tíha – stanoveno softwarem Scia Engineer 19

ZS2 - Stálé

Zatížení střešního pláště

Název	Objemová hm. (kg/m ³)	Tloušťka (m)	Char. plošné zatížení (kN/m ²)	Zatěžovací šířka (m)	Char. liniové zatížení (kN/m)
Vlastní tíha trapézového plechu	---	0,00088	0,13	6,60	0,83
Tepelná izolace - Isover R	142	0,06	0,09	6,60	0,56
Tepelná izolace - Isover EPS 100	20	0,18	0,04	6,60	0,24
Hydroizolace mPVC	---	0,0015	0,02	6,60	0,13
			CELKEM		1,75

Zatížení stěnového pláště

Název	Objemová hm. (kg/m ³)	Tloušťka (m)	Char. plošné zatížení (kN/m ²)	Zatěžovací šířka (m)	Char. liniové zatížení (kN/m)
Vlastní tíha OSB desky, tl. 0,012 m	740,00	0,012	0,09	6,60	0,59
Tepelná izolace MW, tl. 0,25 m	40,00	0,25	0,10	6,60	0,66
Vlastní tíha C paždíků	---	---	0,14	6,60	0,92
Cetris deska tl. 0,012 m	1450,00	0,012	0,17	6,60	1,15
			CELKEM		3,32

ZS3 – Užité – z plochy 10 m², působící na rám na zatěžovací šířku 1,52 m uprostřed rozpětí. V této poloze vyvolává zatížení největší moment v rámovém rohu, ovšem ne největší normálovou sílu ve sloupu, tu by zatížení vyvolalo, kdyby bylo umístěno na zatěžovací šířku 1,52 m umístěnou od pravého sloupu směrem do pole. Rozdíl ve velikosti normálové síly při návrhové kombinaci je 3,6 kN, tedy přibližně 2 % z výsledné hodnoty. Dále budu počítat pouze s jedním zatěžovacím stavem pro užité zatížení umístěné uprostřed rozpětí rámu a návrh prvků provedu s rezervou.

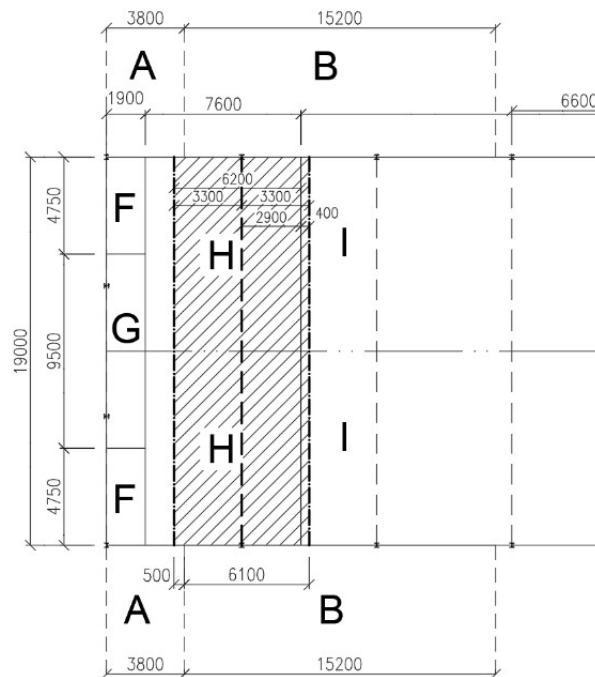
$$f * z.š._{10m^2} = 0,75 * 6,60 = 4,95 \text{ kN/m}$$

ZS4 - Sníh

$$s * z.š. = 0,80 * 6,60 = 5,28 \text{ kN/m}$$

ZS5 - Podélný vítr

Schéma zatěžovacích ploch od podélného větru



Střecha

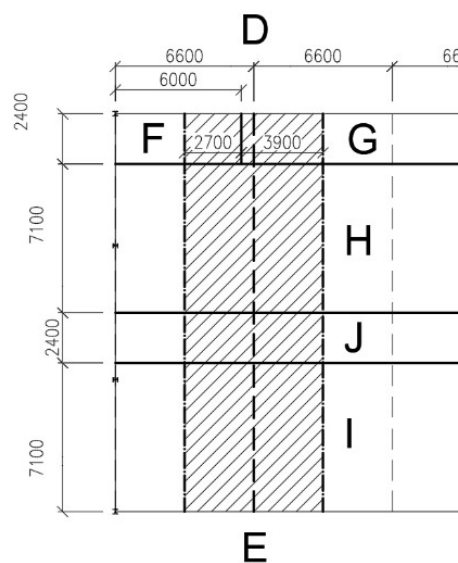
$$w_H * z.š._H + w_I * z.š._I = -0,44 * 6,20 + (-0,37) * 0,40 = -2,90 \text{ kN/m}$$

Stěny

$$w_A * z.š._A + w_B * z.š._B = -0,86 * 0,50 + (-0,57) * 6,10 = -3,92 \text{ kN/m}$$

ZS6 - Příčný vítr – sání, ZS7 - Příčný vítr – tlak

Schéma zatěžovacích ploch od podélného větru



Střecha

Oblast F,G – Sání

$$w_{F-} * z.š._F + w_{G-} * z.š._G = -0,74 * 2,70 + (-0,62) * 3,90 = -4,43 \text{ kN/m}$$

Oblast F,G – Tlak

$$w_+ * z.š._F + w_{G+} * z.š._G = 0,11 * 2,70 + 0,11 * 3,90 = 0,76 \text{ kN/m}$$

Oblast H – Sání

$$w_{H-} * z.š._H = -0,25 * 6,60 = -1,65 \text{ kN/m}$$

Oblast H – Tlak

$$w_{H+} * z.š._H = 0,11 * 6,60 = 0,76 \text{ kN/m}$$

Oblast J – Sání

$$w_{J-} * z.š._J = -0,56 * 6,60 = -3,73 \text{ kN/m}$$

Oblast J – Tlak

$$w_{J+} * z.š._J = 0,03 * 6,60 = 0,19 \text{ kN/m}$$

Oblast I

$$w_I * z.š._I = -0,31 * 6,60 = -2,08 \text{ kN/m}$$

Stěny

Oblast D

$$w_D * z.š._D = 0,54 * 6,60 = 3,54 \text{ kN/m}$$

Oblast E

$$w_E * z.š._E = -0,29 * 6,60 = -1,89 \text{ kN/m}$$

ZS8 Teplota –, ZS9 Teplota +

Referenční teplota $t_{ref} = 15 \text{ °C}$

Minimální teplota uvažovaná v interiéru $t_{i,min} = 0 \text{ °C}$

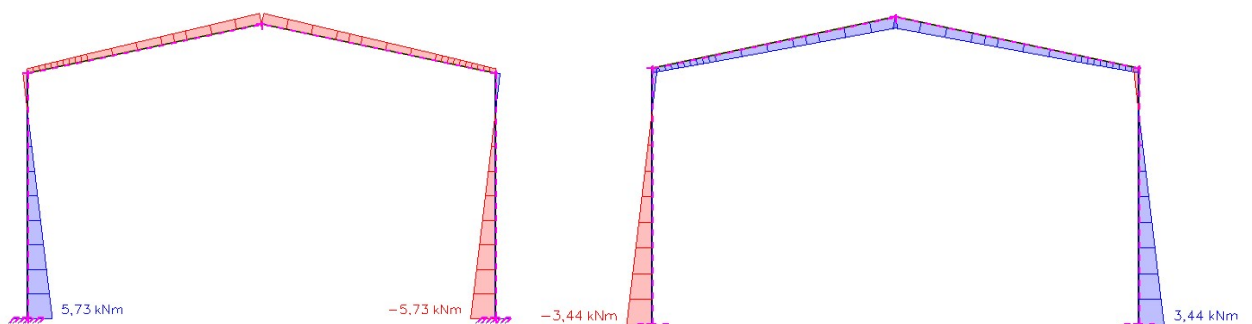
Maximální teplota uvažovaná v interiéru $t_{i,max} = 40 \text{ °C}$

Rovnoměrné ochlazení konstrukce o teplotu $\Delta t_- = t_{i,min} - t_{ref} = 0 - 15 = -15 \text{ °C}$

Rovnoměrné oteplení konstrukce o teplotu $\Delta t_+ = t_{i,max} - t_{ref} = 40 - 15 = 25 \text{ °C}$

Zatížení konstrukce změnou teploty o -15 °C respektive $+25 \text{ °C}$ má zanedbatelný vliv pro návrh prvků. Je to jednak z důvodu toho, že jsou sloupy relativně vysoké, protože namáhání konstrukce od rovnoměrného oteplení je násobně nižší než od vlivu zatížení sněhem. Z těchto důvodů nebylo dále s vlivem teploty počítáno, vliv teploty bude zohledněn rezervou v návrhu jednotlivých prvků.

Vnitřní síly od změny teploty teplotou



4.2 Kombinace zatěžovacích stavů

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
LC-S1		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - Stálé	1,00
			ZS3 - Užité	0,70
			ZS4 - Sníh	0,50
			ZS7 - Vitr příčný - tlak	1,00
LC-S2		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - Stálé	1,00
			ZS3 - Užité	0,70
			ZS4 - Sníh	1,00
			ZS7 - Vitr příčný - tlak	0,60
LC-S3		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - Stálé	1,00
			ZS3 - Užité	0,70
			ZS4 - Sníh	1,00
LC1		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Stálé	1,35
			ZS3 - Užité	1,05
			ZS4 - Sníh	1,50
LC2		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Stálé	1,35
			ZS3 - Užité	1,05
			ZS4 - Sníh	1,50
			ZS7 - Vitr příčný - tlak	0,90
LC3		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Stálé	1,35
			ZS3 - Užité	1,05
			ZS4 - Sníh	0,75
			ZS7 - Vitr příčný - tlak	1,50
LC4		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Stálé	1,35
			ZS3 - Užité	1,05
			ZS4 - Sníh	0,75
			ZS6 - Vitr příčný - sání	1,50
LC5		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
			ZS2 - Stálé	1,35
			ZS3 - Užité	1,05
			ZS4 - Sníh	0,75
			ZS5 - Vitr podéjný	1,50
LC6		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - Stálé	1,00
			ZS7 - Vitr příčný - tlak	1,50
LC7		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - Stálé	1,00
			ZS5 - Vitr podéjný	1,50

4.3 Varianty řešení vnitřního rámu

Maximální vodorovná deformace:

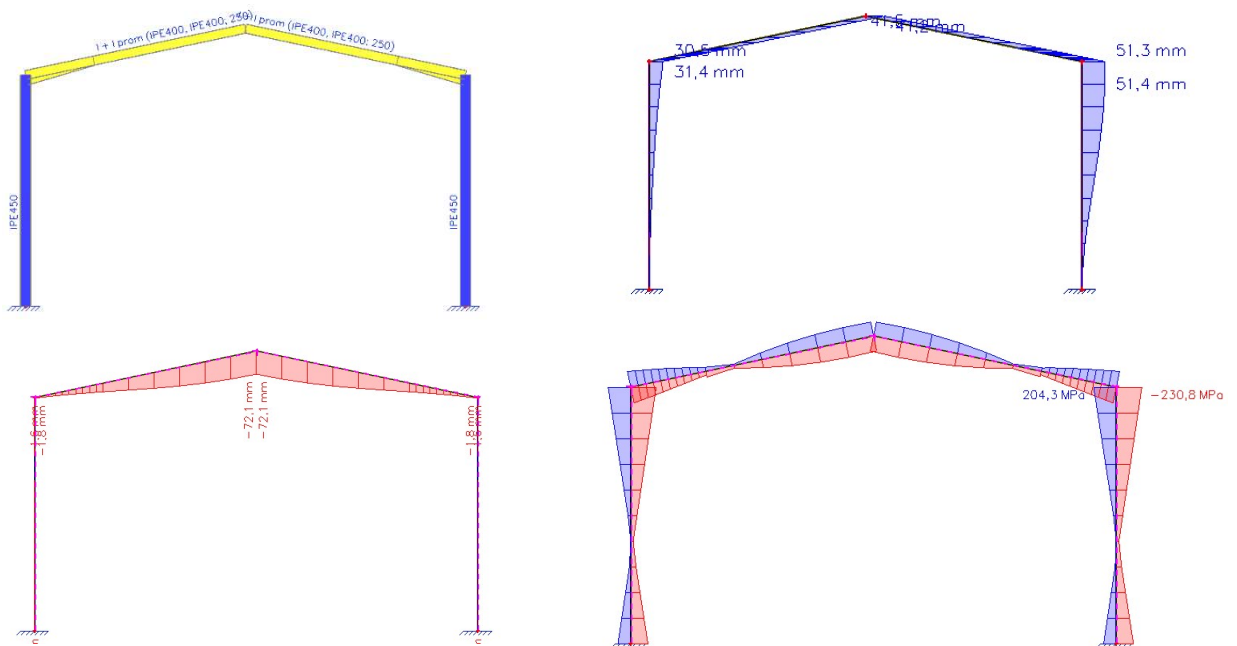
$$u_{\text{lim}} = \frac{h}{150} = \frac{10000}{150} = 66,67 \text{ mm}$$

Maximální svislá deformace:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{19000}{250} = 76,0 \text{ mm}$$

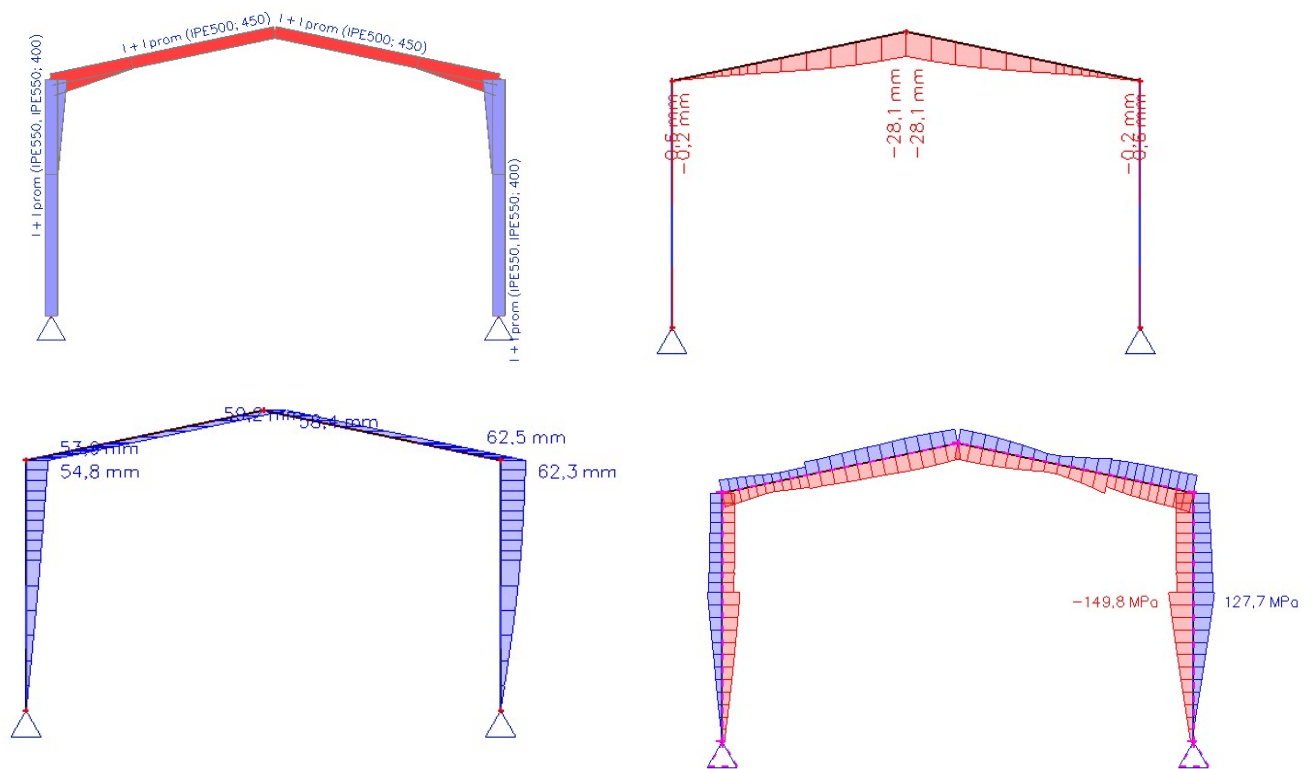
Varianta A

Vetknutý rám se sloupy profilu IPE 450 a rámovou příčlí IPE 360 s 2,5 m dlouhým náběhem IPE 360, výšky 250 mm. Vodorovná deformace rámu při charakteristické kombinaci LC-S1 je $u = 47,0 \text{ mm}$. Svislá deformace rámové příčle je při charakteristické kombinaci LC-S3 $v = 73,0 \text{ mm}$. Maximální napětí na konstrukci dosahuje hodnoty 230,8 MPa. Celková hmotnost rámu je 2784,0 kg.



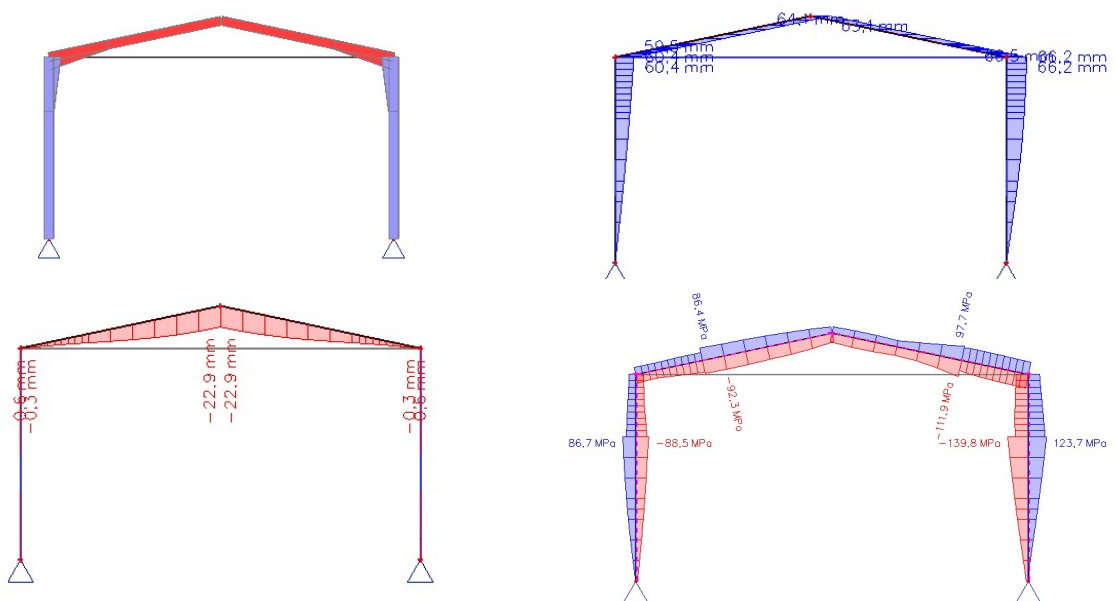
Varianta B

Dvoukloubový rám se sloupy profilu IPE550 s náběhy výšky 400 mm, délky 4,0 m a příčlí IPE500 s 3,5 m dlouhým náběhem výšky 450 mm. Vodorovná deformace rámu při kombinaci LC-S1 je $u = 63,2$. Svislá deformace rámu je při charakteristické kombinaci LC-S3 $v = 33,8 \text{ mm}$. Maximální napětí dosažené na konstrukci je 149,8 MPa. Celková hmotnost rámu je 4542,8 kg.



Varianta C

Dvoukloubový rám se sloupy profilu IPE550 s náběhy výšky 400 mm, délky 3,0 m, příčlí IPE500 s 3,3 m dlouhým náběhem výšky 450 mm a táhlem spojujícím vrcholy sloupů rámu. Vodorovná deformace rámu při kombinaci LC-S1 je $u = 63,2$. Svislá deformace rámu je při charakteristické kombinaci LC-S3 $v = 33,8$ mm. Maximální napětí dosažené na konstrukci je 149,8 MPa. Celková hmotnost rámu je 4506,7 kg.



4.3.1 Zhodnocení a výběr varianty

Pro dvoukloubové rámy ve variantě B a C je limitujícím faktorem maximální dovolená vodorovná deformace rámu, dle normy je to 1/150 výšky, tedy 66,67 mm. Přidáním táhla do vrcholu rámu varianty C snížíme svislou deformaci, na vodorovný průhyb má táhlo zanedbatelný vliv. Dostatečná tuhost v rovině rámu je pro tyto varianty dosažena, až při značných dimenzích prvků a z toho vyplývající velké hmotnosti rámu přesahující 4,5 t. U varianty A, díky vetknutým patkám, má rám dostatečnou tuhost se subtilnějšími prvky s celkovou hmotností 2,78 t, což je přibližně 60% hmotnosti v porovnání s variantami B a C. Z tohoto důvodu jsem rozhodl pro variantu A i přes to, že dvoukloubové rámy mají jednodušší a levnější řešení detailů patky a menší velikost základových patek.

4.4 Návrh vybrané varianty vnitřního rámu

Rámové imperfekce

Rámové imperfekce jsou vyjádřeny náklonem sloupů od svislé roviny o úhel ϕ

Úhel natočení sloupu:

$$\phi = \alpha_m * \alpha_h * \phi_0$$

Výška rámu $h = 10$ m

Počáteční náklon sloupu

$$\phi_0 = \frac{1}{200} = 0,005$$

Počet sloupů v jedné řadě $m = 2$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 + \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 + \left(1 + \frac{1}{2}\right)} = 0,87$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{12}} = 0,58$$

$$\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1 \rightarrow \alpha_h = \frac{2}{3}$$

$$\phi = 0,87 * \frac{2}{3} * 0,005$$

$$\phi = 0,00289$$

Stabilitní kombinace

Pro všechny lineární kombinace sestrojíme stabilitní kombinace, pomocí kterých v softwaru Scia Engineer spočteme součinitel kritického zatížení α_{cr} , který vyjadřuje poměr mezi návrhovým zatížením a kritickým zatížením, u kterého dojde ke ztrátě stability konstrukce. Pomocí tohoto součinitele určíme vliv účinku II. řádu na velikost vnitřních sil.

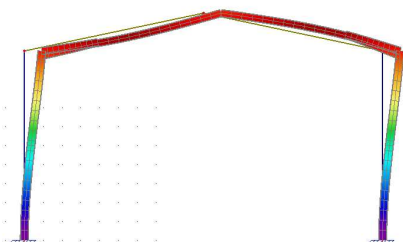
Součinitele kritického zatížení α_{cr}

Jméno	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
S1	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
	ZS2 - Stálé	1,35
	ZS3 - Užiténé	1,05
	ZS4 - Sníh	1,50
S2	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
	ZS2 - Stálé	1,35
	ZS3 - Užiténé	1,05
	ZS4 - Sníh	1,50
	ZS7 - Vítr příčný - tlak	0,90
S3	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
	ZS2 - Stálé	1,35
	ZS3 - Užiténé	1,05
	ZS4 - Sníh	0,75
	ZS5 - Vítr podéýný	1,50
S4	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
	ZS2 - Stálé	1,00
	ZS7 - Vítr příčný - tlak	1,50
S5	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
	ZS2 - Stálé	1,00
	ZS5 - Vítr podéýný	1,50
S6	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
	ZS2 - Stálé	1,35
	ZS3 - Užiténé	1,05
	ZS4 - Sníh	0,75
	ZS7 - Vítr příčný - tlak	1,50
S7	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
	ZS2 - Stálé	1,35
	ZS3 - Užiténé	1,05
	ZS4 - Sníh	0,75
	ZS6 - Vítr příčný - sání	1,50

N	I
Stabilitní kombinace : S1	
1	24,04
2	61,75
Stabilitní kombinace : S2	
1	24,45
2	61,29
Stabilitní kombinace : S3	
1	65,38
2	457,43
Stabilitní kombinace : S4	
1	89,36
2	259,02
Stabilitní kombinace : S5	
1	2717,26
2	87553,69
Stabilitní kombinace : S6	
1	34,89
2	89,34
Stabilitní kombinace : S7	
1	51,74
2	152,53

$\alpha_{cr,1} = 24,28 > 10 \rightarrow$ účinky II. řádu nemají velký vliv na velikost vnitřních sil

První vlastní tvar pro Stabilitní kombinaci S1



Nelineární kombinace

Vnitřní síly spočteny softwarem Scia Engineer 19.1. pomocí nelineárních kombinací, které byli vytvořeny přidáním celkové imperfekce soustavy pomocí jednoduchého náklonu rámu o 2,887 mm/m ve směru osy x.

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC1	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé	1,35
		ZS3 - Užité	1,05
		ZS4 - Sníh	1,50
NC2	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé	1,35
		ZS3 - Užité	1,05
		ZS4 - Sníh	1,50
		ZS7 - Vítr příčný - tlak	0,90
NC3	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé	1,35
		ZS3 - Užité	1,05
		ZS4 - Sníh	0,75
		ZS7 - Vítr příčný - tlak	1,50
NC4	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé	1,35
		ZS3 - Užité	1,05
		ZS4 - Sníh	0,75
		ZS6 - Vítr příčný - sání	1,50
NC5	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé	1,35
		ZS3 - Užité	1,05
		ZS4 - Sníh	0,75
		ZS5 - Vítr podéý	1,50
NC6	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé	1,00
		ZS7 - Vítr příčný - tlak	1,50
NC7	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé	1,00
		ZS5 - Vítr podéý	1,50

4.4.1 Návrh sloupu vnitřního rámu

Průběhy vnitřních sil pro rozhodující kombinaci NC2

1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**

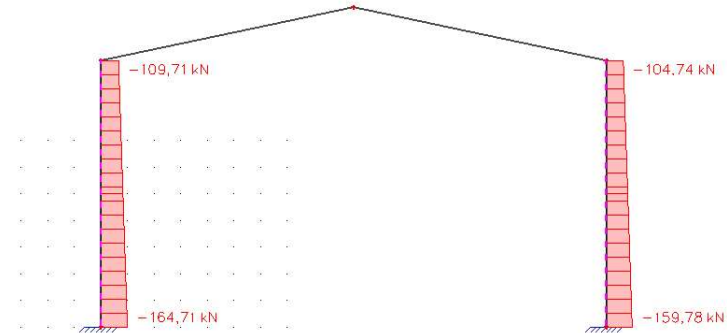
Nelineární výpočet

Nelineární kombinace: NC2

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Sloup rámu P, Sloup rámu L



1D vnitřní síly

Hodnoty: **V_z**

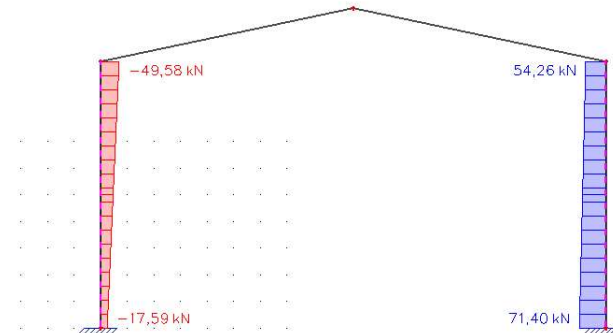
Nelineární výpočet

Nelineární kombinace: NC2

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Sloup rámu P, Sloup rámu L



1D vnitřní síly

Hodnoty: **M_y**

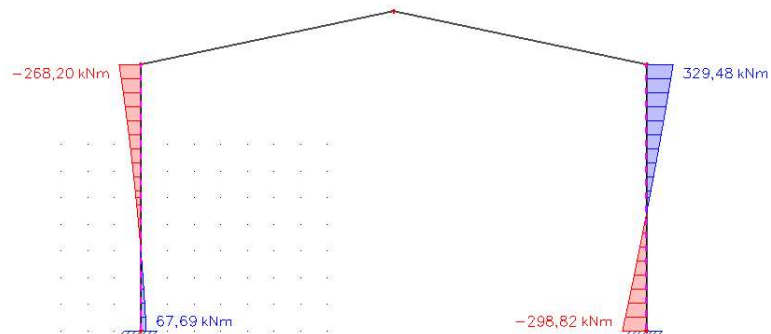
Nelineární výpočet

Nelineární kombinace: NC2

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Sloup rámu P, Sloup rámu L



Vnitřní síly - sloup	Levý sloup			Pravý sloup		
	kombinace	N _{Ed} (kN)	V _{Ed} (kN)	M _{Ed} (kNm)	N _{Ed} (kN)	V _{Ed} (kN)
NC1	-165,52	-49,96	-304,45	-165,49	50,76	306,89
NC2	-164,71	-49,58	-268,20	-159,78	71,40	329,48
NC3	-126,54	-32,57	-141,66	-118,38	68,17	-298,01
NC4	-85,61	30,28	-102,96	-100,79	52,01	-217,43
NC5	-54,65	-86,74	146,85	-86,52	55,15	-149,31
NC6	-62,51	43,72	-172,37	-54,36	44,72	-205,44
NC7	-22,70	-31,58	56,54	-22,51	31,71	-56,74

Profil	IPE 450		Průřezové charakteristiky					
	Geometrie		Osa Y			Osa Z		
h=	450	mm	I _y =	3,37E+08	mm ⁴	I _z =	1,68E+07	mm ⁴
b=	190	mm	W _{y,pl} =	1,70E+06	mm ³	W _{z,pl} =	2,76E+05	mm ³
t _f =	14,6	mm	i _y =	185	mm	i _z =	41,2	mm
t _w =	9,4	mm	Kroucení a klopení					
c=	95	mm	I _w =	7,91E+11	mm ⁶			
d=	378,8	mm	I _t =	671000	mm ⁴			
A _{v,z} =	5085	mm						
A=	9880	mm ²						

Ocel S355

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

Modul pružnosti v tahu

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

Poissonova konstanta

$$\nu = 0,3$$

Modul pružnosti ve smyku

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} = \frac{210\,000}{2 + (1 + 0,3)} = 80\,770 \text{ MPa}$$

Srovnávací štíhlost

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,39$$

Poměrné přetvoření

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

Součinitel spolehlivosti

$$\gamma_{M1} = 1,0$$

Zatřídění sloupu namáhaného tlakem a ohybem

Poloha plastické neutrální plochy

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w * f_y} = \frac{159780}{9,4 * 355}$$

$$x = 23,94 \text{ mm}$$

Součinitel α vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha = \frac{0,5 * d + x}{2 * d} = \frac{0,5 * 378,8 + 23,94}{2 * 378,8}$$

$$\alpha = 0,28$$

Pro zařazení stojiny do 1. třídy musí být splněna podmínka:

$$\frac{d}{t_w} \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1}$$

$$\frac{378,8}{9,4} \leq \frac{396 * 0,82}{13 * 0,28 - 1}$$

$$40,30 \leq 118,74 \rightarrow 1. \text{třída}$$

Pro zařazení pásnice do 1. třídy musí být splněna podmínka:

$$\frac{c}{t_f} \leq 9 * \varepsilon$$

$$\frac{95}{14,5} \leq 9 * 0,81$$

$$6,55 \leq 7,37 \rightarrow 1. \text{třída}$$

Stojina i pásnice 1. třída \rightarrow průřez 1. třída

Délka prutu y-y $L_y = 10000 \text{ mm}$

Délka prutu z-z $L_z = 5000 \text{ mm}$

Vzpěrné délky – systémové vzpěrné délky

$$L_{cr,y} = L_y * 0,7 = 10000 * 0,7 = 7000 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = L_z * 1 = 10000 * 1 = 10000 \text{ mm}$$

Štíhlosti k osám y, z

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{7000}{185} = 37,84$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5000}{41,2} = 121,36$$

Poměrné štíhlosti k osám y, z

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{37,84}{76,39} = 0,49$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{121,36}{76,39} = 1,59$$

Součinitel vzpěrnosti pro vybočení kolmo na směr y-y

$$\frac{h}{b} = \frac{450}{190} = 2,37 \geq 1,2 \rightarrow \text{křivka vzpěrné pevnosti a} \rightarrow \alpha = 0,21$$

$$\phi_y = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda_y^{-2} - 0,2) + \lambda_y^{-2})$$

$$\phi_y = 0,5 * (1 + 0,21 (0,49^2 - 0,2) + 0,49^2)$$

$$\phi_y = 0,654$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{-2}}}$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,654 + \sqrt{0,654^2 - 0,49^2}}$$

$$\chi_y = 0,926$$

Součinitel vzpěrnosti pro vybočení kolmo na směr z-z

$$\frac{h}{b} = \frac{450}{190} = 2,37 \geq 1,2 \rightarrow \text{křivka vzpěrné pevnosti b} \rightarrow \alpha = 0,34$$

$$\phi_z = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda_z^{-2} - 0,2) + \lambda_z^{-2})$$

$$\phi_z = 0,5 * (1 + 0,34 (1,59^2 - 0,2) + 1,59^2)$$

$$\phi_z = 1,998$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{-2}}} = \frac{1}{1,998 + \sqrt{1,998^2 - 1,59^2}}$$

$$\chi_z = 0,312$$

Vliv klopení

Bezrozměrný parametr kroucení

$$k_{\omega} = 0,7$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{G I_t}}$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{0,7 * 7000} \sqrt{\frac{210\,000 * 7,19 * 10^{11}}{80\,770 * 671000}}$$

$$k_{wt} = 1,12$$

Poměr koncových momentů

$$\psi = \frac{M_1}{M_p} = \frac{-298,82}{329,48} = -0,91$$

$$C_{1,0} = 2,56$$

$$C_{1,1} = 2,73$$

$$\text{pro } k_{wt} = 1,12 \geq 1,0 \rightarrow C_1 = C_{1,1} = 2,719$$

Bezrozměrný kritický moment

$$k_z = 1$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + k_{wt}^2} = \frac{2,719}{1} (\sqrt{1 + 1,12^2})$$

$$\mu_{cr} = 4,104$$

Pružný kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z G I_t}}{L}$$

$$M_{cr} = 4,104 \frac{\pi \sqrt{210\,000 * 1,68 * 10^7 * 80\,770 * 671000}}{7000}$$

$$M_{cr} = 8,05 * 10^8 \text{ Nmm}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}}$$

$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{\frac{1,7 * 10^6 * 355}{8,05 * 10^8}}$$

$$\lambda_{LT}^- = 0,865$$

$\frac{h}{b} = \frac{450}{190} = 2,4 > 2$ Křivka klopení b → součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT} = 0,34$

$$\begin{aligned}\phi_{LT} &= 0,5 * (1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT}^{-2} - 0,2) + \lambda_{LT}^{-2}) \\ &= 0,5 * (1 + 0,34 (0,865^2 - 0,2) + 0,865^2)\end{aligned}$$

$$\phi_{LT} = 0,988$$

Součinitel klopení

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

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,988 + \sqrt{0,988^2 - 0,865^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,683$$

Posudek interakce tlaku s ohybem – Metoda B

Charakteristická hodnota únosnosti rozhodujícího průřezu při působení osové síly

$$N_{Rk} = \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{9880 * 355}{1}$$

$$N_{Rk} = 3,51 * 10^6 \text{ N}$$

Charakteristická hodnota únosnosti rozhodujícího průřezu v ohybu

$$M_{y,Rk} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,70 * 10^6 * 355}{1}$$

$$M_{y,Rk} = 6,04 * 10^8 \text{ Nmm}$$

Interakční součinitele

Součinitel konstantního momentu C_{my} pro průběh momentu M_y mezi body podepření ve směru z-z, se uvažuje při vybočení posuvem styčniců

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

Součinitel konstantního momentu $C_{m,LT}$ pro průběh momentu M_y mezi body podepření ve směru y-y

Poměr koncových momentů

$$\psi = \frac{M_h}{M_d} = \frac{-298,82}{329,48} = -0,91$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * \psi \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * (-0,91) \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,24 \geq 0,4 \rightarrow C_{mLT} = 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} * \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right) \leq C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,9 * \left(1 + (0,49 - 0,2) * \frac{159780}{\frac{0,926 * 3,51 * 10^6}{1}} \right) \leq 0,9 * \left(1 + 0,8 * \frac{159780}{\frac{0,926 * 3,51 * 10^6}{1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,916 \leq 0,943$$

$$k_{yy} = 0,916$$

$$k_{zy} \text{ pro } \lambda_z^- = 1,18 \geq 0,4$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 * \lambda_z^-}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \geq 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 * 1,59}{0,4 - 0,25} * \frac{159780}{\frac{0,312 * 3,51 * 10^6}{1}} \geq 1 - \frac{0,1}{0,4 - 0,25} * \frac{159780}{\frac{0,312 * 3,51 * 10^6}{1}}$$

$$k_{zy} = 0,810 \geq 0,881$$

$$k_{zy} = 0,881$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{159780}{\frac{0,926 * 3,51 * 10^6}{1,0}} + 0,916 * \frac{329,48 * 10^6 + 0}{\frac{0,683 * 6,04 * 10^8}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,779 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{159780}{\frac{0,312 * 3,51 * 10^6}{1,0}} + 0,881 * \frac{329,48 * 10^6 + 0}{\frac{0,683 * 6,04 * 10^8}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,867 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{y,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{159780}{3,51 * 10^6} + \frac{329,48 * 10^6}{6,04 * 10^8} \leq 1,0$$

$$\frac{159780}{1,0} + \frac{329,48 * 10^6}{1,0} \leq 1,0$$

$$0,046 + 0,546 \leq 1,0$$

$$0,591 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení smykové únosnosti

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M1}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{5085 * 355}{\sqrt{3} * 1}$$

$$V_{pl,Rd} = 1042,22 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 71,40 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,5 * V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$0,5 * 1042,22 \geq V_{Ed} = 76,48 \text{ kN}$$

$$521,11 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 76,48 \text{ kN}$$

→ Jedná se o malý smyk, není třeba zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu

Mezní stav použitelnosti

1D deformace

Hodnoty: u_x

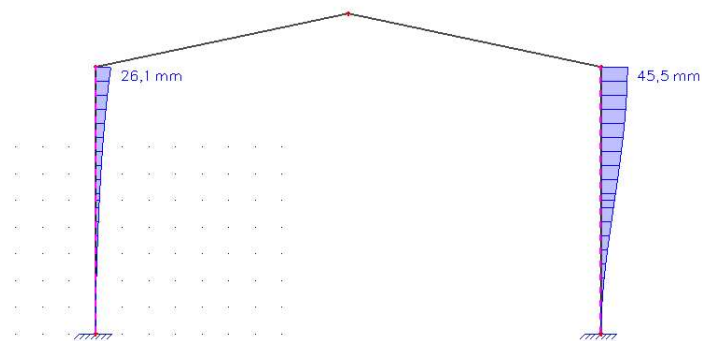
Lineární výpočet

Kombinace: LC-S1

Souřadný systém: Globální

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Sloup rámu P, Sloup rámu L



Maximální dovolená vodorovná deformace

$$u_{lim} = \frac{h}{150} = \frac{10000}{150} = 66,67 \text{ mm}$$

Posouzení

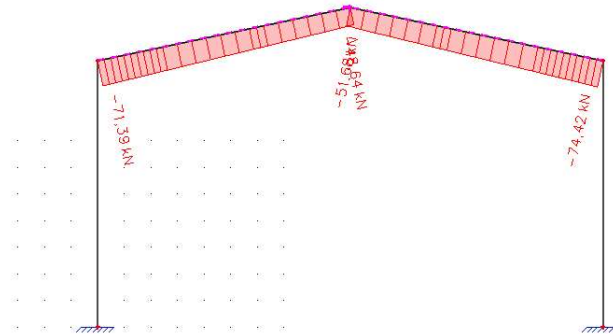
$$u = 45,5 \text{ mm} \leq u_{lim} = 66,67 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

4.4.2 Návrh rámové příčle vnitřního rámu číslo

Průběhy vnitřních sil pro rozhodující kombinaci NC2

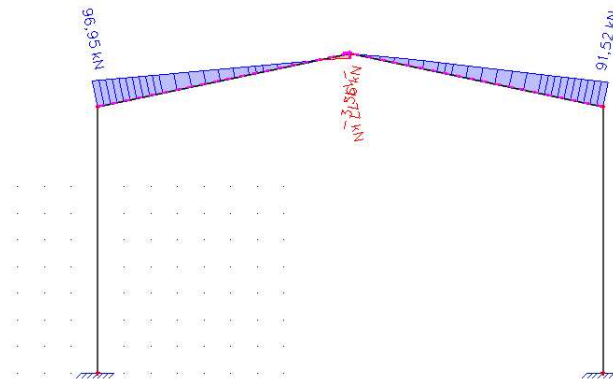
1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC2
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Rámová příčle P, Rámová příčle L



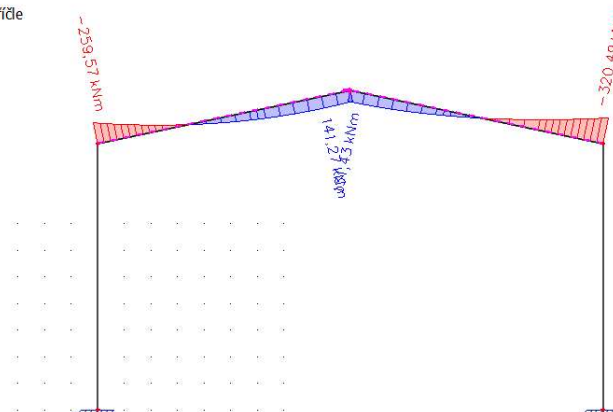
1D vnitřní síly

Hodnoty: **V_z**
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC2
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Rámová příčle P, Rámová příčle L



1D vnitřní síly

Hodnoty: **M_y**
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC2
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Rámová příčle P, Rámová příčle L



Vnitřní síly - příčel	Levý roh			Pole	Pravý roh		
kombinace	N _{Ed} (kN)	V _{Ed} (kN)	M _{Ed} (kNm)	M _{Ed} (kNm)	N _{Ed} (kN)	V _{Ed} (kN)	M _{Ed} (kNm)
NC1	-71,91	97,57	-295,76	136,66	-71,99	97,80	-298,20
NC2	-71,39	96,95	-259,57	141,27	-74,42	91,52	-320,49
NC3	-46,79	63,23	-136,79	103,41	-51,77	53,96	-235,20
NC4	-28,83	25,21	-62,70	59,90	-32,38	40,03	-156,54
NC5	12,27	31,60	-106,45	73,79	12,24	31,70	-107,41
NC6	-13,80	19,40	0,68	51,67	-18,75	15,33	-97,49
NC7	-12,23	35,01	30,23	-4,92	35,02	-12,23	30,30

Profil	IPE 360		Průřezové charakteristiky					
Geometrie			Osa Y			Osa Z		
h=	360	mm	I _y =	1,63E+08	mm ⁴	I _z =	1,04E+07	mm ⁴
b=	170	mm	W _{y,pl} =	1,02E+06	mm ³	W _{z,pl} =	1,91E+05	mm ³
t _f =	12,7	mm	i _y =	150,0	mm	i _z =	37,9	mm
t _w =	8	mm	Kroucení a klopení					
c=	67	mm	I _w =	3,14E+11	mm ⁶			
d=	298,6	mm	I _t =	3,80E+05	mm ⁴			
A _{v,z} =	3514	mm						
A=	7270	mm ²						

Zatřídění průřezu namáhaného tlakem a ohybem

Poloha plastické neutrální osy $x = 13,10$ mm

Součinitel $\alpha = 0,27$

Stojina

$$d/t_w = 37,33 \leq 127,09$$

→ **Třída 1**

Pásnice

$$c/t_f = 5,28 \leq 7,32$$

→ **Třída 1**

Průřez

→ **Třída 1**

Délka rámové příčle $L_y = 19,416$ m

Pozice střešního ztužidla, které brání vybočení rámové příčle z roviny rámu $L_z = 6,438$ m

Vzpěrná délka – systémová vzpěrná délka

$$L_{cr,y} = L_y * 1 = 19416 * 1 = 19416 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = L_z * 1 = 6438 * 1 = 6438 \text{ mm}$$

Pro přenos osově síly se konzervativně nepočítá s vlivem náběhu.

Štíhlost k ose y, z

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{19146}{150} = 129,43$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{6438}{37,9} = 169,87$$

Poměrná štíhlost k ose y, z

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,39$$

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{129,43}{76,39} = 1,69$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{169,87}{76,39} = 2,22$$

Součinitel vzpěrnosti pro vybočení kolmo na směr y-y

$$\frac{h}{b} = \frac{360}{170} = 2,12 \geq 1,2 \rightarrow \text{křivka vzpěrné pevnosti a} \rightarrow \alpha = 0,21$$

$$\phi_y = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda_y^{-2} - 0,2) + \lambda_y^{-2})$$

$$\phi_y = 2,092$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{-2}}}$$

$$\chi_y = 0,301$$

Součinitel vzpěrnosti pro vybočení kolmo na směr z-z

$$\frac{h}{b} = \frac{360}{170} = 2,12 \geq 1,2 \rightarrow \text{křivka vzpěrné pevnosti b} \rightarrow \alpha = 0,34$$

$$\phi_z = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda_z^{-2} - 0,2) + \lambda_z^{-2})$$

$$\phi_z = 3,316$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{-2}}}$$

$$\chi_z = 0,173$$

Vliv klopení

Bezrozměrný kritický moment spočten pomocí programu LTBeamN 1.0.3, viz Příloha E

$$\mu_{cr} = 6,435$$

Rozhodující je průřez s nejvyšším normálovým napětím vyvolaným od ohybového momentu – jedná se o průřez v rámovém rohu.

$$\text{Průřezový modul průřezu s náběhem } W_{pl,y,náb.} = 2,08 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\text{Ohybový moment v rozhodujícím průřezu } M_y = 320,49 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{roh} = \frac{M_y}{W_{pl,y,náb.}} = \frac{320,49 * 10^6}{2,55 * 10^6} = 154,05 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{pole} = \frac{M_{y,pole}}{W_y} = \frac{141,27 * 10^6}{1,02 * 10^6} = 138,50 \text{ MPa}$$

Pružný kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} * M_y$$

$$M_{cr} = 6,435 * 320,49 * 10^6$$

$$M_{cr} = 2,10 * 10^9 \text{ Nmm}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y,náb.} * f_y}{M_{cr}}}$$

$$\lambda_{LT}^- = 0,598$$

$$\frac{h}{b} = \frac{400}{180} = 2,22 > 2 \text{ Křivka klopení b} \rightarrow \text{součinitel imperfekce při klopení } \alpha_{LT} = 0,34$$

$$\phi_{LT} = 0,5 * (1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT}^{-2} - 0,2)) + \lambda_{LT}^{-2}$$

$$\phi_{LT} = 0,747$$

Součinitel klopení

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

$$\chi_{LT} = 0,838$$

Posudek interakce tlaku s ohybem – Metoda B

Charakteristická hodnota únosnosti rozhodujícího průřezu při působení osově síly

$$N_{Rk} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{Rk} = 2,58 * 10^6 \text{ N}$$

Charakteristická hodnota únosnosti rozhodujícího průřezu v ohybu

$$M_{y,Rk} = \frac{W_{pl,y,náb.} * f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{y,Rk} = 7,39 * 10^8 \text{ Nmm}$$

Interakční součinitele

Součinitel konstantního momentu C_{my} pro průběh momentu M_y mezi body podepření ve směru z-z

Poměr středového a koncového momentu

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_p} = \frac{141,27}{-320,49} = -0,44$$

Poměr koncových momentů

$$\psi = \frac{M_l}{M_p} = \frac{-259,57}{-330,49} = 0,81$$

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

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 * (-0,44) \geq 0,4$$

$$C_{my} = 0,45 \geq 0,4 \rightarrow C_{my} = 0,45$$

Součinitel konstantního momentu C_{mLT} pro průběh momentu M_y mezi body podepření ve směru y-y

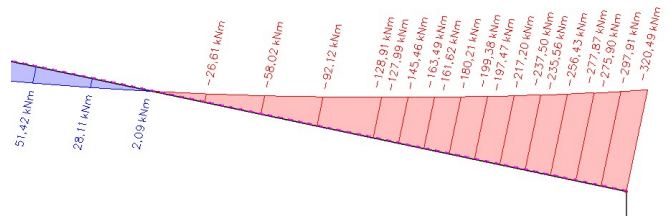
Poměr koncových momentů

$$\psi = \frac{M_1}{M_p} = \frac{62,07}{-320,49} = -0,19$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * \psi \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * (-0,19) \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,52 \geq 0,4 \rightarrow C_{mLT} = 0,52$$



$$k_{yy} = C_{my} * \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,45 * \left(1 + (0,49 - 0,2) * \frac{74420}{\frac{0,301 * 2,58 * 10^6}{1}} \right) \leq 0,45 * \left(1 + 0,8 * \frac{74420}{\frac{0,301 * 2,58 * 10^6}{1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,330 \leq 0,387$$

$$k_{yy} = 0,330$$

$$k_{zy} \text{ pro } \lambda_z^- = 2,22 \geq 0,4$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 * \lambda_z^-}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \geq 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 * 1,10}{0,52 - 0,25} * \frac{74420}{\frac{0,173 * 2,58 * 10^6}{1}} \geq 1 - \frac{0,1}{0,52 - 0,25} * \frac{74420}{\frac{0,173 * 2,58 * 10^6}{1}}$$

$$k_{zy} = 0,864 \geq 1,116$$

$$k_{zy} = 1,116$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$0,267 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$0,744 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M0}}} \leq 1,0$$

$$0,462 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení smykové únosnosti

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M1}}$$

$$V_{pl,Rd} = 720,23 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 91,52 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,5 * V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$360,11 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 91,52 \text{ kN}$$

→ Jedná se o malý smyk, není třeba zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu

Mezní stav použitelnosti

1D deformace

Hodnoty: u_2

Lineární výpočet

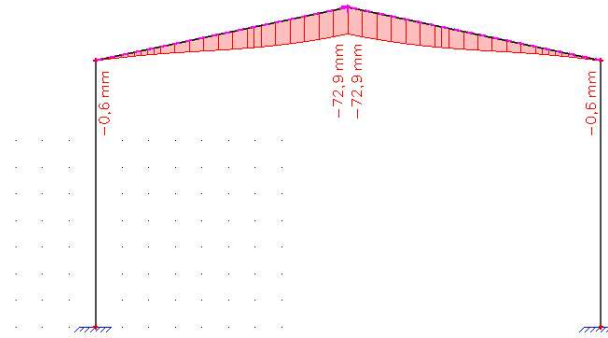
Kombinace: LC-S3

Souřadný systém: Globální

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Rámová příčle P, Rámová příčle

L



Maximální dovolená svislá deformace

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{19000}{250} = 76,0 \text{ mm}$$

Posouzení

$$v = 72,9 \text{ mm} \leq v_{lim} = 76,0 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

4.4.3 Návrh rámového rohu

Vnitřní síly - rámový roh	Levý roh			Pravý roh		
	N_{Ed} (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)	N_{Ed} (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
NC1	-80,18	113,10	-328,48	-80,28	113,42	-331,72
NC2	-79,63	111,91	-287,46	-82,92	107,67	-359,85
NC3	-55,77	77,66	-164,08	-61,16	70,31	-289,79
NC4	-38,46	39,87	-96,37	-42,27	55,90	-202,24
NC5	-12,12	46,91	-144,01	-12,17	47,07	-145,58
NC6	-21,09	29,71	-20,92	-26,44	22,22	-137,34
NC7	22,55	-1,04	-1,38	22,55	-1,01	-1,64

Návrh svarů

Svary navrženy konzervativně na celou únosnost průřezu – nerozhodují o únosnosti

1) Svary čelní desky a tažené pásnice

$$a_1 \geq \frac{t_f}{2} * \left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right) * \left(\frac{\beta_w * \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right)$$

$$a_1 \geq \frac{12,7}{2} * \left(\frac{355}{1} \right) * \left(\frac{0,9 * 1,25}{\frac{490}{\sqrt{2}}} \right)$$

$$a_1 \geq 7,31 \text{ mm} \rightarrow \text{Návrh } a_1 = 8 \text{ mm}$$

2) Svar čelní desky a tlačené pásnice

Tlak přenášen kontaktem → návrh konstrukčního svaru. Pro přenos kontaktem je nutné provést úpravu styčné plochy např. frézováním nebo rovný řez příčle.

$$a_2 = 5 \text{ mm}$$

3) Svar čelní desky a stojiny příčle

$$a_3 \geq \frac{t_w}{2} * \left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right) * \left(\frac{\beta_w * \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right)$$

$$a_3 \geq \frac{8}{2} * \left(\frac{355}{1} \right) * \left(\frac{0,9 * 1,25}{\frac{490}{\sqrt{2}}} \right)$$

$$a_3 \geq 4,61 \text{ mm} \rightarrow \text{Návrh } a_3 = 5 \text{ mm}$$

4) Svar výztuhy a stojiny sloupu

Uvažován, jako u svaru stojiny a čelní desky $a_3 = 5 \text{ mm}$

Únosnost dílčích komponent

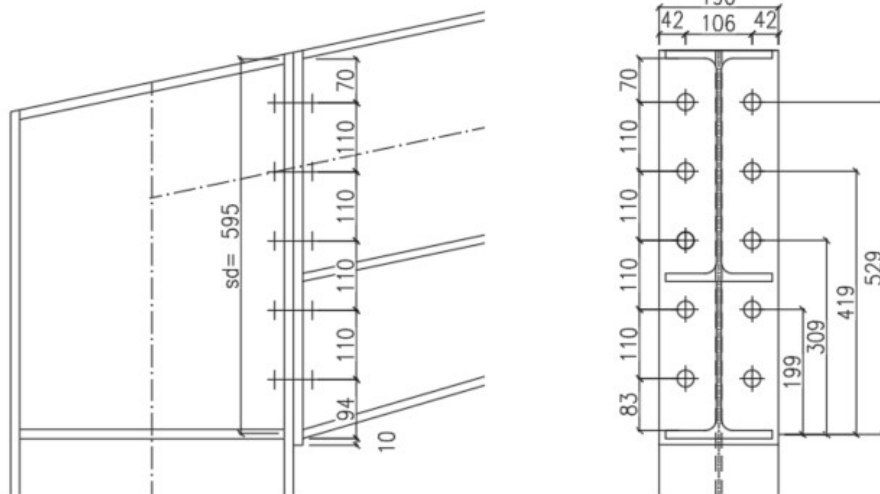
Tloušťka výztuhy stojiny

$$t_v \approx t_f = 12,7 \text{ mm} \rightarrow t_v = 15 \text{ mm}$$

Tloušťka čelní desky

$$t_d \approx t_f = 14,6 \text{ mm} \rightarrow t_d = 15 \text{ mm}$$

Rozdělení šroubů



Výpočet únosnosti řad šroubů

Pro výpočet únosnosti ohýbané pásnice a čelní desky se používá model náhradního T-průřezu. Jeho únosnost je dána jedním ze tří způsobů porušení podle následující tabulky.

Způsob porušení		Návrhová únosnost
Způsob 1	Plastický mechanismus (4 plastické klouby)	$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$
Způsob 2	Plastický mechanismus - páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)	$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n}$
Způsob 3	Porušení šroubů v tahu	$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd}$

Návrh šroubů	M27 8.8
Průměr šroubu	d= 27 mm
Plocha jádra šroubu	As= 459 mm ²
Mez pevnosti šroubu	f _{u,b} = 800 Mpa
Mez kluzu šroubu	f _{y,b} = 640 MPa

Únosnost 1 šroubu v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * 459 * 800}{1,25}$$

$$F_{t,Rd} = 264,384 \text{ kN}$$

Výpočet 1. řady šroubů

$$c_1 = 0,8 * a_1 * \sqrt{2} = 0,8 * 8 * \sqrt{2} = 9,05 \text{ mm}$$

$$m_2 = 70 - c_1 = 50 - 9,05 = 60,95 \text{ mm}$$

$$c_2 = 0,8 * a_3 * \sqrt{2} = 0,8 * 5 * \sqrt{2} = 5,66 \text{ mm}$$

$$m = 49 - c_2 = 49 - 5,66 = 43,34 \text{ mm}$$

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

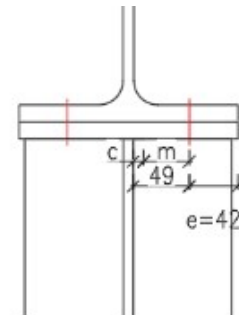
$$e = 42 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{43,34}{43,34 + 42} = 0,51$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{60,95}{43,34 + 42} = 0,71$$

$$\alpha = 5,40$$

$$n = \min(e; 1,25 * m) = \min(42; 1,25 * 43,34) = \min(42; 54,18) = 42$$



Stanovení efektivní šířky

Samostatné působení

- kruhové působení:

$$l_{eff,cp} = 2 * \pi * m = 2 * \pi * 43,34 = 272,33 \text{ mm}$$

- nekruhové působení:

$$l_{eff,nc} = \alpha * m = 5,40 * 43,34 = 234,05 \text{ mm}$$

Skupinové působení

- kruhové působení:

$$l_{eff,cp} = \pi * m + p = \pi * 43,34 + 110 = 246,17 \text{ mm}$$

- nekruhové působení:

$$l_{eff,nc} = 0,5 * p + \alpha * m - (2 * m + 0,625 * e) = \\ = 0,5 * 110 + 5,40 * 43,34 - (2 * 43,34 + 0,625 * 42) = 176,12 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp}; \min l_{eff,nc}) \\ = \min(\min (272,33; 234,05); \min (246,17; 176,12))$$

$$l_{eff,1} = 176,12 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 176,12 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} * l_{eff,1} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} * 176,12 * 14,6^2 * \frac{355}{1}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 3,33 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} * l_{eff,2} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} * 176,12 * 14,6^2 * \frac{355}{1}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 3,33 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí

Způsob 1:

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m}$$

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 * 3,33 * 10^6}{43,34}$$

$$F_{t,a,Rd} = 307,48 \text{ kN}$$

Způsob 2:

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n}$$

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 * 3,33 * 10^6 + 42 * 2 * 264384}{43,34 + 42}$$

$$F_{t,b,Rd} = 338,30 \text{ kN}$$

Způsob 3:

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd}$$

$$F_{t,c,Rd} = 2 * 264384$$

$$F_{t,c,Rd} = 528,77 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd})$$

$$F_{t,1,Rd} = \min(307,48 ; 278,21; 528,77)$$

$$F_{t,1,Rd} = 307,48 \text{ kN}$$

Výpočet 2., 3. a 4. řady šroubů

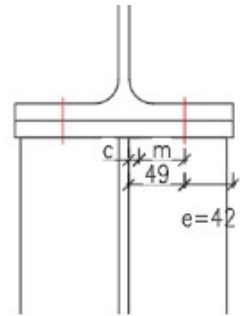
$$c_2 = 0,8 * a_3 * \sqrt{2} = 0,8 * 5 * \sqrt{2} = 5,66 \text{ mm}$$

$$m = 49 - c_2 = 49 - 5,66 = 43,34 \text{ mm}$$

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

$$e = 42 \text{ mm}$$

$$n = \min(e; 1,25 * m) = \min(42; 1,25 * 43,34) \\ = \min(42; 54,18) = 42$$



Stanovení efektivní šířky

Samostatné působení

- kruhové působení:

$$l_{eff,cp} = 2 * \pi * m = 2 * \pi * 43,34 = 272,33 \text{ mm}$$

- nekruhové působení:

$$l_{eff,nc} = 4 * m + 1,25 * e = 4 * 43,34 + 1,25 * 42 = 225,87 \text{ mm}$$

Skupinové působení

- kruhové působení:

$$l_{eff,cp} = 2 * p = 2 * 110 = 220 \text{ mm}$$

- nekruhové působení:

$$l_{eff,nc} = p = 110 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp}; \min l_{eff,nc}) = \min(\min (272,33; 220); \min (225,87; 110))$$

$$l_{eff,1} = \min(220; 110)$$

$$l_{eff,1} = 110 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 110 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} * l_{eff,1} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} * 110 * 14,6^2 * \frac{355}{1}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 2,08 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} * l_{eff,2} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} * 110 * 14,6^2 * \frac{355}{1}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 2,08 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Návrhová únosnost řady šroubů

Způsob 1:

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m}$$

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 * 2,08 * 10^6}{43,34}$$

$$F_{t,a,Rd} = 192,05 \text{ kN}$$

Způsob 2:

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n}$$

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 * 2,02 * 10^6 + 42 * 2 * 264384}{43,34 + 42}$$

$$F_{t,b,Rd} = 308,99 \text{ kN}$$

Způsob 3:

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd}$$

$$F_{t,c,Rd} = 2 * 264384$$

$$F_{t,c,Rd} = 528,77 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd})$$

$$F_{t,1,Rd} = \min(192,05; 308,99; 528,77)$$

$$F_{t,1,Rd} = 192,05 \text{ kN}$$

Výpočet 5. řady šroubů – smyková únosnost

Šrouby v 5. řadě jsou uvažovány pro přenos smykové síly. S těmito řadami nebude počítáno při výpočtu momentové únosnosti.

Únosnost 1 šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * 800 * 459}{1,25}$$

$$F_{v,Rd} = 176,27 \text{ kN}$$

Únosnost 1 šroubu v otláčení

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

$$\alpha_b = \min\left(\frac{f_{ub}}{f_u}; \frac{e_1}{3d_0}; 1\right) = \min\left(\frac{800}{490}; \frac{70}{3 * 30}; 1\right) = \min(1,57; 0,78; 1)$$

$$\alpha_b = 0,78$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{42}{30} - 1,7; 2,5\right) = \min(2,22; 2,5)$$

$$k_1 = 2,22$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,22 * 0,78 * 490 * 27 * 14,6}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 266,82 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 266,82 \text{ kN} \geq F_{v,Rd} = 176,27 \text{ kN} \rightarrow \text{rozhoduje srřih}$$

$$V_{Rd} = 2 * F_{v,Rd}$$

$$V_{Rd} = 2 * 176,27$$

$$V_{Rd} = 352,51 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 97,80 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost základních komponent

1) Únosnost pásnice příčle v tlaku

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{(h - t_f) * \gamma_{M0}}$$

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{1,02 * 10^6 * 355}{(360 - 12,7) * 1}$$

$$F_{c,fb,Rd} = 1042,61 \text{ kN}$$

Podmínka tažených šroubů a tlačené pásnice

$$F_{c,fb,Rd} \geq \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd}$$

$$F_{c,fb,Rd} = 1065,46 \text{ kN} \geq 307,48 + 3 * 192,05$$

$$F_{c,fb,Rd} = 1065,46 \text{ kN} \geq \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd} = 883,62 \text{ kN} \rightarrow \text{Podmínka splněna}$$

2) Únosnost stěny sloupu ve smyku

Třída průřezu:

$$\frac{d}{t_w} = \frac{378,8}{9,4} = 40,30 \leq 69 * \varepsilon = 69 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 56,14 \rightarrow 1. \text{ Třída}$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 * f_y * A_v^{HEB}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} + V_{wp,add,Rd}$$

Příspěvek příčných výztuh a pásnic sloupu

$$M_{pl,fc,Rd} = \frac{1}{4} * b * t_f^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,fc,Rd} = \frac{1}{4} * 190 * 14,6^2 * \frac{355}{1}$$

$$M_{pl,fc,Rd} = 3,59 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,st,Rd} = \frac{1}{4} * b * t_{st}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,st,Rd} = \frac{1}{4} * 170 * 15^2 * \frac{355}{1}$$

$$M_{pl,st,Rd} = 3,39 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$W_{wp,add,Rd}^1 = \frac{4 * M_{pl,fc,Rd}}{d_s}$$

$$W_{wp,add,Rd}^1 = \frac{4 * 3,59 * 10^6}{595}$$

$$W_{wp,add,Rd}^1 = 24,16 \text{ kN}$$

$$W_{wp,add,Rd}^2 = \frac{2 * M_{pl,fc,Rd} + 2 * M_{pl,st,Rd}}{d_s}$$

$$W_{wp,add,Rd}^2 = \frac{2 * 3,39 * 10^6 + 2 * 3,39 * 10^6}{595}$$

$$W_{wp,add,Rd}^2 = 23,49 \text{ kN}$$

$$V_{wp,add,Rd} = \min(W_{wp,add,Rd}^1; W_{wp,add,Rd}^2) = \min(24,16; 23,49) = 23,49 \text{ kN}$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 * 355 * 5085}{\sqrt{3} * 1} + 23490$$

$$V_{wp,Rd} = 961,50 \text{ kN}$$

$$V_{wp,Rd} = 961,50 \text{ kN} \geq \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd} = 883,62 \text{ kN} \rightarrow \text{Podmínka splněna}$$

Rozdělení sil a momentová únosnost

$$F_{t,i,Rd} \leq 1,9 * F_{t,Rd}$$

Pro 1. řadu

$$F_{t,1,Rd} = 307,48 \text{ kN} \leq 1,9 * 264,384$$

$$F_{t,1,Rd} = 307,487 \text{ kN} \leq 502,33 \text{ kN} \rightarrow \text{lze uvažovat plastické rozdělení sil do šroubů}$$

Řada	Únosnost řady (kN)	Síla pro M_{rd} (kN)	Rameno (m)
1	307,48	307,48	0,529
2	192,05	192,05	0,419
3	192,05	192,05	0,309
4	192,05	192,05	0,199
Celkem	761,70	761,70	

$$M_{Rd} = \sum F_{t,i,Rd} * h_i$$

$$M_{Rd} = 307,48 * 0,529 + 192,05 * 0,419 + 192,05 * 0,309 + 192,05 * 0,199$$

$$M_{Rd} = 340,68 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 320,49 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Namáhání osovou silou

Osovou sílu ve styčnicku lze zanedbat, pokud nepřekročí 10% únosnosti připojovaného nosníku v tlaku.

$$10\% N_{pl,Rd} = 0,1 * \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$10\% N_{pl,Rd} = 0,1 \frac{7270 * 355}{1}$$

$$10\% N_{pl,Rd} = 258,09 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 82,92 \text{ kN} \rightarrow \text{osovou sílu lze zanedbat}$$

5. Návrh štítové stěny

5.1 Zatížení štítové stěny

Zatížení na vnitřní rám viz kapitola 4.1

ZS1 - Vlastní tíha – stanovena softwarem Scia Engineer 19

ZS2 - Stálé

Zatížení střešního pláště

$$f_{stř.} * z. š. = 0,36 * 3,30 = 0,88 \text{ kN/m}$$

Zatížení stěnového pláště

$$\text{Sloupy S1, S4: } f_{pl,k} * z. š. = 0,50 * \left(\frac{6,6}{2} + \frac{6,3}{2} \right) = 3,24 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sloupy S2, S3: } f_{pl,k} * z. š. = 0,50 * \left(\frac{6,3}{2} + \frac{6,4}{2} \right) = 3,19 \text{ kN/m}$$

ZS3 – Užité – z plochy 10 m², působící na rám na šířku 3,03 m uprostřed rozpětí

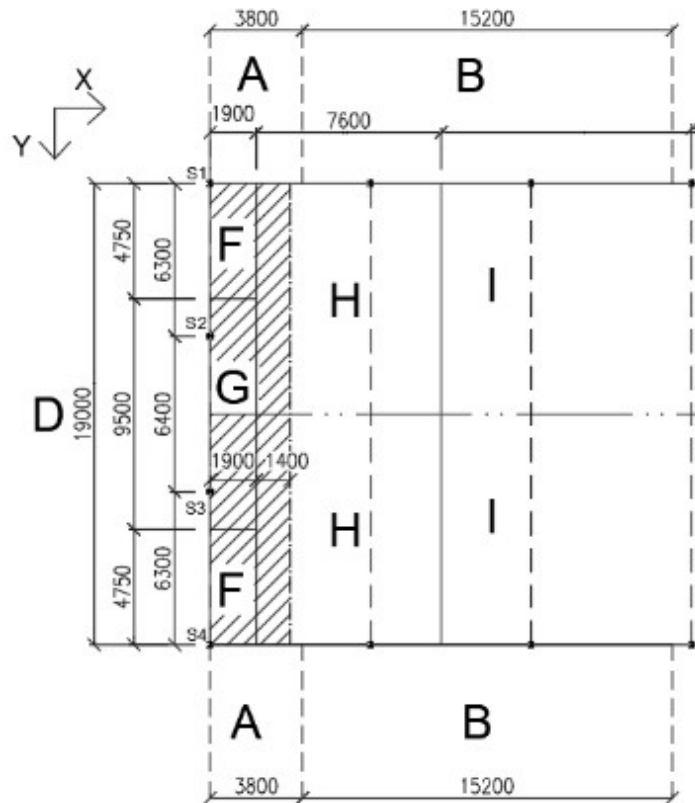
$$f_{už.} * z. š._{10m^2} = 0,75 * 3,30 = 2,48 \text{ kN/m}$$

ZS4 – Sníh

$$s * z. š. = 0,80 * 3,30 = 2,64 \text{ kN/m}$$

ZS5 - Podélný vítr

Schéma zatěžovacích ploch od podélného větru



Střecha:

$$w_F * z.š._F + w_H * z.š._H = -0,96 * 1,90 + (-0,44) * 1,40 = -2,39 \text{ kN/m}$$

$$w_G * z.š._G + w_H * z.š._H = -0,93 * 1,90 + (-0,44) * 1,40 = -2,45 \text{ kN/m}$$

Sloupy:

Směr X

$$S2, S3: \quad w_D * z.š. = 0,54 * \left(\frac{6,3}{2} + \frac{6,4}{2} \right) = 3,18 \text{ kN/m}$$

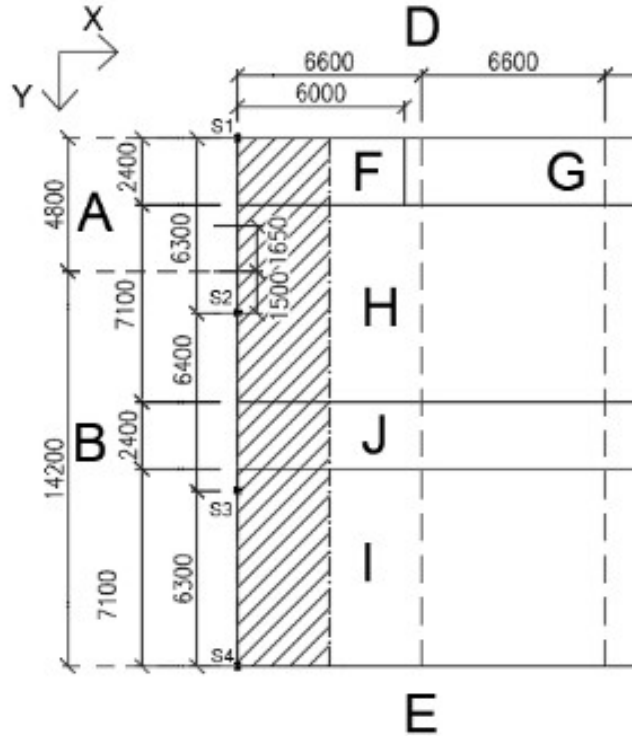
$$S1, S4: \quad w_D * z.š. = 0,54 * \left(\frac{6,3}{2} \right) = 1,58 \text{ kN/m}$$

Směr Y

$$S1, S4: \quad w_A * z.š. = -0,86 * \left(\frac{6,6}{2} \right) = -2,83 \text{ kN/m}$$

ZS6 - Příčný vítr – sání, ZS7 - Příčný vítr – tlak

Schéma zatěžovacích ploch od podélného větru



Střecha:

Oblast F – Sání

$$w_{F-} * z.š._F = -0,74 * 3,3 = -2,45 \text{ kN/m}$$

Oblast F – Tlak

$$w_{F+} * z.š._F = 0,11 * 3,30 = 0,38 \text{ kN/m}$$

Oblast H – Sání

$$w_{H-} * z.š._H = -0,25 * 3,30 = -0,83 \text{ kN/m}$$

Oblast H – Tlak

$$w_{H+} * z.š._H = 0,11 * 3,30 = 0,38 \text{ kN/m}$$

Oblast J – Sání

$$w_{J-} * z.š._J = -0,56 * 3,30 = -1,86 \text{ kN/m}$$

Oblast J – Tlak

$$w_{J+} * z.š._J = 0,03 * 3,30 = 0,09 \text{ kN/m}$$

Oblast I

$$w_I * z.š._I = -0,31 * 3,30 = -1,04 \text{ kN/m}$$

Sloupy:

Směr X

$$S1: \quad w_A * z.š._A = -0,86 * \frac{6,30}{2} = -2,70 \text{ kN/m}$$

$$S2: \quad w_A * z.š._A + w_B * z.š._B = -0,86 * 1,65 + (-0,57) * 4,85 = -4,10 \text{ kN/m}$$

$$S3: \quad w_B * z.š._B = -0,57 * \left(\frac{6,3}{2} + \frac{6,4}{2} \right) = -3,63 \text{ kN/m}$$

$$S4: \quad w_B * z.š._B = -0,57 * \frac{6,30}{2} = -1,80 \text{ kN/m}$$

Směr Y

$$S1: \quad w_D * z.š._D = 0,54 * 3,30 = 1,77 \text{ kN/m}$$

$$S4: \quad w_E * z.š._E = -0,29 * 3,30 = -0,94 \text{ kN/m}$$

5.1.2 Kombinace zatěžovacích stavů

Vnitřní síly spočteny softwarem Scia Engineer 19.1. pomocí nelineárních kombinací, které byly vytvořeny z lineárních kombinací přidáním celková imperfekce soustavy pomocí jednoduchého náklonu konstrukce. Hodnotu náklonu pro štítovou stěnu uvažují stejnou, jako u rámu, tedy 2,887 mm/m ve směru x a 2,887 mm/m ve směru y.

Nelineární kombinace

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC1	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé	1,35
		ZS3 - Užitné	1,05
		ZS4 - Sníh	1,50
NC2	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé	1,35
		ZS3 - Užitné	1,05
		ZS4 - Sníh	1,50
		ZS7 - Vítr příčný - tlak	0,90
NC3	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé	1,35
		ZS3 - Užitné	1,05
		ZS4 - Sníh	0,75
		ZS7 - Vítr příčný - tlak	1,50
NC4	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé	1,35
		ZS3 - Užitné	1,05
		ZS4 - Sníh	0,75
		ZS6 - Vítr příčný - sání	1,50
NC5	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,35
		ZS2 - Stálé	1,35
		ZS3 - Užitné	1,05
		ZS4 - Sníh	0,75
		ZS5 - Vítr podéčný	1,50
NC6	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé	1,00
		ZS7 - Vítr příčný - tlak	1,50
NC7	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
		ZS2 - Stálé	1,00
		ZS5 - Vítr podéčný	1,50

5.2 Návrh rohového sloupu štítové stěny

Vykreslení vnitřních sil pro rozhodující kombinaci NC3

1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**

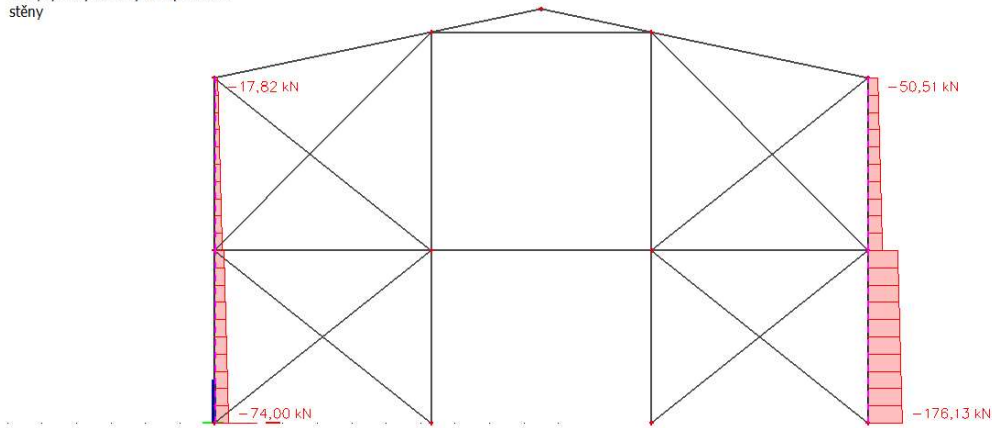
Nelineární výpočet

Nelineární kombinace: NC3

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Pravý rohový sloup štítové stěny1, Levý rohový sloup štítové stěny



1D vnitřní síly

Hodnoty: **V_z**

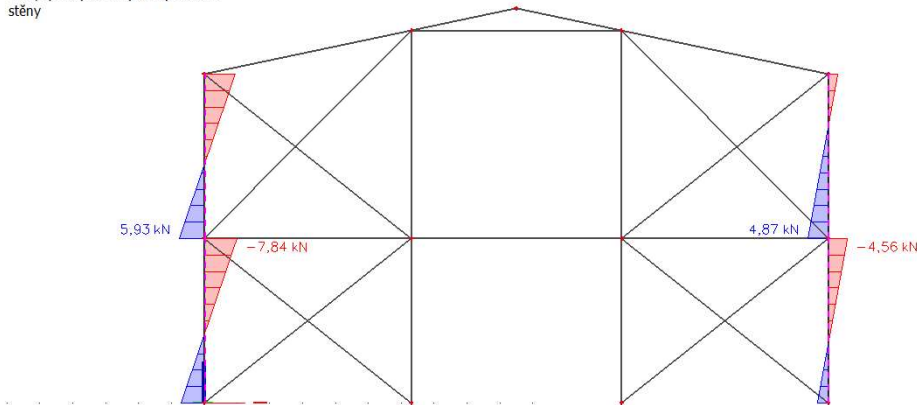
Nelineární výpočet

Nelineární kombinace: NC3

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Pravý rohový sloup štítové stěny1, Levý rohový sloup štítové stěny



1D vnitřní síly

Hodnoty: **V_y**

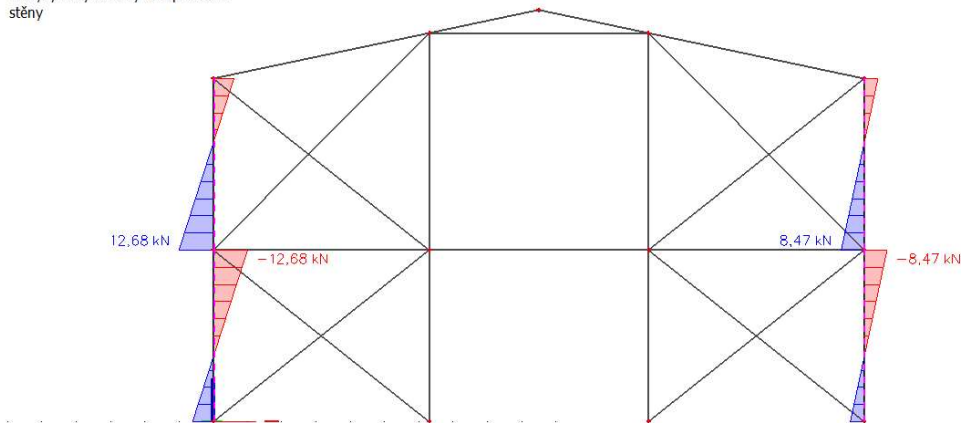
Nelineární výpočet

Nelineární kombinace: NC3

Souřadný systém: Hlavní

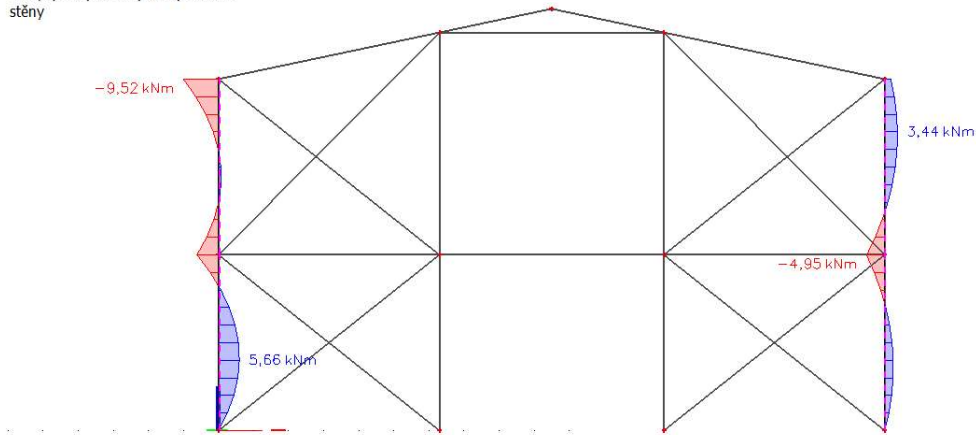
Extrém 1D: Dílec

Výběr: Pravý rohový sloup štítové stěny1, Levý rohový sloup štítové stěny



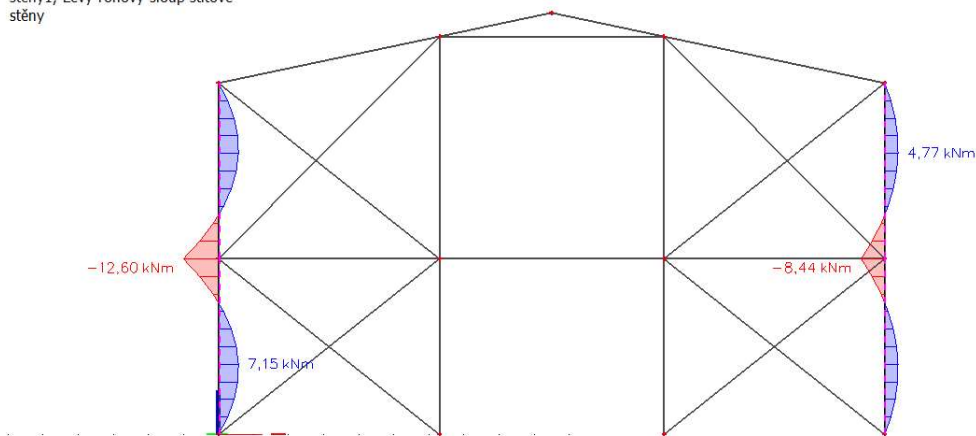
1D vnitřní síly

Hodnoty: M_y
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Pravý rohový sloup štítové stěny1, Levý rohový sloup štítové stěny



1D vnitřní síly

Hodnoty: M_z
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Pravý rohový sloup štítové stěny1, Levý rohový sloup štítové stěny



Vnitřní síly - sloup	Levý sloup					Pravý sloup					
	kombinace	N_{Ed} (kN)	$V_{y,Ed}$ (kN)	$V_{z,Ed}$ (kN)	$M_{y,Ed}$ (kNm)	$M_{z,Ed}$ (kNm)	N_{Ed} (kN)	$V_{y,Ed}$ (kN)	$V_{z,Ed}$ (kN)	$M_{y,Ed}$ (kNm)	$M_{z,Ed}$ (kNm)
NC1		-59,44	0,07	-2,77	-11,10	0,14	-62,00	0,07	2,77	11,05	0,14
NC2		-71,01	-7,61	-6,15	-15,59	-7,55	-133,65	5,11	4,63	7,83	-5,08
NC3		-74,00	-12,68	-7,84	-9,52	-12,60	-176,13	-8,47	4,87	-4,95	-8,44
NC4		-26,82	4,51	-8,97	8,49	4,61	-28,90	4,51	9,05	-9,01	4,61
NC5		21,65	7,46	12,97	12,07	7,56	20,34	7,46	-13,05	-12,15	7,56
NC6		-51,37	-12,68	-8,02	-6,93	-12,68	-152,50	8,43	-4,34	-3,85	-8,52
NC7		37,29	7,44	12,73	10,92	7,51	36,98	7,44	-12,80	-10,98	7,51

Profil	HEA 160		Průřezové charakteristiky					
Geometrie			Osa Y			Osa Z		
h=	152	mm	I _y =	1,67E+07	mm ⁴	I _z =	6,16E+06	mm ⁴
b=	160	mm	W _{y,pl} =	2,45E+05	mm ³	W _{z,pl} =	1,18E+05	mm ³
t _f =	9	mm	i _y =	65,7	mm	i _z =	39,8	mm
t _w =	6	mm	Kroucení a klopení					
c=	65	mm	I _w =	3,14E+10	mm ⁶			
d=	104	mm	I _t =	1,22E+05	mm ⁴			
A _{v,z} =	1321	mm ²						
A=	3877	mm ²						

Zatřídění sloupu namáhaného tlakem a ohybem

Poloha plastické neutrální osy x= 46,16 mm

Součinitel α α= 0,47

Stojina

d/t_w= 17,33 ≤ 62,74

→ **Třída 1**

Pásnice

c/t_f= 7,22 ≤ 7,32

→ **Třída 1**

Průřez

→ **Třída 1**

Délka prutu y-y L_y = 5000 mm

Délka prutu z-z L_z = 5000 mm

Vzpěrné délky – systémové vzpěrné délky

L_{cr,y} = L_y * 1 = 5000 * 1 = 5000 mm

L_{cr,z} = L_z * 1 = 5000 * 1 = 5000 mm

Štíhlosti k osám y, z

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{5000}{65,7} = 76,104$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5000}{39,8} = 125,628$$

Poměrné štíhlosti k osám y, z

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{76,104}{76,39} = 0,996$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{125,628}{76,39} = 1,644$$

Součinitel vzpěrnosti pro vybočení kolmo na směr y-y

$$\frac{h}{b} = \frac{152}{160} = 0,95 \leq 1,2 \rightarrow \text{křivka vzpěrné pevnosti b} \rightarrow \alpha = 0,34$$

$$\phi_y = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda_y^{-2} - 0,2) + \lambda_y^{-2})$$

$$\phi_y = 1,131$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{-2}}}$$

$$\chi_y = 0,599$$

Součinitel vzpěrnosti pro vybočení kolmo na směr z-z

$$\frac{h}{b} = \frac{152}{160} = 0,95 \leq 1,2 \rightarrow \text{křivka vzpěrné pevnosti c} \rightarrow \alpha = 0,49$$

$$\phi_z = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda_z^{-2} - 0,2) + \lambda_z^{-2})$$

$$\phi_z = 2,206$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{-2}}}$$

$$\chi_z = 0,272$$

Vliv klopení

Kritický moment spočten pomocí programu LTBeamN 1.0.3, viz Příloha F

$$M_{cr} = 145,53 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}}$$

$$\lambda_{LT}^- = 0,773$$

$$\frac{h}{b} = \frac{152}{160} = 0,95 \leq 2 \rightarrow \text{Křivka klopení a} \rightarrow \text{součinitel imperfekce při klopení } \alpha_{LT} = 0,21$$

$$\phi_{LT} = 0,5 * (1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT}^{-2} - 0,2) + \lambda_{LT}^{-2})$$

$$\phi_{LT} = 0,896$$

Součinitel klopení

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

$$\chi_{LT} = 0,741$$

Posudek interakce tlaku s ohybem – Metoda B

Charakteristická hodnota únosnosti rozhodujícího průřezu při působení osové síly

$$N_{Rk} = \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{Rk} = 1,38 * 10^6 \text{ N}$$

Charakteristická hodnota únosnosti rozhodujícího průřezu v ohybu ose y

$$M_{y,Rk} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{y,Rk} = 8,70 * 10^7 \text{ Nmm}$$

Charakteristická hodnota únosnosti rozhodujícího průřezu v ohybu k ose z

$$M_{z,Rk} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{z,Rk} = 4,19 * 10^7 \text{ Nmm}$$

Interakční součinitele

Součinitel konstantního momentu C_{my} pro průběh momentu M_y mezi body podepření ve směru z-z

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_p} = \frac{3,44}{-4,86} = -0,69$$

Poměr koncových momentů

$$\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{1,64}{-4,95} = -0,33$$

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

$$C_{my} = 0,1 * (1 - (-0,33)) - 0,8 * (-0,69) \geq 0,4$$

$$C_{my} = 0,68 \geq 0,4 \rightarrow C_{my} = 0,68$$

Součinitel konstantního momentu C_{mLT} pro průběh momentu M_y mezi body podepření ve směru y-y

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_p} = \frac{3,44}{-4,95} = -0,69$$

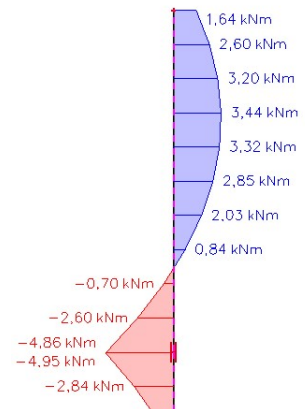
Poměr koncových momentů

$$\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{1,64}{-4,95} = -0,33$$

$$C_{mLT} = 0,1 * (1 - \psi) - 0,8 * \alpha_s \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,1 * (1 - (-0,33)) - 0,8 * (-0,69) \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,68 \geq 0,4 \rightarrow C_{mLT} = 0,68$$



Součinitel konstantního momentu C_{mz} pro průběh momentu Mz mezi body podepření ve směru y-y

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_p} = \frac{4,77}{-8,44} = -0,56$$

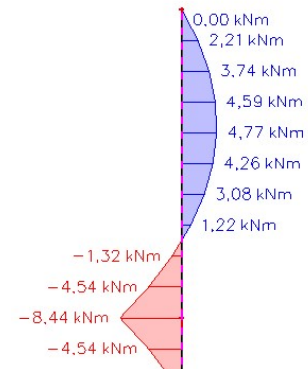
Poměr koncových momentů

$$\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{0}{-8,44} = 0$$

$$C_{mz} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,1 - 0,8 * (-0,56) \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,55 \geq 0,4 \rightarrow C_{mz} = 0,55$$



$$k_{yy} = C_{my} * \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,68 * \left(1 + (0,996 - 0,2) * \frac{176130}{\frac{0,599 * 1,38 * 10^6}{1}} \right) \leq 0,68 * \left(1 + 0,8 * \frac{176130}{\frac{0,599 * 1,38 * 10^6}{1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,806 \leq 0,807$$

$$k_{yy} = 0,806$$

k_{zy} pro $\lambda_z^- = 1,644 \geq 0,4$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 * \lambda_z^-}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \geq 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 * 1,644}{0,68 - 0,25} * \frac{176130}{\frac{0,272 * 1,38 * 10^6}{1}} \geq 1 - \frac{0,1}{0,68 - 0,25} * \frac{176130}{\frac{0,272 * 1,38 * 10^6}{1}}$$

$$k_{zy} = 0,824 \geq 0,892$$

$$k_{zy} = 0,892$$

$$k_{zz} = C_{mz} * \left(1 + (2 * \lambda_z^- - 0,6) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{mz} * \left(1 + 1,14 * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,55 * \left(1 + (2 * 1,644 - 0,6) * \frac{176170}{\frac{0,278 * 1,38 * 10^6}{1}} \right) \leq 0,55 * \left(1 + 1,14 * \frac{176170}{\frac{0,278 * 1,38 * 10^6}{1}} \right)$$

$$k_{zz} = 1,251 \leq 0,916$$

$$k_{zz} = 0,916$$

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

$$k_{yz} = 0,6 * 0,916$$

$$k_{yz} = 0,550$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

0,388 ≤ 1,0 → VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

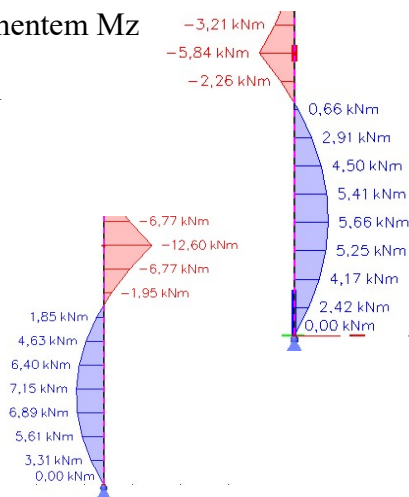
0,726 ≤ 1,0 → VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

0,389 ≤ 1,0 → VYHOVUJE

Posouzení levého sloupu při kombinaci NC3 s maximálním momentem Mz

Kritický moment	$M_{cr} = 9,57E+07$ Nmm		
Poměrná štíhlost	$\bar{\lambda} = 0,953$		
	$\Phi_{LT} = 1,082$		
Součinitel klopení	$\chi_{LT} = 0,627$		
Součinitele konstantního momentu	$C_{mz} = 0,55$		
	$C_{my} = 0,86$		
	$C_{mLT} = 0,86$		
Interakční součinitele	$k_{yy} = 0,935$		
	$k_{zy} = 0,958$		
	$k_{zz} = 0,747$		
	$k_{yz} = 0,448$		
Posudky	0,439 ≤ 1,0	VYHOVUJE	
	0,674 ≤ 1,0	VYHOVUJE	
	0,497 ≤ 1,0	VYHOVUJE	



Posouzení smykové únosnosti

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M1}}$$

$$V_{pl,Rd} = 270,75 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 8,47 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,5 * V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$135,38 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 8,47 \text{ kN}$$

→ Jedná se o malý smyk, není třeba zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu

Mezní stav použitelnosti rohového sloupu

1D deformace

Hodnoty: u_x

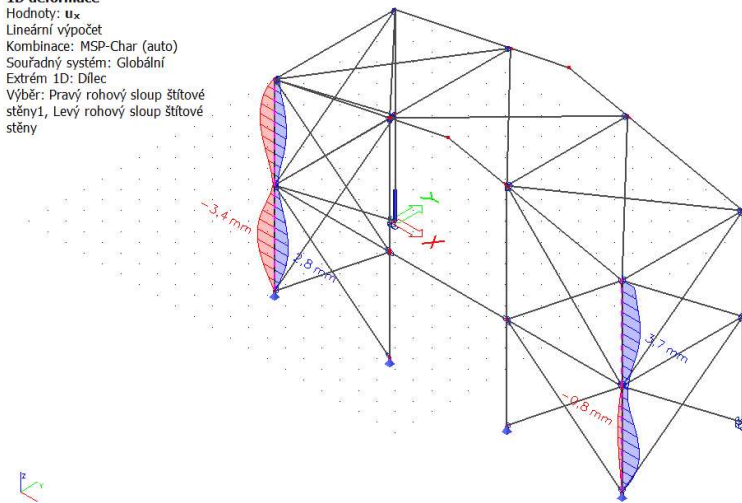
Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Char (auto)

Souřadný systém: Globální

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Pravý rohový sloup štítové stěny1, Levý rohový sloup štítové stěny



1D deformace

Hodnoty: u_y

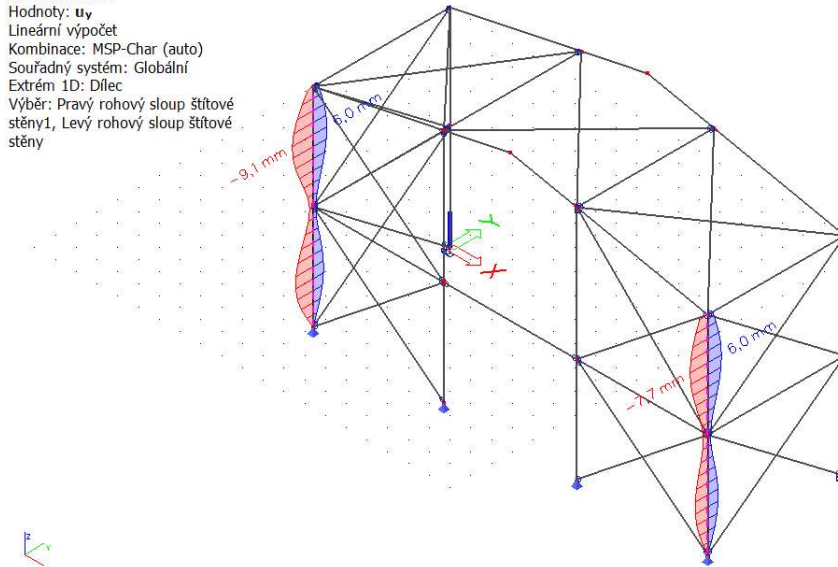
Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Char (auto)

Souřadný systém: Globální

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Pravý rohový sloup štítové stěny1, Levý rohový sloup štítové stěny



Maximální dovolená vodorovná deformace

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{5000}{250} = 20,0 \text{ mm}$$

Posouzení

$$u = 9,1 \text{ mm} \leq u_{lim} = 20,0 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

5.3 Návrh příčle rámu štítové stěny

Vykreslení vnitřních sil pro rozhodující kombinaci NC2

1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**

Nelineární výpočet

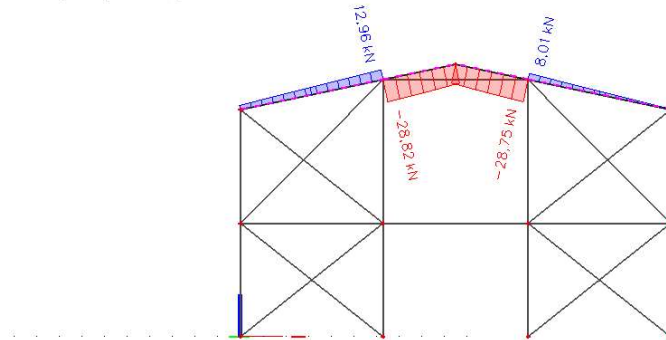
Nelineární kombinace: NC2

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Rámová příčle P, Rámová příčle

L



1D vnitřní síly

Hodnoty: **V_z**

Nelineární výpočet

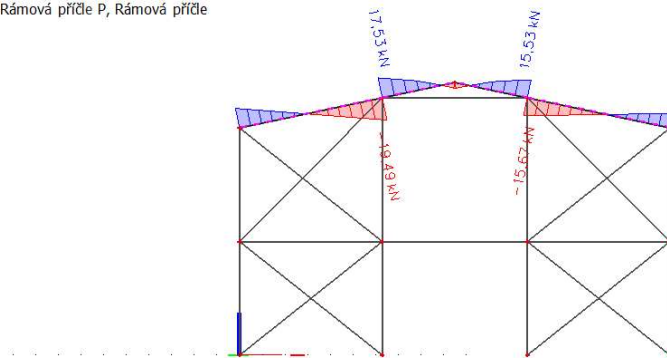
Nelineární kombinace: NC2

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Rámová příčle P, Rámová příčle

L



1D vnitřní síly

Hodnoty: **M_y**

Nelineární výpočet

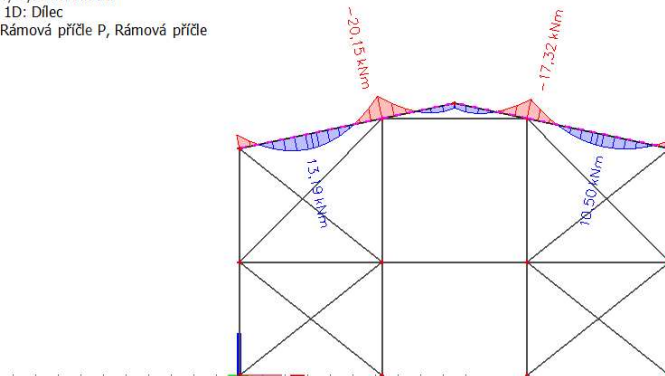
Nelineární kombinace: NC2

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Rámová příčle P, Rámová příčle

L



Vnitřní síly - příčle	Maximální hodnoty		
	kombinace	N _{cd} (kN)	V _{cd} (kN)
NC1	-34,70	-18,21	-17,54
NC2	-28,82	-19,49	-20,15
NC3	-17,40	14,32	-16,01
NC4	-31,01	-11,11	-10,45
NC5	-20,68	3,89	-2,93
NC6	12,52	6,92	-7,65
NC7	5,39	-8,13	8,49

Profil	HEA 160		Průřezové charakteristiky					
Geometrie			Osa Y			Osa Z		
h=	152	mm	I _y =	1,67E+07	mm ⁴	I _z =	6,16E+06	mm ⁴
b=	160	mm	W _{y,pl} =	2,45E+05	mm ³	W _{z,pl} =	1,18E+05	mm ³
t _f =	9	mm	i _y =	65,7	mm	i _z =	39,8	mm
t _w =	6	mm	Kroucení a klopení					
c=	65	mm	I _w =	3,14E+09	mm ⁶			
d=	104	mm	I _t =	122000	mm ⁴			
A _{v,z} =	1321	mm ²						
A=	3887	mm ²						

Zatřídění průřezu namáhaného tlakem a ohybem

Poloha plastické neutrální osy x= 6,83 mm

Součinitel α α= 0,28

Stojina

$$d/t_w = 17,33 \leq 120,36$$

→ **Třída 1**

Pásnice

$$c/t_f = 7,22 \leq 7,32$$

→ **Třída 1**

Průřez

→ **Třída 1**

Délka rámové příčle mezi sloupy štítové stěny L_y = 6,540 m

Pozice střešního ztužidla, které brání vybočení rámové příčle z roviny rámu L_z = 6,540 m

Vzpěrná délka – systémová vzpěrná délka

$$L_{cr,y} = L_y * 1 = 6540 * 1 = 6540 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = L_z * 1 = 6540 * 1 = 6540 \text{ mm}$$

Štíhlost k ose y, z

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{6540}{65,7} = 99,54$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{6540}{39,8} = 164,32$$

Poměrná štíhlost k ose y, z

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,39$$

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{99,54}{76,39} = 1,30$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{164,32}{76,39} = 2,15$$

Součinitel vzpěrnosti pro vybočení kolmo na směr y-y

$$\frac{h}{b} = \frac{152}{160} = 0,95 \leq 1,2 \rightarrow \text{křivka vzpěrné pevnosti b} \rightarrow \alpha = 0,34$$

$$\phi_y = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda_y^{-2} - 0,2) + \lambda_y^{-2})$$

$$\phi_y = 1,536$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{-2}}}$$

$$\chi_y = 0,425$$

Součinitel vzpěrnosti pro vybočení kolmo na směr z-z

$$\frac{h}{b} = \frac{152}{160} = 0,95 \leq 1,2 \rightarrow \text{křivka vzpěrné pevnosti c} \rightarrow \alpha = 0,49$$

$$\phi_z = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda_z^{-2} - 0,2) + \lambda_z^{-2})$$

$$\phi_z = 3,291$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{-2}}}$$

$$\chi_z = 0,173$$

Vliv klopení

Pružný kritický moment spočten pomocí programu LTBeamN 1.0.3, viz Příloha G

$$M_{cr} = 529,29 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}}$$

$$\lambda_{LT}^- = 0,405$$

$$\frac{h}{b} = \frac{152}{160} = 1,98 \leq 2 \text{ Křivka klopení a} \rightarrow \text{součinitel imperfekce při klopení } \alpha_{LT} = 0,21$$

$$\phi_{LT} = 0,5 * (1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT}^{-2} - 0,2)) + \lambda_{LT}^{-2}$$

$$\phi_{LT} = 0,604$$

Součinitel klopení

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

$$\chi_{LT} = 0,951$$

Posudek interakce tlaku s ohybem – Metoda B

Charakteristická hodnota únosnosti rozhodujícího průřezu při působení osově síly

$$N_{Rk} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{Rk} = 1,38 * 10^6 \text{ N}$$

Charakteristická hodnota únosnosti rozhodujícího průřezu v ohybu

$$M_{y,Rk} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{y,Rk} = 8,70 * 10^7 \text{ Nmm}$$

Interakční součinitele

Součinitel konstantního momentu C_{my} pro průběh momentu M_y mezi body podepření ve směru z-z

Poměr středového a koncového momentu

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_p} = \frac{7,50}{-23,87} = -0,27$$

Poměr koncových momentů

$$\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{-17,32}{-20,15} = 0,86$$

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

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 * (-0,27) \geq 0,4$$

$$C_{my} = 0,31 \geq 0,4 \rightarrow C_{my} = 0,4$$

Součinitel konstantního momentu C_{mLT} pro průběh momentu M_y mezi body podepření ve směru y-y

Poměr středového a koncového momentu

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_p} = \frac{7,50}{-23,87} = -0,27$$

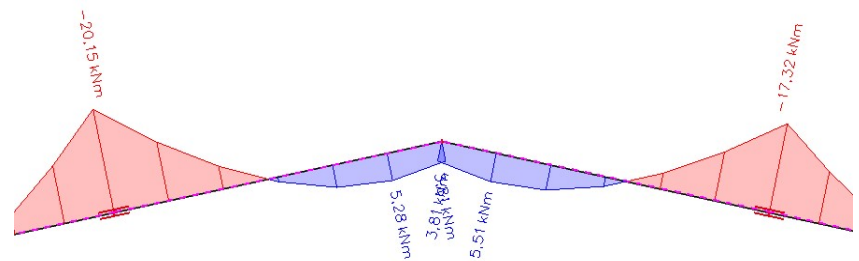
Poměr koncových momentů

$$\psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{-17,32}{-20,15} = 0,86$$

$$C_{mLT} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,1 - 0,8 * (-0,34) \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,35 \geq 0,4 \rightarrow C_{mLT} = 0,4$$



$$k_{yy} = C_{my} * \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,4 * \left(1 + (1,30 - 0,2) * \frac{28820}{\frac{0,425 * 1,38 * 10^6}{1}} \right) \leq 0,4 * \left(1 + 0,8 * \frac{28820}{\frac{0,425 * 1,38 * 10^6}{1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,422 \leq 0,416$$

$$k_{yy} = 0,416$$

k_{zy} pro $\lambda_z^- = 2,15 \geq 0,4$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 * \lambda_z^-}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \geq 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 * 2,15}{0,4 - 0,25} * \frac{28820}{\frac{0,173 * 1,38 * 10^6}{1}} \geq 1 - \frac{0,1}{0,4 - 0,25} * \frac{28820}{\frac{0,173 * 1,38 * 10^6}{1}}$$

$$k_{zy} = 0,827 \geq 0,920$$

$$k_{zy} = 0,920$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{28820}{0,425 * 1,38 * 10^6} + 0,416 * \frac{20,15 * 10^6 + 0}{0,951 * 8,70 * 10^7} \leq 1,0$$

0,150 ≤ 1 → VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{28820}{0,173 * 1,38 * 10^6} + 0,920 * \frac{20,15 * 10^6 + 0}{0,951 * 8,70 * 10^7} \leq 1,0$$

0,344 ≤ 1 → VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{y,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{28820}{1,38 * 10^6} + \frac{20,15 * 10^6}{8,70 * 10^7} \leq 1,0$$

$$0,021 + 0,234 \leq 1,0$$

0,252 ≤ 1,0 → VYHOVUJE

Posouzení smykové únosnosti

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M1}}$$

$$V_{pl,Rd} = 270,75 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 8,47 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,5 * V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

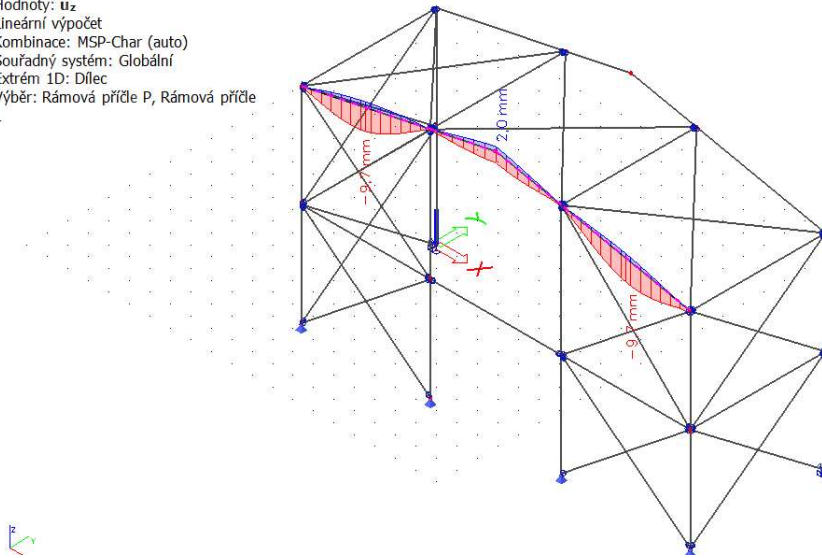
$$135,38 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 8,47 \text{ kN}$$

→ Jedná se o malý smyk, není třeba zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu

Mezní stav použitelnosti

1D deformace

Hodnoty: u_z
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Rámová příčle P, Rámová příčle L



Maximální dovolená svislá deformace

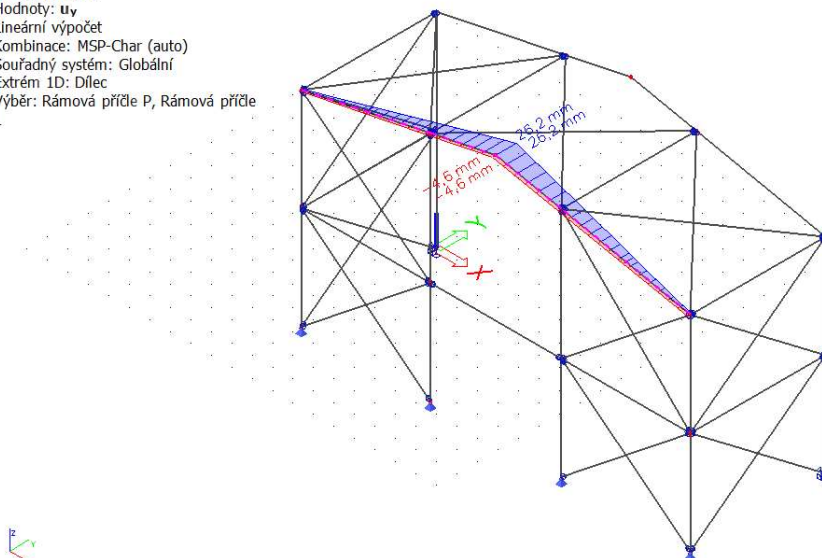
$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{6300}{250} = 25,2 \text{ mm}$$

Posouzení

$$v = 9,70 \text{ mm} \leq v_{lim} = 25,2 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

1D deformace

Hodnoty: u_y
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Rámová příčle P, Rámová příčle L



Maximální dovolená vodorovná deformace

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{19000}{250} = 76,0 \text{ mm}$$

Posouzení

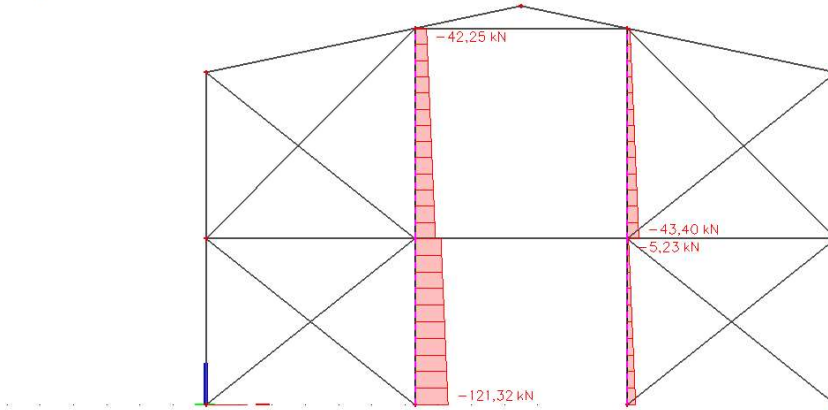
$$u = 26,2 \text{ mm} \leq u_{lim} = 76,0 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

5.4 Návrh vnitřních sloupů štítové stěny

Vnitřní síly pro rozhodující kombinaci NC3

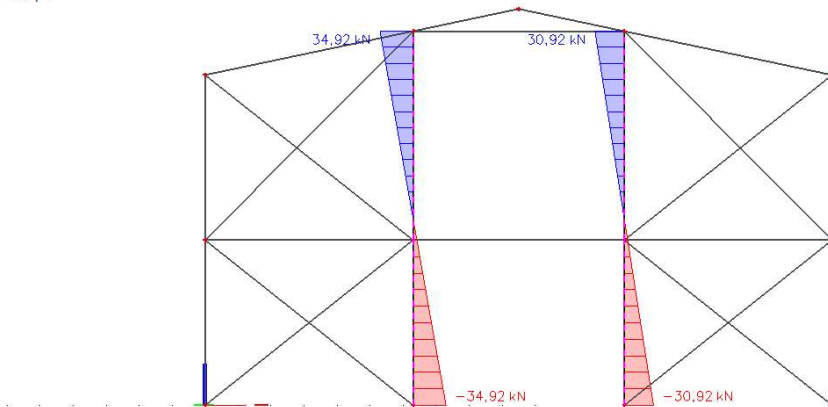
1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Sloup štít. stěny L, Sloup štít. stěny P



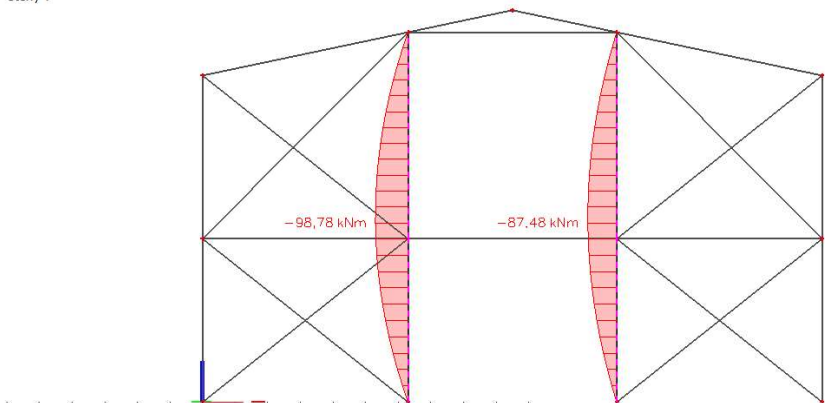
1D vnitřní síly

Hodnoty: **V_z**
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Sloup štít. stěny L, Sloup štít. stěny P



1D vnitřní síly

Hodnoty: **M_y**
 Nelineární výpočet
 Nelineární kombinace: NC3
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Sloup štít. stěny L, Sloup štít. stěny P



Vnitřní síly - sloup	Levý sloup			Pravý sloup		
	kombinace	N_{ed} (kN)	V_{ed} (kN)	M_{ed} (kNm)	N_{ed} (kN)	V_{ed} (kN)
NC1	-104,30	0,09	0,25	-102,33	0,09	0,25
NC2	-123,45	-20,98	-53,37	-68,37	-18,59	-52,59
NC3	-121,32	34,92	-98,78	-5,23	-30,92	-87,48
NC4	-92,95	16,28	46,05	-91,32	16,28	46,05
NC5	-70,24	27,07	76,57	-69,26	27,07	76,57
NC6	-89,27	34,89	-98,71	19,30	-30,90	-87,42
NC7	-38,08	27,04	76,51	-37,86	27,04	76,51

Profil	HEA 260		Průřezové charakteristiky					
	Geometrie		Osa Y			Osa Z		
h=	250	mm	$I_y=$	1,04E+08	mm ⁴	$I_z=$	3,67E+07	mm ⁴
b=	260	mm	$W_{y,el}=$	8,36E+05	mm ³	$W_{z,el}=$	2,82E+05	mm ³
$t_f=$	12,5	mm	$W_{y,pl}=$	9,20E+05	mm ³	$W_{z,pl}=$	4,30E+05	mm ³
$t_w=$	7,5	mm	$i_y=$	109,7	mm	$i_z=$	65,0	mm
c=	106	mm	Kroucení a klopení					
d=	177	mm	$I_w=$	5,16E+11	mm ⁶			
$A_{v,z}=$	2876	mm ²	$I_t=$	524000	mm ⁴			
A=	8882	mm ²						

Zatřídění sloupu namáhaného tlakem a ohybem

Poloha plastické neutrální osy $x=$ 26,94 mm

Součinitel $\alpha=$ 0,33

Stojina

$d/t_w=$ 23,6 \leq 99,46

→ **Třída 1**

Pásnice

$c/t_f=$ 8,48 \leq 11,39

→ **Třída 3**

Průřez

→ **Třída 3**

Délka prutu y-y $L_y =$ 11326 mm

Délka prutu z-z $L_z =$ 6326 mm

Vzpěrné délky – systémové vzpěrné délky

$L_{cr,y} = L_y * 1 = 11326 * 1 = 11326$ mm

$L_{cr,z} = L_z * 1 = 6326 * 1 = 6326$ mm

Štíhlosti k osám y, z

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{11326}{109,7} = 103,25$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{6326}{65,0} = 97,32$$

Poměrné štíhlosti k osám y, z

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{103,25}{76,39} = 1,35$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{97,32}{76,39} = 1,27$$

Součinitel vzpěrnosti pro vybočení kolmo na směr y-y

$$\frac{h}{b} = \frac{250}{260} = 0,96 \leq 1,2 \rightarrow \text{křivka vzpěrné pevnosti b} \rightarrow \alpha = 0,34$$

$$\phi_y = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda_y^{-2} - 0,2) + \lambda_y^{-2})$$

$$\phi_y = 1,609$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{-2}}}$$

$$\chi_y = 0,403$$

Součinitel vzpěrnosti pro vybočení kolmo na směr z-z

$$\frac{h}{b} = \frac{250}{260} = 0,96 \leq 1,2 \rightarrow \text{křivka vzpěrné pevnosti c} \rightarrow \alpha = 0,49$$

$$\phi_z = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda_z^{-2} - 0,2) + \lambda_z^{-2})$$

$$\phi_z = 1,574$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{-2}}}$$

$$\chi_z = 0,400$$

Vliv klopení

Bezrozměrný parametr kroucení

$$k_{\omega} = 1$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{G I_t}}$$

$$k_{wt} = 0,444$$

Bezrozměrný kritický moment

$$k_z = 1$$

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

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

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) * k_{wt}$$

$$C_1 = 1,13 + (1,13 - 1,13) * 0,444$$

$$C_1 = 1,13$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left(\sqrt{1 + k_{wt}^2} \right)$$

$$\mu_{cr} = 1,236$$

Pružný kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z G I_t}}{L}$$

$$M_{cr} = 1,236 \frac{\pi \sqrt{210\,000 * 3,67 * 10^7 * 80\,770 * 524\,000}}{11326}$$

$$M_{cr} = 1,96 * 10^8 \text{ Nmm}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_y}{M_{cr}}}$$

$$\lambda_{LT}^- = 1,231$$

$$\frac{h}{b} = \frac{250}{260} = 0,96 \leq 2 \text{ Křivka klopení a } \rightarrow \text{ součinitel imperfekce při klopení } \alpha_{LT} = 0,21$$

$$\phi_{LT} = 0,5 * (1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT}^{-2} - 0,2)) + \lambda_{LT}^{-2}$$

$$\phi_{LT} = 1,366$$

Součinitel klopení

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

$$\chi_{LT} = 0,511$$

Posudek interakce tlaku s ohybem – Metoda B

Charakteristická hodnota únosnosti rozhodujícího průřezu při působení osové síly

$$N_{Rk} = \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{Rk} = 3,15 * 10^6 \text{ N}$$

Charakteristická hodnota únosnosti rozhodujícího průřezu v ohybu

$$M_{y,Rk} = \frac{W_{el,y} * f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{y,Rk} = 2,97 * 10^8 \text{ Nmm}$$

Interakční součinitele

Součinitel konstantního momentu C_{my} pro průběh momentu M_y mezi body podepření ve směru z-z

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{-98,78} = 0$$

Poměr koncových momentů

$$\psi = 0$$

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

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

Součinitel konstantního momentu C_{mLT} pro průběh momentu M_y mezi body podepření ve směru z-z

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{-97,52}{-98,78} = 0,987$$

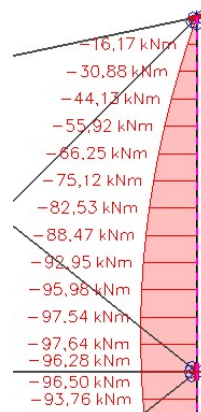
Poměr koncových momentů

$$\psi = 0$$

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

$$C_{mLT} = 0,95 - 0,05 * 0,987$$

$$C_{mLT} = 0,999$$



$$k_{yy} = C_{my} * \left(1 + (\lambda_y^- * 0,6) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right) \leq C_{my} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,95 * \left(1 + (1,35 * 0,6) * \frac{121320}{\frac{0,403 * 3,15 * 10^6}{1}} \right) \leq 0,95 * \left(1 + 0,6 * \frac{121320}{\frac{0,403 * 3,15 * 10^6}{1}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,023 \leq 1,004$$

$$k_{yy} = 1,004$$

$$k_{zy} \text{ pro } \lambda_z^- = 1,27 \geq 0,4$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05 * \lambda_z^-}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \geq 1 - \frac{0,05}{C_{mLT} - 0,25} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,05 * 1,59}{0,999 - 0,25} * \frac{121320}{\frac{0,400 * 3,15 * 10^6}{1}} \geq 1 - \frac{0,05}{0,999 - 0,25} * \frac{121320}{\frac{0,400 * 3,15 * 10^6}{1}}$$

$$k_{zy} = 0,992 \geq 0,994$$

$$k_{zy} = 0,994$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{121320}{\frac{0,403 * 3,15 * 10^6}{1}} + 1,004 * \frac{98,78 * 10^6 + 0}{\frac{0,511 * 2,97 * 10^8}{1}} + 0 \leq 1,0$$

$$0,750 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{121320}{\frac{0,400 * 3,15 * 10^6}{1}} + 0,994 * \frac{98,78 * 10^6 + 0}{\frac{0,511 * 2,97 * 10^8}{1}} \leq 1,0$$

$$0,743 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{y,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{121320}{3,15 * 10^6} + \frac{98,78 * 10^6}{2,97 * 10^8} \leq 1,0$$

$$0,038 + 0,333 \leq 1,0$$

$$0,371 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení smykové únosnosti

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M1}}$$

$$V_{pl,Rd} = 589,46 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 34,92 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,5 * V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

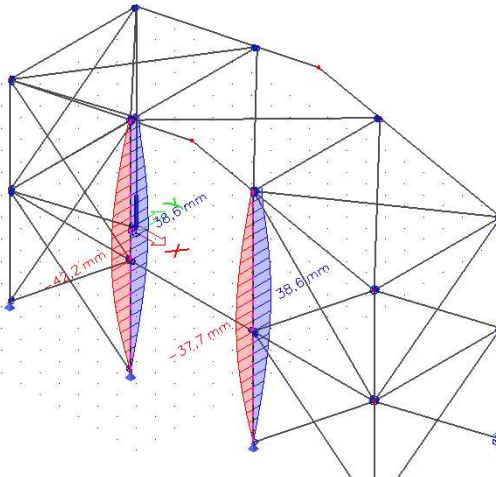
$$294,73 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 34,92 \text{ kN}$$

→ Jedná se o malý smyk, není třeba zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu

Mezní stav použitelnosti

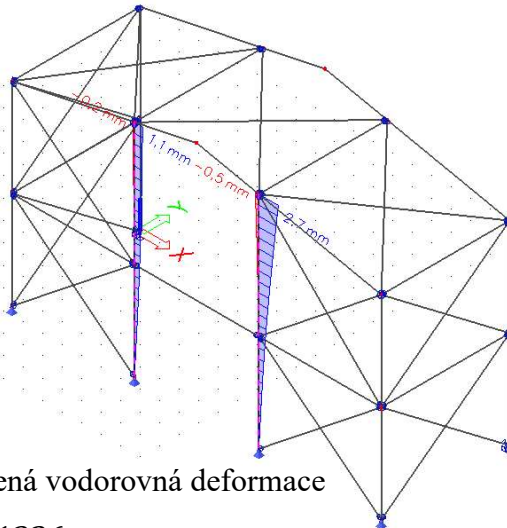
1D deformace

Hodnoty: u_y
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Sloup štít. stěny L, Sloup štít. stěny P



1D deformace

Hodnoty: u_x
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Sloup štít. stěny L, Sloup štít. stěny P



Maximální dovolená vodorovná deformace



$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{11326}{250} = 45,3 \text{ mm}$$

Posouzení

$$u = 42,2 \text{ mm} \leq u_{lim} = 45,3 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6. Návrh ztužení haly

6.1 Návrh střešního ztužidla

Obálka normálových sil z nelineárních kombinací

1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**

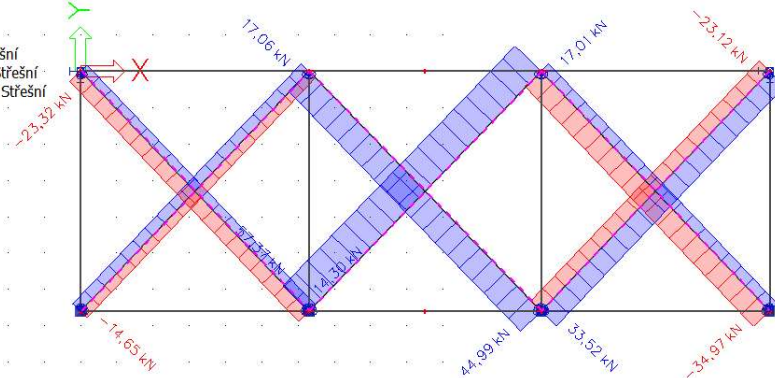
Nelineární výpočet

Třída: RC_NK3

Souřadný systém: Hlavní

Extrém: 1D: Dílec

Výběr: Střešní ztužidlo, Střešní ztužidlo, Střešní ztužidlo3, Střešní ztužidlo4, Střešní ztužidlo1, Střešní ztužidlo2



Vnitřní síly kombinace NC3 pro určení vzpěrné délky prutu

1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**

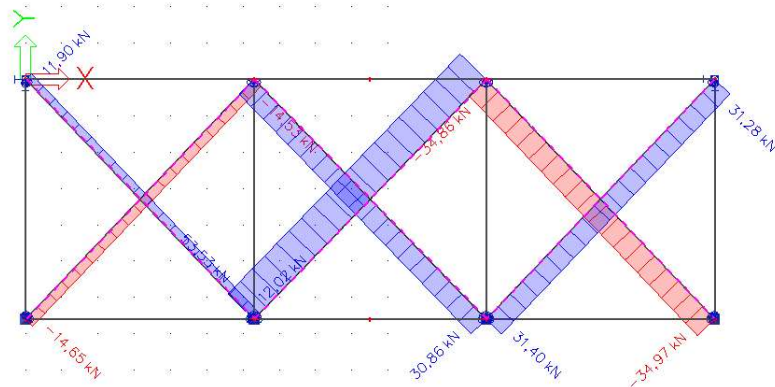
Nelineární výpočet

Nelineární kombinace: NC3

Souřadný systém: Hlavní

Extrém: 1D: Dílec

Výběr: Střešní ztužidlo, Střešní ztužidlo, Střešní ztužidlo3, Střešní ztužidlo4, Střešní ztužidlo1, Střešní ztužidlo2



Návrh ztužidel na maximální tlakovou a tahovou sílu

$$N_{Ed,tlak} = -34,97 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,tah} = 53,53 \text{ kN}$$

Profil TR 88,9x3,2 mm

Ocel S235

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$A = 862 \text{ mm}^2$$

$$i_y = i_z = 30,3 \text{ mm}$$

Vzpěrná délka

Tahová síla při rozhodující kombinaci NC3 $N_{Ed,tah,NC3} = 34,97 \text{ kN}$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L \sqrt{1 - 0,75 * \frac{N_{Ed,tah,NC3}}{N_{Ed,tlak}}} = 9220 * \sqrt{1 - 0,75 * \frac{31,28}{34,97}} = 5290 \text{ mm}$$

Štíhlost

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{5290}{30,3} = 174,57$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{174,57}{93,9} = 1,86$$

Křivka vzpěrnosti c \rightarrow součinitel imperfekce $\alpha = 0,49$

$$\phi = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda^{-2} - 0,2) + \lambda^{-2})$$

$$\phi = 0,5 * (1 + 0,49 (1,86^2 - 0,2) + 1,86^2)$$

$$\phi = 2,635$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^{-2}}}$$

$$\chi = \frac{1}{2,635 + \sqrt{2,635^2 - 1,86^2}}$$

$$\chi = 0,222$$

$$N_{b,Rd} = \chi \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = 0,222 * \frac{862 * 235}{1}$$

$$N_{b,Rd} = 45,00 \text{ kN} \geq N_{Ed,tlak} = 34,97 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost v tahu

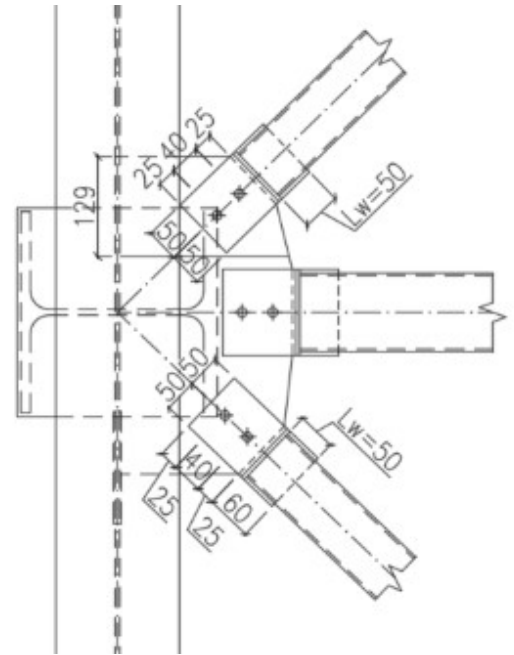
$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{862 * 235}{1}$$

$$N_{pl,Rd} = 202,57 \text{ kN} \geq N_{Ed,tah} = 44,99 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Návrh přípoje střešního ztužidla

Osová síla	$F_{Ed} =$	47,80	kN
Návrh šroubů	2x	M16 8.8	
Mez kluzu šroubu	$f_{y,b} =$	640	MPa
Mez pevnosti šroubu	$f_{u,b} =$	800	MPa
Průměr šroubu	$d =$	16	mm
Průměr otvoru	$d_0 =$	18	mm
Plocha jádra šroubu	$A_s =$	157	mm ²
Rozteče šroubů	$e_1 =$	25	mm
	$e_2 =$	50	mm
	$p_1 =$	40	mm
Tloušťka plechu	$t_p =$	10	mm
Mez pevnosti plechu	$f_u =$	360	MPa



Únosnost 1 šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * 800 * 157}{1,25}$$

$$F_{v,Rd} = 60,29 \text{ kN}$$

Únosnost 1 šroubu v otláčení

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

$$\alpha_b = \min\left(\frac{f_{ub}}{f_u}; \frac{e_1}{3d_0}; 1\right) = \min\left(\frac{800}{360}; \frac{25}{3 * 18}; 1\right) = \min(2,22; 0,46; 1)$$

$$\alpha_b = 0,46$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 * \frac{45}{18} - 1,7; 2,5\right) = \min(4,98; 2,5)$$

$$k_1 = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * 0,46 * 360 * 16 * 10}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 53,32 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 60,29 \text{ kN} \geq F_{b,Rd} = 53,33 \text{ kN} \rightarrow \text{rozhoduje otláčení}$$

Počet šroubů

$$n = \frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{44,99}{53,33} = 0,79 \rightarrow \text{Navrhují 2x šrouby M16, 8.8}$$

Návrh svaru

Účinný rozměr svaru	a=	3	mm
Délka svaru	L_w =	50	mm
Korekční součinitel	β_w =	0,8	mm

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed}}{4 * a * L_w} = \frac{44990}{4 * 3 * 50} = 74,98 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru

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

$$\sqrt{0^2 + 3(0^2 + 74,98^2)} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25}$$

129,87 MPa ≤ 360 MPa → VYHOVUJE

Svarový přípoj styčnickového plechu

Síly v prutech při rozhodující kombinaci NC3

$$F_{Ed,1} = 12,02 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed,1} = \sin \alpha * F_{Ed} = \sin 44,11 * 12,02 = 8,37 \text{ kN}$$

$$F_{h,Ed,1} = \cos \alpha * F_{Ed} = \cos 44,11 * 12,02 = 8,63 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,2} = 11,95 \text{ kN}$$

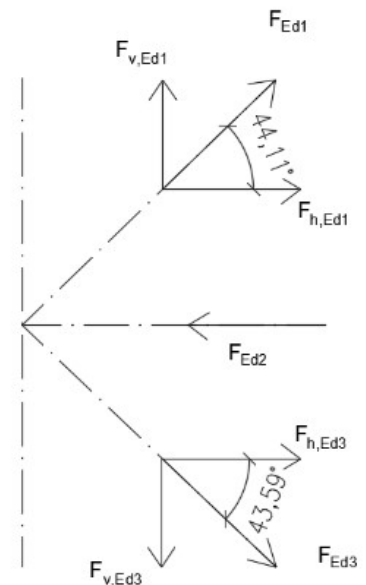
$$F_{Ed,3} = 53,53 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed,3} = \sin \alpha * F_{Ed} = \sin 43,59 * 53,53 = 36,91 \text{ kN}$$

$$F_{h,Ed,3} = \cos \alpha * F_{Ed} = \cos 43,59 * 53,53 = 38,77 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = F_{v,Ed,3} - F_{v,Ed,1} = 36,91 - 8,37 = 28,54 \text{ kN}$$

$$F_{h,Ed} = F_{h,Ed,3} - F_{Ed,h} + F_{h,Ed,1} = 38,77 - 11,95 + 8,63 = 39,15 \text{ kN}$$



Účinný rozměr svaru

$$a = 3 \text{ mm}$$

Délka svaru

$$l_w = 420 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{v,Ed}}{2 * a * L_w} = \frac{28540}{2 * 3 * 420} = 11,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{F_{v,Ed}}{2 * a * L_w} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{35240}{2 * 3 * 420} = 10,99 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{10,99^2 + 3(10,99^2 + 11,33^2)} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25}$$

29,45 MPa ≤ 360 MPa → VYHOVUJE

6.2 Návrh podélného stěnového ztužidla

Stěnové ztužidlo je navrženo pro přenos celého větru z kraje konstrukce.

1D vnitřní síly

Hodnoty: N

Nelineární výpočet

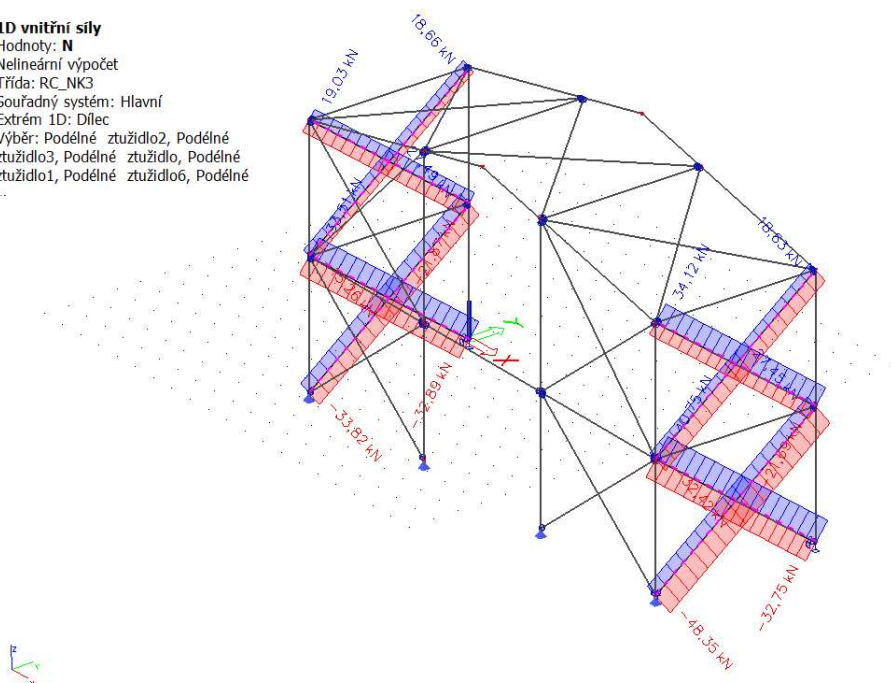
Třída: RC_NK3

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Podélné ztužidlo2, Podélné ztužidlo3, Podélné ztužidlo, Podélné ztužidlo1, Podélné ztužidlo6, Podélné

...



Maximální tah	$N_{Ed,tlak} =$	-48,55	kN
Maximální tlak	$N_{Ed,tah} =$	40,48	kN
Profil		TR 101,6x3,2	
Ocel S235	$f_y =$	235	MPa
Plocha průřezu	$A =$	989	mm ²
Poloměr setrvačnosti průřezu k ose y,z	$i_y = i_z =$	34,8	mm
Tahová síla pro rozhodující kombinaci NC3	$N_{Ed,tah,NC3} =$	38,77	kN
Vzpěrná délka	$L_{cr,y} = L_{cr,z} =$	5244	mm
Štíhlost	$\lambda =$	150,68	
Poměrná štíhlost	$\bar{\lambda} =$	1,6047	
Křivka vzpěrnosti c -> součinitel imperfekce	$\alpha =$	0,49	
	$\varphi =$	2,37	
Součinitel vzpěrnosti	$\chi =$	0,243	
Únosnost v tlaku	$N_{b,Rd} =$	56,51	kN
Únosnost v tahu	$N_{pl,Rd} =$	232,42	kN
Posouzení	$N_{b,Rd} \geq N_{Ed,tlak}$		VYHOVUJE
	$N_{pl,Rd} \geq N_{Ed,tah}$		VYHOVUJE

Návrh přípoje podélného stěnového ztužidla

Osová síla	$F_{Ed} =$	48,35	kN
Návrh šroubů	2x M16 8.6		
Mez kluzu šroubu	$f_{y,b} =$	640	MPa
Mez pevnosti šroubu	$f_{u,b} =$	800	MPa
Průměr šroubu	$d =$	16	mm
Průměr otvoru	$d_0 =$	18	mm
Plocha jádra šroubu	$A_s =$	157	mm ²
Rozteče šroubů	$e_1 =$	25	mm
	$e_2 =$	55	mm
	$p_1 =$	40	mm
Tloušťka plechu	$t_p =$	10	mm
Mez pevnosti plechu	$f_u =$	360	MPa
	$\alpha_b =$	0,46	
	$k_1 =$	2,5	
	$\alpha_v =$	0,6	
	$\gamma_{m2} =$	1,25	
Únosnost ve střihu	$F_{v,Rd} =$	120,576	kN
	$F_{v,Rd} \geq F_{Ed}$		VYHOVUJE
Únosnost v otláčení	$F_{b,Rd} =$	106,67	kN
	$F_{b,Rd} \geq F_{Ed}$		VYHOVUJE

Návrh svaru

Účinný rozměr svaru

Délka svaru

Korekční součinitel

$$\begin{aligned} a &= 3 \text{ mm} \\ L_w &= 50 \text{ mm} \\ \beta_w &= 0,8 \text{ mm} \\ \sigma_{\perp} = \tau_{\perp} &= 0 \text{ MPa} \\ \tau_{\parallel} &= 80,58 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

Posouzení svaru

$$139,57 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Svarový přípoj styčnickového plechu

$$F_{Ed} = 48,35 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sin \alpha * F_{Ed} = \sin 37,14 * 48,35 = 29,19 \text{ kN}$$

$$F_{h,Ed} = \cos \alpha * F_{Ed} = \cos 37,14 * 48,35 = 38,54 \text{ kN}$$

Pro přenos síly $F_{h,Ed}$ je uvažován zjednodušeně pouze svar L_{w1} , pro přenos $F_{v,Ed}$ svar délky L_{w2}

Účinný rozměr svaru

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

Délky svarů:

$$L_{w1} = 147 \text{ mm}, L_{w2} = 145 \text{ mm}$$

Svar L_{w1} :

$$\tau_{\parallel,1} = \frac{F_{h,Ed}}{2 * a * L_{w1}} = \frac{38540}{2 * 4 * 147} = 43,70 \text{ MPa}$$

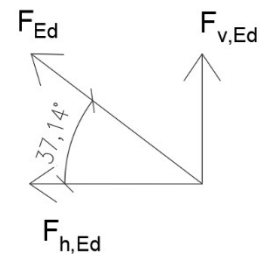
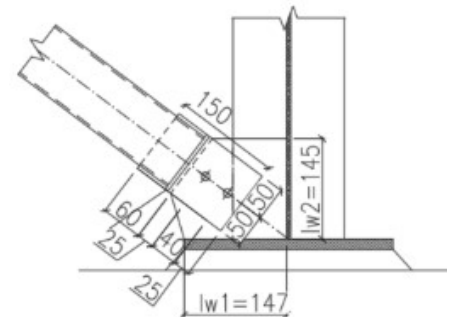
$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3(0^2 + 43,70^2)} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25}$$

$$75,69 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Svar L_{w2} :

$$\tau_{\parallel,2} = \frac{F_{V,Ed}}{2 * a * L_{w2}} = \frac{29190}{2 * 4 * 145} = 29,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru

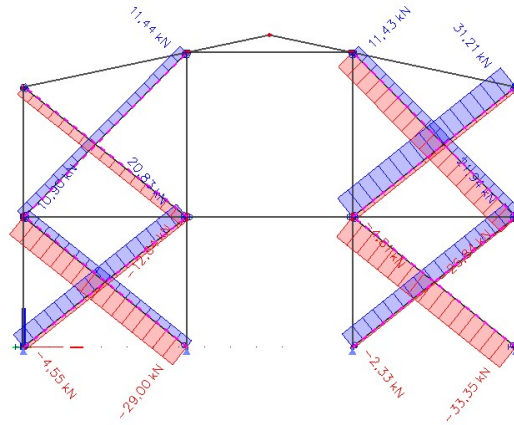
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3(0^2 + 29,67^2)} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25}$$

51,38 MPa ≤ 360 MPa → VYHOVUJE

6.3 Návrh ztužidla štítové stěny

Obálka vnitřních sil nelineárních kombinací



Maximální tah	$N_{Ed,tlak} =$	-33,35	kN
Maximální tlak	$N_{Ed,tah} =$	31,21	kN
Profil		TR 88,9x4	mm
Ocel S235	$f_y =$	235	MPa
Plocha průřezu	$A =$	1070	mm ²
Poloměr setrvačnosti průřezu k ose y,z	$i_y = i_z =$	30	mm
Tahová síla pro rozhodující kombinaci NC3	$N_{Ed,tah,NC3} =$	21,86	kN
Vzpěrná délka	$L_{cr,y} = L_{cr,z} =$	5802	mm
Štíhlost	$\lambda =$	193,39	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{\bar{}} =$	2,0595	
Křivka vzpěrnosti c -> součinitel imperfekce	$\alpha =$	0,49	
	$\varphi =$	3,61	
Součinitel vzpěrnosti	$\chi =$	0,152	
Únosnost v tlaku	$N_{b,Rd} =$	38,23	kN
Únosnost v tahu	$N_{pl,Rd} =$	251,45	kN
Posouzení	$N_{b,Rd} \geq N_{Ed,tlak}$	VYHOVUJE	
	$N_{pl,Rd} \geq N_{Ed,tah}$	VYHOVUJE	

Návrh přípoje ztužidla štítové stěny

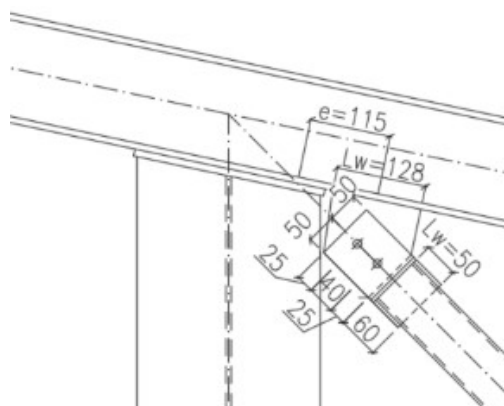
Osová síla	$F_{Ed} =$	33,35	kN
Návrh šroubů	2x	M16 8.6	
Mez kluzu šroubu	$f_{y,b} =$	640	MPa
Mez pevnosti šroubu	$f_{u,b} =$	800	MPa
Průměr šroubu	$d =$	16	mm
Průměr otvoru	$d_0 =$	18	mm
Plocha jádra šroubu	$A_s =$	157	mm ²
Rozteče šroubů	$e_1 =$	25	mm
	$e_2 =$	50	mm
	$p_1 =$	40	mm
Tloušťka plechu	$t_p =$	10	mm
Mez pevnosti plechu	$f_u =$	360	MPa
	$\alpha_b =$	0,46	
	$k_1 =$	2,5	
	$\alpha_v =$	0,6	
	$\gamma_{m2} =$	1,25	

Únosnost ve střihu	$F_{v,Rd} =$	120,576	kN
	$F_{v,Rd} \geq F_{Ed}$	VYHOVUJE	
Únosnost v otlacení	$F_{b,Rd} =$	106,67	kN
	$F_{b,Rd} \geq F_{Ed}$	VYHOVUJE	

Návrh svaru			
Účinný rozměr svaru	$a =$	3	mm
Délka svaru	$L_w =$	50	mm
Korekční součinitel	$\beta_w =$	0,8	mm
	$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} =$	0	MPa
	$\tau_{II} =$	55,58	MPa

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

Posouzení svaru	96,27 MPa	\leq	360 MPa
	VYHOVUJE		



Svarový přípoj styčnickového plechu v místě vrcholu sloupu

$$F_{Ed} = 33,35 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sin \alpha * F_{Ed} = \sin 33,22 * 33,35 = 18,27 \text{ kN}$$

$$F_{h,Ed} = \cos \alpha * F_{Ed} = \cos 33,22 * 33,35 = 27,90 \text{ kN}$$

Účinný rozměr svaru

$$a = 3 \text{ mm}$$

Délka svaru

$$l_w = 128 \text{ mm}$$

Vzdálenost mezi středem svaru a průsečíkem svaru s osou připojené diagonály

$$e = 115 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{h,Ed}}{2 * a * L_w} = \frac{27900}{2 * 3 * 128} = 36,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \left(\frac{F_{v,Ed} * e}{W_w} + \frac{F_{v,Ed}}{2 * a * L_w} \right)$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{18270 * 115}{2 * \frac{1}{6} * 3 * 128^2} + \frac{18270}{2 * 3 * 128}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 107,51 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru

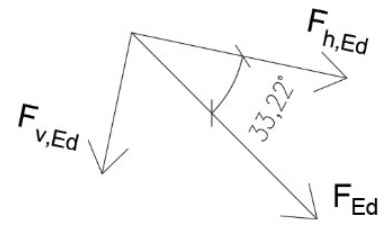
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{107,51^2 + 3(107,51^2 + 36,33^2)} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25}$$

224,28 MPa ≤ 360 MPa → VYHOVUJE

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25}$$

$$\sigma_{\perp} = 107,51 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

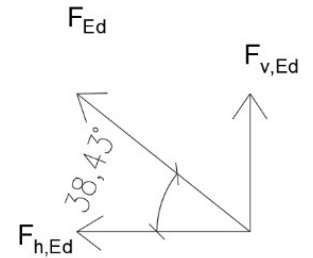


Svarový přípoj styčnickového plechu v místě patky rohového sloupu

$$F_{Ed} = 33,35 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sin \alpha * F_{Ed} = \sin 38,43 * 33,35 = 20,73 \text{ kN}$$

$$F_{h,Ed} = \cos \alpha * F_{Ed} = \cos 38,43 * 33,35 = 26,13 \text{ kN}$$



Pro přenos síly $F_{h,Ed}$ je uvažován zjednodušeně pouze svar L_{w1} , pro přenos $F_{v,Ed}$ svar L_{w2}

Účinný rozměr svaru

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

Délky svarů:

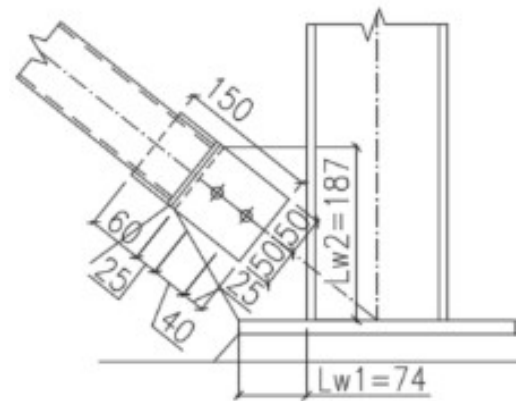
$$L_{w1} = 74 \text{ mm}$$

$$L_{w2} = 187 \text{ mm}$$

Svar L_{w1} :

$$\tau_{\parallel,1} = \frac{F_{h,Ed}}{2 * a * L_{w1}} = \frac{26130}{2 * 4 * 74} = 58,84 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$



Posouzení svaru

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3(0^2 + 58,84^2)} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25}$$

$$101,92 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Svar L_{w2} :

$$\tau_{\parallel,2} = \frac{F_{v,Ed}}{2 * a * L_{w2}} = \frac{20730}{2 * 3 * 187} = 18,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3(0^2 + 18,48^2)} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25}$$

$$32,00 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.4 Návrh trubek ve střešní rovině a štítové stěně

1D vnitřní síly

Hodnoty: **N**

Nelineární výpočet

Třída: RC_NK3

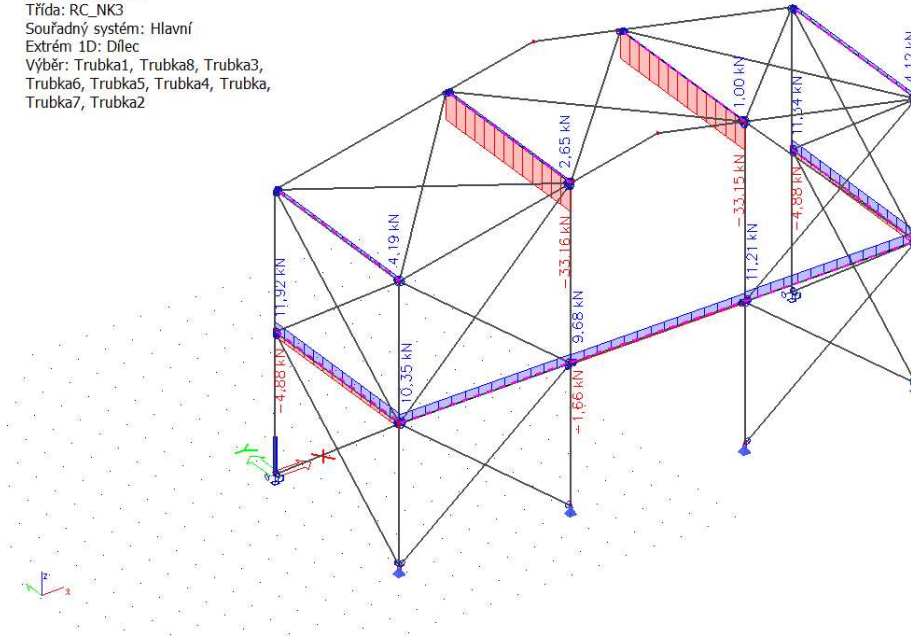
Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Trubka1, Trubka8, Trubka3,

Trubka6, Trubka5, Trubka4, Trubka,

Trubka7, Trubka2



Maximální tah	$N_{Ed,tlak} =$	-33,16	kN
Maximální tlak	$N_{Ed,tah} =$	11,92	kN
Profil		TR 101,6 x3,2	mm
Ocel S235	$f_y =$	235	MPa
Plocha průřezu	$A =$	989	mm ²
Poloměr setrvačnosti průřezu k ose y,z	$i_y = i_z =$	34,8	mm
Vzpěrná délka	$L_{cr,y} = L_{cr,z} =$	6600	mm
Štíhlost	$\lambda =$	189,66	
Poměrná štíhlost	$\bar{\lambda} =$	2,0198	
Křivka vzpěrnosti c, součinitel imperfekce	$\alpha =$	0,49	
	$\varphi =$	3,49	
Součinitel vzpěrnosti	$\chi =$	0,158	
Únosnost v tlaku	$N_{b,Rd} =$	36,68	kN
Únosnost v tahu	$N_{pl,Rd} =$	232,42	kN
Posouzení	$N_{b,Rd} \geq N_{Ed,tlak}$	VYHOVUJE	
	$N_{pl,Rd} \geq N_{Ed,tah}$	VYHOVUJE	

Návrh přípoje ztužidla štítové stěny

Osová síla	$F_{Ed} =$	33,16	kN
Návrh šroubů	2x	M16 8.8	
Mez kluzu šroubu	$f_{y,b} =$	640	MPa
Mez pevnosti šroubu	$f_{u,b} =$	800	MPa
Průměr šroubu	$d =$	16	mm
Průměr otvoru	$d_0 =$	18	mm
Plocha jádra šroubu	$A_s =$	157	mm ²
Rozteče šroubů	$e_1 =$	25	mm
	$e_2 =$	55	mm
	$p_1 =$	40	mm
Tloušťka plechu	$t_p =$	10	mm
Mez pevnosti plechu	$f_u =$	360	MPa
	$\alpha_b =$	0,46	
	$k_1 =$	2,5	
	$\alpha_v =$	0,6	
	$\gamma_{m2} =$	1,25	

Únosnost ve střihu	$F_{v,Rd} =$	120,576	kN
	$F_{v,Rd} \geq F_{Ed}$	VYHOVUJE	
Únosnost v otlacení	$F_{b,Rd} =$	106,67	kN
	$F_{b,Rd} \geq F_{Ed}$	VYHOVUJE	

Návrh svaru			
Účinný rozměr svaru	$a =$	3	mm
Délka svaru	$L_w =$	50	mm
Korekční součinitel	$\beta_w =$	0,8	mm
	$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} =$	0	MPa
	$\tau_{II} =$	55,27	MPa

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

Posouzení svaru	95,72 MPa	\leq	360 MPa
	VYHOVUJE		

Svarový přípoj styčnickového plechu

1D vnitřní síly

Hodnoty: N

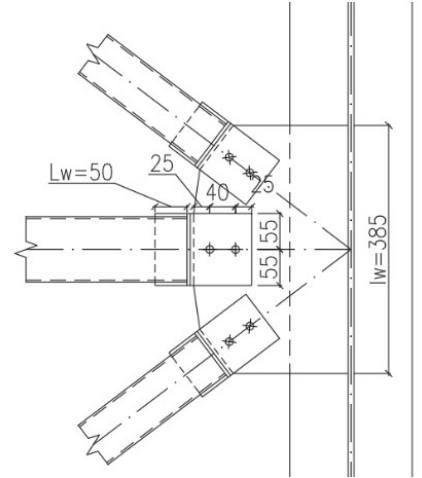
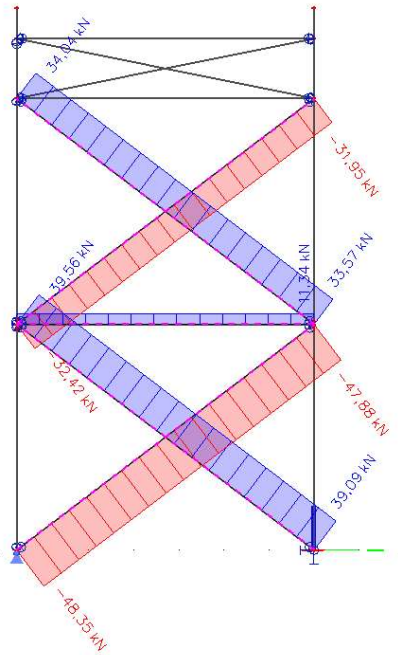
Nelineární výpočet

Nelineární kombinace: NC3

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Podélné ztužidlo2, Podélné ztužidlo3, Podélné ztužidlo, Podélné ztužidlo1, Trubka7



$$F_{Ed,1} = 33,57 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed,1} = \sin \alpha * F_{Ed} = \sin 37,14 * 33,57 = 20,72 \text{ kN}$$

$$F_{h,Ed,1} = \cos \alpha * F_{Ed} = \cos 37,14 * 33,57 = 26,76 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,2} = 11,34 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,3} = 47,88 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed,3} = \sin \alpha * F_{Ed} = \sin 37,14 * 47,88 = 28,91 \text{ kN}$$

$$F_{h,Ed,3} = \cos \alpha * F_{Ed} = \cos 37,14 * 47,88 = 38,17 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = F_{v,Ed,1} + F_{v,Ed,3} = 20,72 + 28,91 = 49,18 \text{ kN}$$

$$F_{h,Ed} = F_{h,Ed,3} - F_{Ed,h} - F_{h,Ed,1} = 38,17 - 11,34 - 26,76 = -0,07 \text{ kN}$$

Účinný rozměr svaru

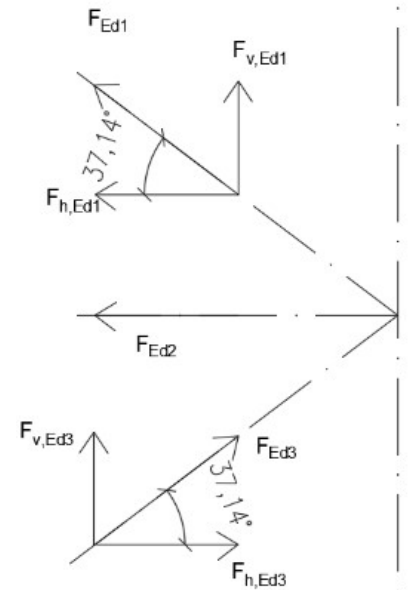
$$a = 3 \text{ mm}$$

Délka svaru

$$l_w = 385 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{v,Ed}}{2 * a * L_w} = \frac{49180}{2 * 3 * 385} = 21,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} \approx 0 \text{ MPa}$$



Posouzení svaru

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3(0^2 + 21,29^2)} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25}$$

36,87 MPa ≤ 360 MPa → VYHOVUJE

7. Návrh vetknuté patky

Reakce v patkách	LEVÝ SLOUP			PRAVÝ SLOUP		
	Kombinace	R _y (kN)	R _z (kN)	M _{ed} (kNm)	R _y (kN)	R _z (kN)
NC1	50,28	165,37	194,36	-50,28	165,63	-199,89
NC2	18,07	164,66	67,69	-70,93	159,99	-298,82
NC3	-20,28	126,60	-82,06	-67,83	118,57	-298,01
NC4	30,04	85,70	102,96	-51,72	100,94	-217,43
NC5	54,90	86,58	146,85	-54,90	-149,31	86,68
NC6	-43,54	62,63	-172,37	-44,57	54,49	-205,44
NC7	31,64	22,61	56,54	-31,64	22,60	-56,74

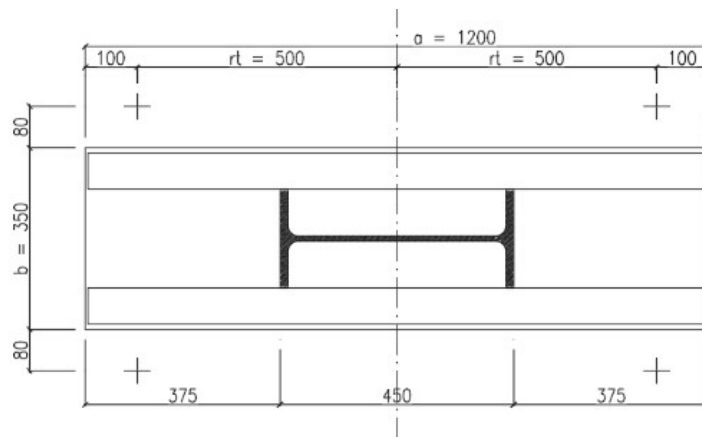
Beton C20/25

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ MPa}$$

$$\beta = \frac{2}{3}$$

Geometrie patky



$$a = 1200 \text{ mm}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$r_t = 500 \text{ mm}$$

Výška podlití 35 mm

Tloušťka patního plechu

$$t_p = 30 \text{ mm}$$

Rozměry betonové patky

Zjednodušený návrh rozměrů betonové patky, pro základové podmínky s únosností zeminy v úrovni základové spáry 350 kPa.

$$a_c = 3500 \text{ mm}$$

$$b_c = 1700 \text{ mm}$$

$$h_c = 900 \text{ mm}$$

Vlastní tíha betonové patky

$$G_o = a_c * b_c * h_c * \gamma_{bet.} = 3,5 * 1,7 * 0,9 * 25 = 133,88 \text{ kN}$$

$$G_{o,d} = G_o * 1,35 = 133,88 * 1,35 = 180,73 \text{ kN}$$

Únosnost zeminy

$$R_d = 350 \text{ kPa}$$

Excentricita zatížení

$$e = \frac{M_{Ed} + h_c * V_{Ed}}{N_{Ed} * G_o} = \frac{298,01 + 0,9 * 67,83}{118,57 * 133,88} = 1,42 \text{ m}$$

Efektivní plocha

$$A_{eff} = b_c * (a_c - 2 * e) = 1,7 * (3,5 - 2 * 1,42) = 1,11 \text{ m}^2$$

Ověření napětí v základové spáře

$$\sigma_z = \frac{N_{Ed} + G_{o,d}}{A_{eff}} \leq R_d$$

$$\sigma_z = \frac{118,57 + 180,73}{1,11} \leq R_d = 350 \text{ kPa}$$

$$\sigma_z = 305,82 \text{ kPa} \leq R_d = 350 \text{ kPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Započitatelné rozměry betonové patky

$$a_1 = \min(a_c; 3 * a; a + h_c) = \min(3500; 3 * 1200; 1200 + 900) = 2100 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(b_c; 3 * b; b + h_c) = \min(1700; 3 * 350; 350 + 900) = 1050 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{2100 * 1050}{1200 * 350}}$$

$$k_j = 2,291$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = f_{cd} * k_j * \beta$$

$$f_{jd} = 13,33 * 2,291 * \frac{2}{3} = 20,37 \text{ MPa}$$

Přesah desky

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_{jd} * \gamma_{M0}}}$$

$$c = 30 * \sqrt{\frac{355}{3 * 20,37 * 1}}$$

$$c = 72,31 \text{ mm}$$

Účinná šířka patního plechu

$$b_{eff} = 2 * b_{f,U180} + 2 * c$$

$$b_{eff} = 2 * 80 + 2 * 72,31$$

$$b_{eff} = 284,62 \text{ mm}$$

Výpočet sil do šroubů

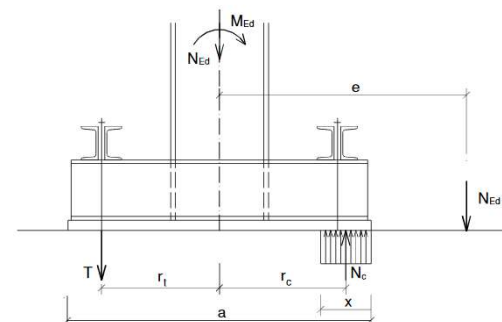
Moment zaveden excentricitou normálové síly

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

x – délka tlačené oblasti pod patním plechem, určí se z momentové podmínky rovnováhy k působišti šroubů:

$$N_c = b_{eff} * f_{jd} * x$$

$$N_{sd} * (e + r_1) = N_c * \left(r_t + \frac{a}{2} + \frac{x}{2} \right)$$



Kvadratická rovnice pro x:

$$b_{eff} * f_{jd} * x^2 - b_{eff} * f_{jd} * (a + 2 * r_t) * x + 2 * N_{sd} * (e + r_t) = 0$$

Síla do kotevních šroubů vyplývající z podmínky rovnováhy ve styčnicku:

$$T = N_c - N_{sd}$$

Výpočet sil do šroubů		NC1	NC2	NC3	NC4	NC5	NC6	NC7
M_{Ed}	kNm	199,89	298,82	298,01	217,43	86,68	205,44	56,74
N_{Ed}	kN	165,63	159,99	118,57	100,94	-149,31	54,49	22,60
e	mm	1206,85	1867,74	2513,37	2154,05	-580,54	3770,23	2510,62
x_1	mm	2154,73	1673,56	2142,46	2198,11	2198,11	2162,88	2189,28
$x_2=x$	mm	45,27	61,10	57,54	1,89	1,89	37,12	10,72
N_c	kN	262,40	354,22	333,54	10,94	10,94	215,16	62,16
T	kN	96,77	194,23	214,97	-90,00	160,25	160,67	39,56

Průřez patky

$$t_p = 30 \text{ mm}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$A = 10500 \text{ mm}^2$$

Výztuhy 2x UPN 180

$$A = 5600 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 2,70E+07 \text{ mm}^4$$

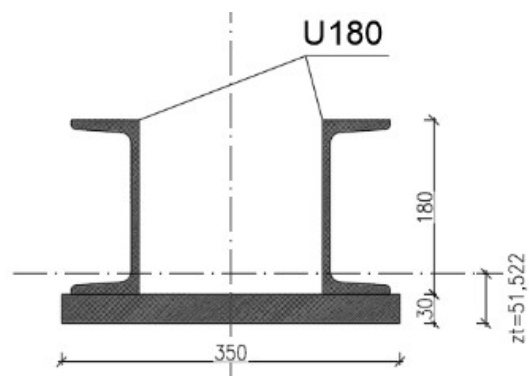
$$A_{vz} = 3020 \text{ mm}^2$$

Svařený průřez

$$A = 16100 \text{ mm}^2$$

$$z_t = 51,522 \text{ mm}$$

$$I_y = 6,81E+07 \text{ mm}^4$$



Průřez patky působí, jako konzola namáhaná silou ve šroubech nebo silou mezi betonem a ocelí.

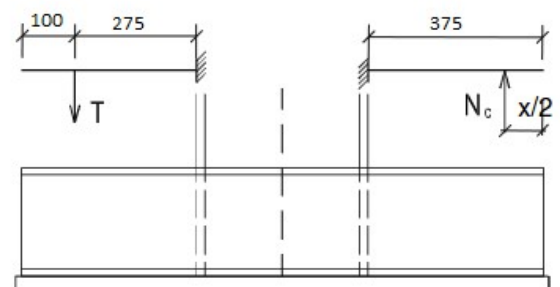
Tlačená (pravá) strana patky (rozhoduje NC2)

$$M_p = N_c * \left(0,375 - \frac{x}{2}\right)$$

$$M_p = 354,22 * \left(0,375 - \frac{0,06110}{2}\right)$$

$$M_p = 122,01 \text{ kN}$$

$$V_p = N_c = 354,22 \text{ kN}$$



Tažená (levá) strana patky (rozhoduje NC3)

$$M_l = T * (0,275)$$

$$M_l = 214,97 * (0,275)$$

$$M_l = 59,12 \text{ kN}$$

$$V_l = T = 214,97 \text{ kN}$$

Posouzení

$$W_{y,h} = \frac{M_p}{z_h} = \frac{122,01 * 10^6}{180 + 30 - 51,522}$$

$$W_{y,h} = 4,29 * 10^5 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{h,max} = \frac{M_p}{W_{y,h}} = \frac{122,01 * 10^6}{4,29 * 10^5}$$

$$\sigma_{h,max} = 284,13 \text{ MPa} \leq f_y = 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\tau_{max} \cong \frac{V_p}{A_{vz}} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3}}$$

$$\tau_{max} = \frac{354,22 * 10^3}{3020} \leq \frac{355}{\sqrt{3}}$$

$$\tau_{max} = 117,28 \text{ MPa} \leq 204,96 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\tau_{max} \geq 0,5 * 204,96$$

$$117,28 \text{ MPa} \geq 102,48 \text{ MPa}$$

→ Jedná se o velký smyk, je nutné zohlednit kombinaci tlaku a ohybu

Rozhoduje bod 2 na tlačené straně patky při kombinaci NC2

Normálové napětí v bodě 2

$$z_2 = 135,18 \text{ mm}$$

$$\sigma_2 = \frac{M_p}{I_y} * z_2 = \frac{122,01 * 10^6}{6,18 * 10^7} * 135,18$$

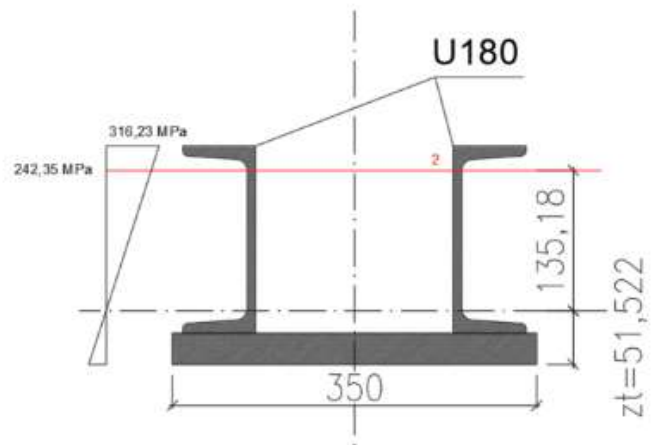
$$\sigma_2 = 242,35 \text{ MPa}$$

Posouzení M+V

$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3 * \tau^2} \leq 355 \text{ MPa}$$

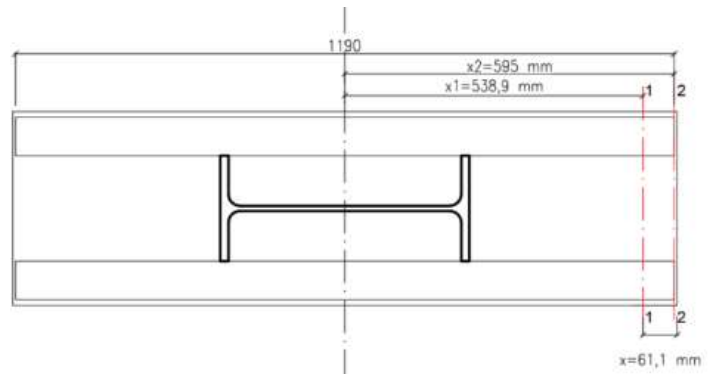
$$\sqrt{242,35^2 + 3 * 117,28^2} \leq 355 \text{ MPa}$$

$$316,23 \text{ MPa} \leq 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Připojení podélných výztuh k patnímu plechu

Posouzení je třeba provést v místě řezu 1-1, kde se projeví vliv síly V_p a na konci patky, kde je větší vliv momentu M_{Ed} .



Rozhodující kombinace NC2

$$M_{Ed} = 298,82 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 70,93 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 159,99 \text{ kN}$$

$$V_p = 354,22 \text{ kN}$$

Účinný rozměr svaru

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

$$A_{we} = 4 * a * l_w = 4 * 5 * 1190 = 23800 \text{ mm}^2$$

$$I_{we} = \frac{1}{12} * 4 * a * l_w^3 = \frac{1}{12} * 4 * 5 * 1190^3 = 2,81 * 10^9 \text{ mm}^4$$

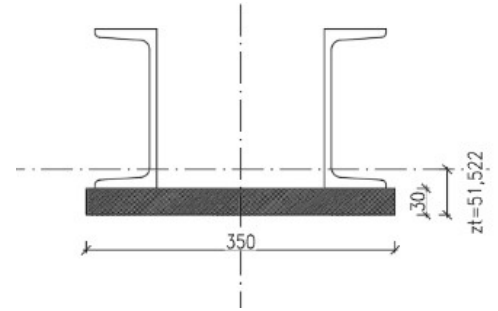
Statický moment k rovině svaru

$$S_{f,y} = 350 * 30 * (51,522 - 15) = 3,83 * 10^5 \text{ mm}^3$$

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

$$\beta_w = 0,9$$

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



Řez 1-1

$$x_1 = 600 - x = 600 - 61,10 = 538,90 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p * S_{f,y}}{I_y * 4 * a_{we}}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{70930}{23800} + \frac{354220 * 3,83 * 10^5}{2,81 * 10^9 * 4 * 5}$$

$$\tau_{\parallel} = 102,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_{we}} * x_1$$

$$\sigma_{we} = \frac{159990}{23800} + \frac{298,82 * 10^6}{2,81 * 10^9} * 538,90$$

$$\sigma_{we} = 64,06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{64,06}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 45,29 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{45,29^2 + 3(45,29^2 + 102,78^2)} \leq \frac{490}{0,9 * 1,25}$$

$$199,75 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Řez 2-2

$$x_2 = \frac{l_w}{2} = \frac{1190}{2} = 595 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p * S_{f,y}}{I_y * 4 * a_{we}}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{70930}{23800} + 0$$

$$\tau_{\parallel} = 2,98 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_{we}} * x_2$$

$$\sigma_{we} = \frac{159992}{23800} + \frac{298,82 * 10^6}{2,81 * 10^9} * 595$$

$$\sigma_{we} = 70,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{70,07}{\sqrt{2}} = 49,51 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

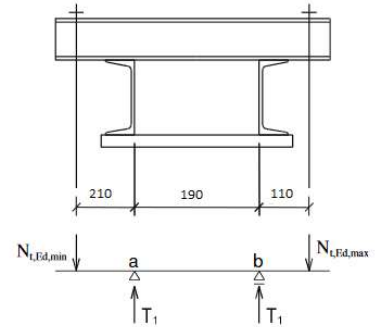
$$\sqrt{49,51^2 + 3(49,51^2 + 2,98^2)} \leq \frac{490}{0,9 * 1,25}$$

$$\mathbf{99,17 \text{ MPa} \leq 435,55 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

Návrh kotevních šroubů

Rozhodující kombinace NC3

Sílu do kotevního šroubu $N_{t,Ed,max}$ určíme z momentové podmínky k působišti síly $N_{t,Ed,min}$, při výpočtu je uvažováno s tolerancí v usazení šroubů ± 50 mm



$$T_1 = \frac{T_{max}}{2} = \frac{214,97}{2} = 107,48 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed,max} = \frac{T_1 * 210 + T_1 * 400}{510} = \frac{107,48 * 210 + 107,48 * 400}{510}$$

$$N_{t,Ed,max} = 128,56 \text{ kN}$$

Návrh kotevního šroubu M30

Průměr dříku $D = 32$ mm

Plocha v místě závitu $A_s = 561$ mm²

Únosnost v tahu kotevního šroubu v místě závitu

$$F_{t,Rd} = 0,85 * \frac{0,9 * A_s * f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{t,Rd} = 0,85 * \frac{0,9 * 561 * 490}{1,25}$$

$$F_{t,Rd} = 168,23 \text{ kN} \geq N_{t,Ed,max} = 128,56 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kotevní příčník

$$N_{t,Ed,min} = 2 * T_1 - N_{t,Ed,max}$$

$$N_{t,Ed,min} = 2 * 107,48 - 128,56$$

$$N_{t,Ed,min} = 86,40 \text{ kN}$$

Síly spočtené dle schématu pro zatížení kotevních šroubů

$$M_{a,d} = 18,15 \text{ kNm}$$

$$V_{a,d} = 86,41 \text{ kN}$$

$$M_{b,d} = 14,14 \text{ kNm}$$

$$V_{b,d} = 128,56 \text{ kN}$$

Profil	UPN100	
A_{vz}	490	mm^2
$W_{pl,y}$	32000	mm^3
t_w	6	mm

Třída (ohyb): 1

Posouzení kotevního příčnicku

$$M_{pl,Rd} = 2 * W_{pl,y} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd} = 2 * 32000 * \frac{355}{1}$$

$$M_{pl,Rd} = 22,72 \text{ kN} \geq M_{Ed} = 18,15 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{pl,Rd} = 2 * A_{vz} * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$V_{pl,Rd} = 2 * 490 * \frac{355}{\sqrt{3} * 1}$$

$$V_{pl,Rd} = 200,86 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 128,56 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,5 * V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$0,5 * 200,86 \geq V_{Ed} = 123,78 \text{ kN}$$

$$100,42 \text{ kN} \leq V_{Ed} = 128,56 \text{ kN}$$

→ Jedná se o velký smyk, je nutné zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu

Součinitel redukce

$$\rho = \left(\frac{2 * V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

$$\rho = \left(\frac{2 * 128560}{100420} - 1 \right)^2$$

$$\rho = 0,054$$

Průřez a:

$$M_{V,Rd} = 2 * \left(W_{pl,y} - \frac{\rho * A_{vz}^2}{4 * t_w} \right) * \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{V,Rd} = 2 * \left(32000 - \frac{0,054 * 490^2}{4 * 6} \right) * \frac{355}{1}$$

$$M_{V,Rd} = 22,34 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 18,15 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Průřez b:

$$M_{V,Rd} = 2 * \left(W_{pl,y} - \frac{\rho * A_{vz}^2}{4 * t_w} \right) * \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{V,Rd} = 2 * \left(32000 - \frac{0,054 * 490^2}{4 * 6} \right) * \frac{355}{1}$$

$$M_{V,Rd} = 22,34 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 14,14 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Přenos vodorovné posouvající síly

Rozhodující je kombinace s největší vodorovnou reakcí a nejmenší tlakovou silou → NC7

Vodorovná reakce $F_{y,Ed} = 31,64 \text{ kN}$

Součinitel tření $\mu = 0,2$

Tlaková síla $N_c = 62,16 \text{ kN}$

Smyková únosnost ve spáře mezi ocelí a betonem

$$V_{Ed}' = \mu * N_c$$

$$V_{Ed}' = 0,2 * 62,16$$

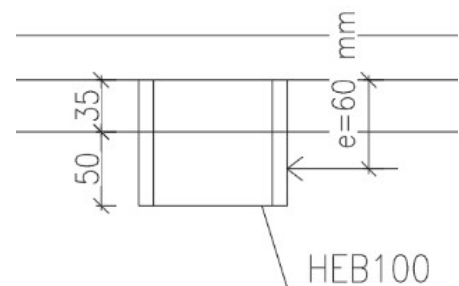
$$V_{Ed}' = 12,43 \text{ kN} < F_{y,Ed} = 31,64 \text{ kN} \rightarrow \text{nutné navrhnout smykovou zarážku}$$

Návrh smykové zarážky

Profil	HEB 100
b=	100 mm
A_{vz} =	904 mm ²
$W_{pl,y}$ =	104200 mm ³
Třída (ohyb):	1

Výška zarážky 85 mm

$$e = 35 + 25 = 60 \text{ mm}$$



Posouzení smykové zarážky

$$V_{Rd} = A_{vz} * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$V_{pl,Rd} = 904 * \frac{355}{\sqrt{3} * 1}$$

$$V_{pl,Rd} = 185,28 \text{ kN} \geq F_{y,Ed} = 31,64 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,5 * V_{pl,Rd} \geq F_{y,Ed}$$

$$0,5 * 185,28 \geq F_{y,Ed} = 31,64 \text{ kN}$$

$$92,64 \text{ kN} \leq F_{y,Ed} = 31,64 \text{ kN}$$

→ Jedná se o malý smyk, není nutné zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \geq F_{y,Ed} * e$$

$$M_{pl,Rd} = 104200 * \frac{355}{1} \geq 31640 * 60$$

$$M_{pl,Rd} = 36,99 \text{ kNm} \geq 1,90 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Svarový přípoj smykové zarážky

Moment setrvačnosti svarového obrazce

$$I_w = 4,08 * 10^7 \text{ mm}^4$$

Účinná šířka svaru

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

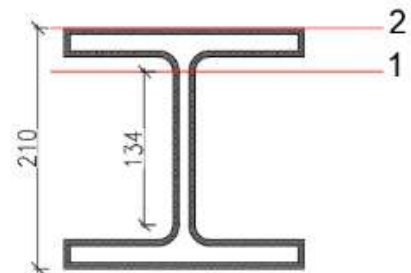
Posouzení v bodě 1:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{y,Ed}}{2 * a * l_w}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{31640}{2 * 5 * 56}$$

$$\tau_{\parallel} = 56,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{F_{y,Ed} * e}{\frac{I_w}{z_1}}$$



$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{31640 * 60}{\frac{4,08 * 10^7}{67}}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 2,21 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{2,21^2 + 3(2,21^2 + 56,50^2)} \leq \frac{490}{0,9 * 1,25}$$

$$97,96 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{\perp} = 2,21 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * 490}{1,25}$$

$$\sigma_{\perp} = 2,21 \text{ MPa} \leq 352,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení v bodě 2:

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{F_{y,Ed} * e}{\frac{I_w}{z_2}}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{31640 * 60}{\frac{4,08 * 10^7}{105}}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 3,46 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3,46^2 + 3(3,46^2 + 0^2)} \leq \frac{490}{0,9 * 1,25}$$

$$6,91 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{\perp} = 6,91 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * 490}{1,25}$$

$$\sigma_{\perp} = 6,91 \text{ MPa} \leq 352,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

8. Návrh kloubové patky rohového sloupu štítové stěny

Maximální tlak-kombinace NC3

$$R_{z,Ed} = 226,70 \text{ kN}$$

$$R_{y,Ed} = 42,85 \text{ kN}$$

$$R_{x,Ed} = -27,85 \text{ kN}$$

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,3 \text{ MPa}$$

$$\beta = \frac{2}{3}$$

Patní plech 300x300x15 mm

Rozměry betonové patky

Zjednodušený návrh rozměrů betonové patky, pro základové podmínky s únosností zeminy v úrovni základové spáry 350 kPa.

$$a_c = b_c = 1200 \text{ mm}, h_c = 900 \text{ mm}$$

Vlastní tíha betonové patky

$$G_o = a_c * a_c * h_c * \gamma_{bet.} = 1,2 * 1,2 * 0,9 * 25 = 32,40 \text{ kN}$$

$$G_{o,d} = G_o * 1,35 = 32,40 * 1,35 = 43,74 \text{ kN}$$

Únosnost zeminy

$$R_d = 350 \text{ kPa}$$

Excentricita zatížení

$$e_x = \frac{h_c * R_{x,Ed}}{N_{Ed} * G_o} = \frac{0,9 * 27,85}{226,70 * 32,40} = 0,096 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{h_c * R_{y,Ed}}{N_{Ed} * G_o} = \frac{0,9 * 42,85}{226,70 * 32,40} = 0,149 \text{ m}$$

Efektivní plocha

$$A_{eff} = (a_c - 2 * e_x) * (b_c - 2 * e_y) = (1,2 - 2 * 0,096) * (1,2 - 2 * 0,149) = 0,91 \text{ m}^2$$

Ověření napětí v základové spáře

$$\sigma_z = \frac{N_{Ed} + G_{o,d}}{A_{eff}} \leq R_d$$

$$\sigma_z = \frac{226,70 + 43,47}{0,91} \leq R_d = 350 \text{ kPa}$$

$$\sigma_z = 297,77 \text{ kPa} \leq R_d = 350 \text{ kPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Započitatelné rozměry betonové patky

$$a_1 = b_1 = \min(a_c; 3 * a; a + h_c) = \min(1200; 3 * 300; 300 + 900) = 900 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{900 * 900}{300 * 300}}$$

$$k_j = 3$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = f_{cd} * k_j * \beta$$

$$f_{jd} = 13,3 * 3 * \frac{2}{3}$$

$$f_{jd} = 26,67 \text{ MPa}$$

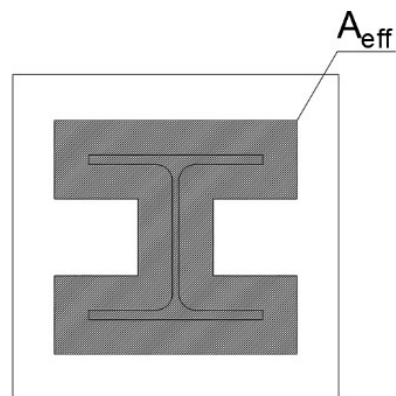
Účinná šířka patního plechu

$$c = t * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_{jd} \gamma_{M0}}}$$

$$c = 15 * \sqrt{\frac{355}{3 * 26,27 * 1}}$$

$$c = 31,6 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 37129 \text{ mm}^2$$



$$N_{Rd} = f_{jd} * A_{eff}$$

$$N_{Rd} = 26,67 * 37129$$

$$N_{Rd} = 990,11 \text{ kN} \geq N_{max} = 246,88 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

NC7 - Kombinace, ve které se vyskytuje tahová síla

$$R_{z,Ed} = -34,05 \text{ kN}$$

$$R_{y,Ed} = 26,30 \text{ kN}$$

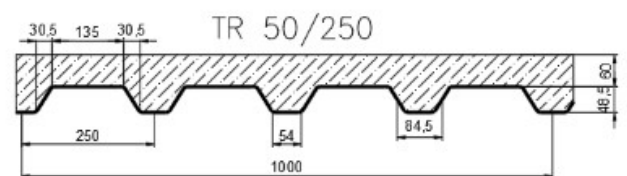
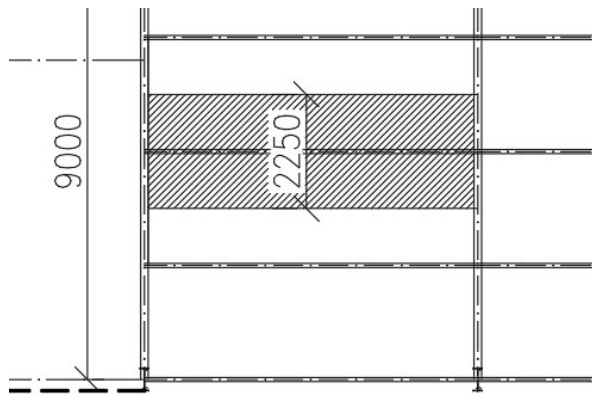
$$R_{x,Ed} = -10,09 \text{ kN}$$

Návrh kotvy

System	fischer injektážní systém FIS EM Plus
Injektážní malta	FIS EM Plus 390 S
Upevňovací element	Závitová tyč FIS A M 20 x 245 8.8, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 8.8
Upevňovací element	#Internal_threaded_anchor_RGMI , RG 28 x 200 M 20 I Ocel galvanicky zinkovaná
Upevňovací šroub	Šroub M 20, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 8.8
Kotevní hloubka	200 mm
Protokol o výpočtu viz Příloha H	

9. Návrh průvlastku a stropnice

9.1 Návrh stropnice



Návrh trapézového plechu

Zatížení montážní stav

Typ	Název	Objemová hm. (kg/m ³)	Tloušťka (m)	Ψ _i	Charakteristické zatížení (kN/m ²)	γ _r	Návrhové zatížení (kN/m ²)	
Stálé	Vlastní tíha trapézového plechu	---	0,001	---	0,10	1,35	0,14	
	Vlastní tíha čerstvého betonu	2600	0,077	---	2,00	1,35	2,70	
	CELKEM				g _k =	2,10	g _d =	2,83
Proměnné	Montážní zatížení	---	---	1	0,75	1,50	1,13	
	Montážní zatížení zvýšené	---	---	1	1,50	1,50	2,25	
CELKEM pro montážní zvětšené					(g+q) _k =	3,60	(g+q) _d =	5,08

$$h_{bet.} = 60 + \left(50 * \frac{54 + 30,5}{250} \right) = 77 \text{ mm}$$

Pro návrh trapézového plechu je uvažováno zvýšené montážní zatížení po celé délce nosníku, který je navržen jako spojitý nosník o 3 a více polích.

Návrh trapézového plechu TR 50/250, tl. 1,0 mm, poloha pozitivní. Tabulkové únosnosti trapézového plechu viz Příloha I.

Posouzení trapézového plechu

Návrhová únosnost pro spojitý nosník o 3 a více polích a rozpětí 2,25 m $q_{d1} = 6,49 \text{ kN/m}^2$

$$q_{d1} = 6,49 \text{ kN/m}^2 \geq (g + q)_d = 5,08 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Charakteristická hodnota zatížení pro deformaci L/200

$$q_k = 4,27 \text{ kN/m}^2 \geq (g + q)_k = 4,27 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Při průhybu vyšším, než je 1/10 tloušťky desky od stálého zatížení je nutné uvažovat rybníkový efekt, v tomto případě pro průhyb vyšší než 7,7 mm. Pro pole o rozpětí 2250 mm se to rovná deformaci $L/292 \approx L/300$. Z tabulky únosnosti trapézového plechu získáme charakteristickou hodnotu zatížení pro deformaci L/300 posoudíme ji s charakteristickou hodnotou stálého zatížení.

$$q_{k,300} = q_k * \frac{200}{300} = 4,27 * \frac{200}{300} = 2,85 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k,300} = 2,85 \text{ kN/m}^2 \geq g_k = 2,10 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{Nedochází k "rybníkovému efektu"}$$

Návrh stropnice

Stropnice je podepřená v době montáže

Zatížení na stropnici

Typ	Název	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Tloušťka (m)	ψ_i	Charakteristické zatížení (kN/m ²)	z.š. (m)	Charakteristické zat. (kN/m)	γ_f	Návrhové zatížení (kN/m)
Stálé	Vlastní tíha stropnice	---	---	---	---	2,25	0,19	1,35	0,25
	Vlastní tíha trapézového plechu	---	0,00	---	0,10	2,25	0,19	1,35	0,25
	Vlastní tíha betonové desky	2500,00	0,08	---	1,92	2,25	4,33	1,35	5,84
	Kročejová izolace	110,00	0,05	---	0,06	2,25	0,12	1,35	0,17
	Betonový mazanina	2300,00	0,060	---	1,38	2,25	3,11	1,35	4,19
	Náslapná vrstva - Laminátová podlaha	---	---	---	0,10	2,25	0,23	2,35	0,53
Celkem						$g_k =$	8,16	$g_d =$	11,23
Proměnné	Užitné zatížení - kategorie C1	---	---	---	3,00	2,25	6,75	1,50	10,13
	Přemístitelné příčky o vl. tíze $\leq 2\text{kN/m}$	---	---	---	0,80	2,25	1,80	1,50	2,70
	CELKEM						$q_k =$	8,55	$q_d =$
CELKEM						$(g+q)_k =$	16,71	$(g+q)_d =$	24,06

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} * (g + q)_d * L^2 = \frac{1}{8} * 24,06 * 6,6^2 = 131,01 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} * (g + q)_d * L = \frac{1}{2} * 24,08 * 6,6 = 79,47 \text{ kNm}$$

Beton C25/30

$$E_{cm} = 30500 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

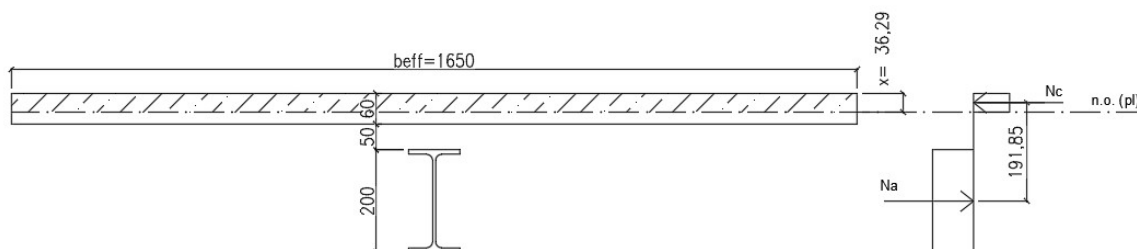
$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

$$\text{Ocel S355, } f_y = 355 \text{ MPa}$$

Profil	IPE 200		Průřezové charakteristiky		
Geometrie			Osa Y		
h=	200	mm	I _y =	1,94E+07	mm ⁴
b=	91	mm	W _{y,pl} =	2,20E+05	mm ³
t _f =	8	mm	Třída		1
t _w =	5,3	mm			
c=	36,5	mm			
d=	146	mm			
A _{v,z} =	1125	mm			
A=	2390	mm ²			

Výpočet plastické ohybové únosnosti ocelobetonového průřezu



Účinný šířka desky

$$b_{eff} = 2 * \frac{L}{8} = 2 * \frac{6600}{8} = 1650 \text{ mm} < 2250 \text{ mm}$$

$$N_a = N_c$$

$$A * f_y = 0,85 * x * b_{eff} * f_{cd}$$

$$x = \frac{A * f_y}{0,85 * b_{eff} * f_{cd}} = \frac{2390 * 355}{0,85 * 1650 * 16,67} = 36,29 \text{ mm}$$

Rameno sil

$$r = \frac{h}{2} + 50 + 60 - \frac{x}{2} = \frac{200}{2} + 50 + 60 - \frac{36,29}{2} = 191,85 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a * r = A * f_y * r = 2390 * 355 * 191,85 = 162,78 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = 162,85 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 131,01 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M1}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{1125 * 355}{\sqrt{3} * 1}$$

$$V_{pl,Rd} = 230,58 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 79,47 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,5 * V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$0,5 * 230,58 \geq V_{Ed} = 79,47 \text{ kN}$$

$$115,29 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 79,47 \text{ kN}$$

→ Jedná se o malý smyk, není třeba zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu

Návrh spřažení

Průměr trnu $d = 19 \text{ mm}$

Počet trnů v 1 vrstvě $n_t = 1$

Výška trnu $h_{sc} = 100 \text{ mm}$

Materiál: Ocel S235J2

Mez pevnosti $f_u = 360 \text{ MPa}$

Součinitel bezpečnosti přípoje

$$\gamma_v = 1,25$$

Korekční součinitel $\alpha = 1, \text{ pro } \frac{d}{h_{sc}} = \frac{19}{100} = 0,19 < 0,2 \rightarrow \alpha = 1$

Únosnost jednoho trnu

$$P_{Rd,1} = 0,8 * f_u * \frac{\pi * d^2}{\gamma_v}$$

$$P_{Rd,1} = 0,8 * 360 * \frac{\pi * 19^2}{1,25}$$

$$P_{Rd,1} = 65,33 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}} * \frac{1}{\gamma_v}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 * 1 * 19^2 * \sqrt{25 * 30500} * \frac{1}{1,25}$$

$$P_{Rd,2} = 73,13 \text{ kN}$$

Redukční součinitel k_t , pro trn v desce s žebry

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_t}} * \frac{b_0}{h_p} * \left(\frac{h}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{1}} * \frac{84,5}{50} * \left(\frac{100}{50} - 1 \right) = 1,18 \leq 0,85$$

$$k_t = 1,18 \leq 0,85 \rightarrow k_t = 0,85$$

Únosnost trnu v žebro

$$P_{Rd} = k_t * \min(P_{Rd,1}; P_{Rd,2}) = 0,85 * \min(65,33; 73,13) = 0,85 * 65,33$$

$$P_{Rd} = 55,53 \text{ kN}$$

Síla na sprážení na jedné polovině nosníku

$$F_{ct} = N_a = N_c = A * f_y = 2390 * 355 = 848,45 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů

$$n_f = \frac{F_{ct}}{P_{Rd}} = \frac{848,45}{55,53} = 15,28 \rightarrow n_f = 16 \text{ trnů}$$

Počet žeber trapézového plechu na polovině nosníku

$$\frac{3300}{250} = 13,2 \rightarrow 13 \text{ žeber} \rightarrow \text{Neúplné sprážení}$$

$$\eta = \frac{n_f}{13} = 0,81 > 1 - \frac{355}{f_y} * (0,75 - 0,03 * L) = 1 - \frac{355}{355} * (0,75 - 0,03 * 6600) \\ = 0,45$$

$$M_{pl,Rd} = \eta * (M_{pl,Rd} - M_{a,Rd}) + M_{a,Rd}$$

$$M_{pl,Rd} = 0,81 * (162,85 * 10^6 - 355 * 2,20 * 10^5) + 2,20 * 10^5$$

$$M_{pl,Rd} = 146,90 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 131,01 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Mezní stav použitelnosti

Pružné působení nosníku při charakteristickém provozním zatížení

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} * (g + q)_k * L^2 = \frac{1}{8} * 16,71 * 6,6^2 = 90,96 \text{ kNm}$$

Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování betonu

$$E_{cm}' = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30500}{2} = 15250$$

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E}{E_{cm}} = \frac{210000}{15250} = 13,77$$

Přepočet šířky betonu

$$\frac{b_{eff}}{n} = \frac{1650}{13,77} = 119,82 \text{ mm}$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A + \frac{b_{eff}}{n} * 60 = 2390 + 60 * 119,82 = 9579,29 \text{ mm}^2$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 87687890,38 \text{ mm}^4$$

Vzdálenost spodních a horních vláken

$$z_d = 228,92 \text{ mm}$$

$$z_h = 81,08 \text{ mm}$$

Maximální napětí v ocelovém profilu (spodní vlákna)

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} * z_d = \frac{90,96 * 10^6}{87687890,38} * 228,92$$

$$\sigma_{a,max} = 237,46 \text{ MPa} \leq f_y = 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Maximální napětí v betonu (horní vlákna)

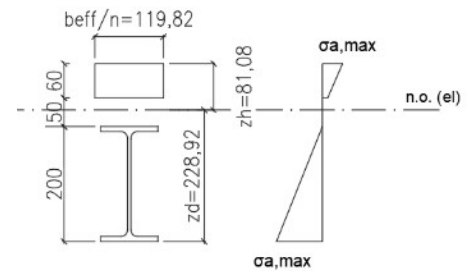
$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n * I_i} * z_h = \frac{90,96 * 10^6}{13,77 * 87687890,38} * 81,08$$

$$\sigma_{a,max} = 6,11 \text{ MPa} \leq 0,85 * f_{ck} = 0,85 * 25 = 21,25 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Průhyb

$$\delta = \frac{5}{384} * \frac{q_p * L^4}{E * I_i} = \frac{5}{384} * \frac{8,55 * 6600^4}{210000 * 87687890,38} \leq \frac{L}{250} = \frac{6600}{250}$$

$$\delta = 11,47 \text{ mm} \leq 26,4 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



9.2 Návrh průvlaku

Zatěžovací plocha $A = 44,55 \text{ m}^2$

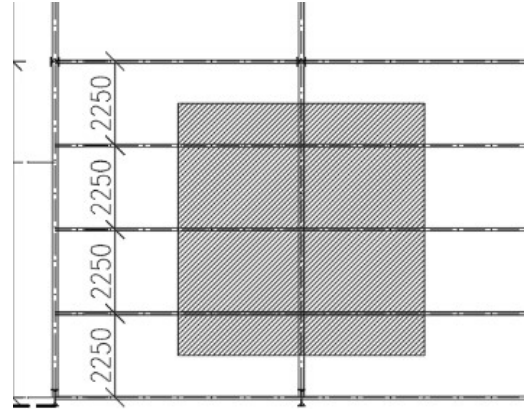
Referenční plocha $A_0 = 10 \text{ m}^2$

Kombinační součinitel $\Psi_0 = 0,7$

Redukční součinitel pro redukci užitého zatížení stejného původu

$$0,6 \leq \alpha_A = 0,72 \leq 1,0$$

$$\alpha_A = \frac{5}{7} * \Psi_0 + \frac{A_0}{A} = \frac{5}{7} * 0,7 + \frac{10}{44,55} = 0,72$$



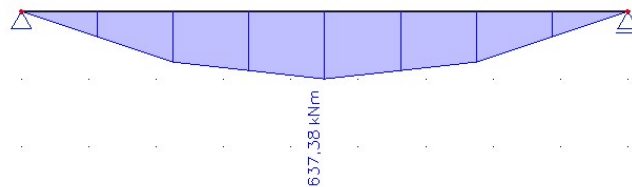
Výpočet zatížení od stropnic

$$F_{Ek} = 6,6 * (8,16 + (3 * 0,72 + 0,8) * 2,25) = 97,98 \text{ kN}$$

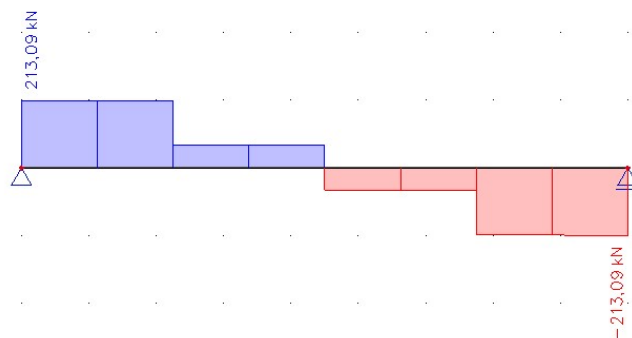
$$F_{Ed} = 6,6 * (11,23 + (3 * 0,72 + 0,8) * 2,25 * 1,5) = 140,38 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

M_{ed}

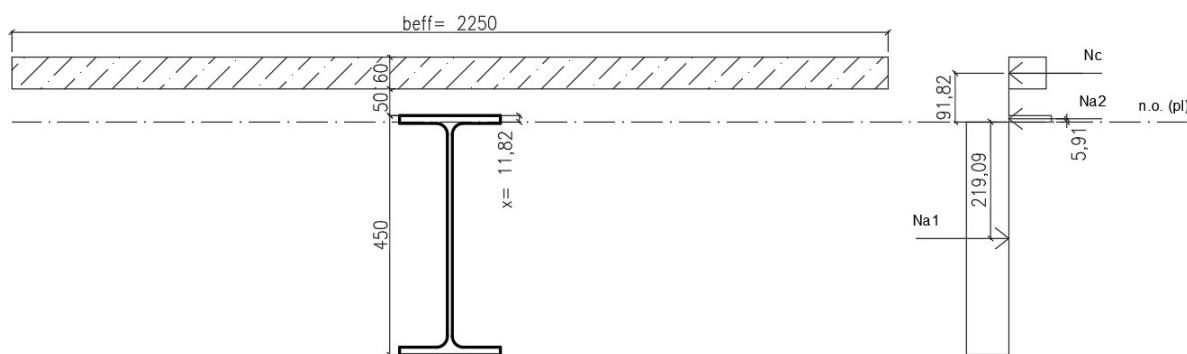


V_{ed}



Profil	IPE 450		Průřezové charakteristiky		
Geometrie			Osa Y		
h=	450	mm	I _y =	3,74E+08	mm ⁴
b=	190	mm	W _{y,pl} =	1,70E+06	mm ³
t _f =	14,6	mm	Třída		1
t _w =	9,4	mm			
c=	67	mm			
d=	298,6	mm			
A _{v,z} =	5085	mm			
A=	9882	mm ²			

Výpočet plastické ohybové únosnosti ocelobetonového průřezu



Účinný šířka desky

$$b_{eff} = 2 * \frac{L}{8} = 2 * \frac{9000}{8} = 2250 \text{ mm} < 3300 \text{ mm}$$

Neutrální osa leží v pásnic nosníku

$$N_{a1} = N_c + N_{a2}$$

$$(A - x * b) * f_y = 0,85 * 60 * b_{eff} * f_{cd} + x * b * f_y$$

$$x = 11,82 \text{ mm}$$

Rameno sil

$$N_{a1} = (A - x * b) * f_y = (9882 - 11,82 * 190) * 355 = 2710,31 \text{ kN}$$

$$N_{a2} = x * b * f_y = 11,82 * 190 * 355 = 797,81 \text{ kN}$$

$$N_c = 0,85 * 60 * b_{eff} * f_{cd} = 0,85 * 60 * 2250 * 16,67 = 1912,5 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = N_{a1} * r_1 + N_{a2} * r_2 + N_c * r_3$$

$$= 2710,31 * 0,2191 + 797,81 * 0,00591 + 1912,5 * 0,09182$$

$$M_{pl,Rd} = 758,10 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 637,38 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M1}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{5085 * 355}{\sqrt{3} * 1}$$

$$V_{pl,Rd} = 1042,22 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 213,09 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$0,5 * V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$0,5 * 1042,22 \geq V_{Ed} = 213,09 \text{ kN}$$

$$521,11 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 213,09 \text{ kN}$$

→ Jedná se o malý smyk, není třeba zohlednit vliv smykové síly na únosnost průřezu v tlaku a ohybu

Návrh spřažení

Průměr trnu $d = 19 \text{ mm}$

Počet trnů v 1 vrstvě $n_t = 1$

Výška trnu $h_{sc} = 100 \text{ mm}$

Materiál: Ocel S235J2

Mez pevnosti $f_u = 360 \text{ MPa}$

Součinitel bezpečnosti přípoje

$$\gamma_v = 1,25$$

Korekční součinitel $\alpha = 1, \text{ pro } \frac{d}{h_{sc}} = \frac{19}{100} = 0,19 < 0,4 \rightarrow \alpha = 1$

Redukční součinitel k_t , pro trn v desce s žebry

$$k_t = 0,6 * \frac{b_0}{h_p} * \left(\frac{h}{h_p} - 1 \right) = 0,6 * \frac{84,5}{50} * \left(\frac{100}{50} - 1 \right) = 1,01 \leq 1,0$$

$$k_t = 1,01 \leq 1,0 \rightarrow k_t = 1,0$$

Únosnost trnu v žeburu, viz návrh stropnice

$$P_{Rd} = 1,0 * \min(P_{Rd,1}; P_{Rd,2}) = 1,0 * \min(65,33; 73,13) = 1,0 * 65,33$$

$$P_{Rd} = 65,33 \text{ kN}$$

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$F_{ct} = N_a = 2710,31 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů

$$n_f = \frac{F_{ct}}{P_{Rd}} = \frac{2710,31}{65,33} = 41,49 \rightarrow n_f = 42 \text{ trnů}$$

Navrhují trny 19/100 po 180 mm (25 trnů), Neúplné sprážen

$$\eta = \frac{25}{42} = 0,60 > 1 - \frac{355}{f_y} * (0,75 - 0,03 * L) = 1 - \frac{355}{355} * (0,75 - 0,03 * 9000) = 0,52$$

$$M_{pl,Rd} = \eta * (M_{pl,Rd} - M_{a,Rd}) + M_{a,Rd}$$

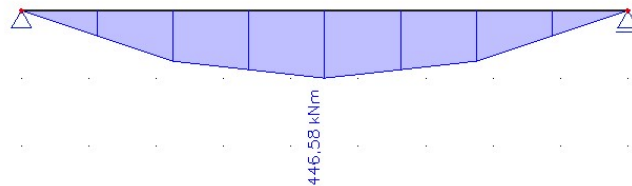
$$M_{pl,Rd} = 0,60 * (758,10 * 10^6 - 355 * 1,7 * 10^6) + 1,7 * 10^6$$

$$M_{pl,Rd} = 695,81 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 637,38 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Mezní stav použitelnosti

Pružné působení nosníku při charakteristickém provozním zatížení

Ohybový moment od charakteristických hodnot zatížení



Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování betonu

$$E_{cm}' = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30500}{2} = 15250$$

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E}{E_{cm}'} = \frac{210000}{15250} = 13,77$$

Přepočet šířky betonu

$$\frac{b_{eff}}{n} = \frac{2250}{13,77} = 163,39 \text{ mm}$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A + \frac{b_{eff}}{n} * 60 = 9882 + 60 * 163,39 = 377515,92 \text{ mm}^2$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 798173514,4 \text{ mm}^4$$

Vzdálenost spodních a horních vláken

$$z_d = 376,89 \text{ mm}$$

$$z_h = 183,11 \text{ mm}$$

Maximální napětí v ocelovém profilu (spodní vlákna)

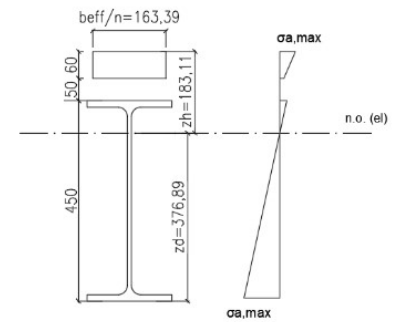
$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} * z_d = \frac{446,58 * 10^6}{798173514,4} * 376,89$$

$$\sigma_{a,max} = 207,73 \text{ MPa} \leq f_y = 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Maximální napětí v betonu (horní vlákna)

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n * I_i} * z_h = \frac{446,58 * 10^6}{13,77 * 798173514,4} * 183,89$$

$$\sigma_{c,max} = 7,33 \text{ MPa} \leq 0,85 * f_{ck} = 0,85 * 25 = 21,25 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Průhyb

$$F_k = 6600 * (3 * 0,72 + 0,8) * 2250 = 44155 \text{ N}$$

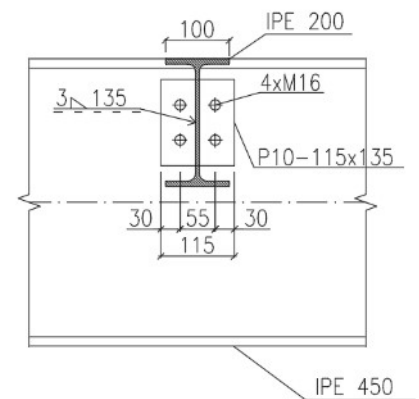
$$\delta = \frac{19}{384} * \frac{F_k * L^3}{E * I_i} = \frac{5}{384} * \frac{44155 * 9000^3}{210000 * 798173514,4} \leq \frac{L}{250} = \frac{9000}{400}$$

$$\delta = 9,51 \text{ mm} \leq 22,5 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

9.3 Přípoj stropnice na průvlak

Reakce od stropnice $F_{Ed} = 70,19 \text{ kN}$

Návrh šroubů	4x M16 8.8
Mez kluzu šroubu	$f_{y,b} = 640 \text{ MPa}$
Mez pevnosti šroubu	$f_{u,b} = 800 \text{ MPa}$
Průměr šroubu	$d = 16 \text{ mm}$
Průměr otvoru	$d_0 = 18 \text{ mm}$
Plocha jádra šroubu	$A_s = 157 \text{ mm}^2$
Rozteče šroubů	$e_1 = 40 \text{ mm}$
	$e_2 = 55 \text{ mm}$
	$p_1 = 30 \text{ mm}$
Tloušťka stojiny	$t_p = 9,4 \text{ mm}$
Mez pevnosti plechu	$f_u = 490 \text{ MPa}$
	$\alpha_b = 0,74$
	$k_1 = 2,5$
	$\alpha_v = 0,6$
	$\gamma_{m2} = 1,25$



Únosnost ve stříhu	$F_{v,Rd} = 241,152 \text{ kN}$	
	$F_{v,Rd} \geq F_{Ed}$	VYHOVUJE
Únosnost v otláčení	$F_{b,Rd} = 436,72 \text{ kN}$	
	$F_{b,Rd} \geq 2 * F_{Ed}$	VYHOVUJE

Návrh svaru	
Účinný rozměr svaru	$a = 3 \text{ mm}$
Délka svaru	$L_w = 135 \text{ mm}$
Korekční součinitel	$\beta_w = 0,8$
	$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0 \text{ MPa}$
	$\tau_{\parallel} = 21,66 \text{ MPa}$

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

Posouzení svaru	$37,52 \text{ MPa} \leq 490 \text{ MPa}$	VYHOVUJE
-----------------	--	-----------------

Smyková únosnost průřezu

$$A_{vz} = L_w * t_w = 135 * 5,3 = 715,5 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M1}}$$

$$V_{pl,Rd} = 146,65 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 70,19 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Sportovní hala s tenisovým hřištěm

III. PŘÍLOHY

Vypracoval: Pavel Polanský

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

Květen 2021

Seznam příloh

Příloha A: Tabulková únosnost trapézového plechu TR 200/420

Příloha B: Tabulková únosnost střešního panelu KS1000 RW120

Příloha C: Tabulková únosnost tenkostěnné Z vaznice

Příloha D: Protokol o výpočtu C paždíku - Lindab Structural Designer 1.5.1

Příloha E: Protokol o výpočtu kritického momentu příčle vnitřního rámu – LTBeamN 1.0.3

Příloha F: Protokol o výpočtu kritického momentu rohového sloupu štítové stěny – LTBeamN 1.0.3

Příloha G: Protokol o výpočtu kritického momentu příčle štítové stěny – LTBeamN 1.0.3

Příloha H: Protokol o výpočtu kotvení rohového sloupu štítové stěny – C-FIX 1.91.0.0

Příloha I: Tabulková únosnost trapézového plechu TR 50/250 ocelobetonového stropu



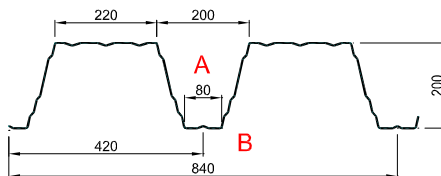
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Příloha A: Tabulková únosnost trapézového plechu TR 200/420

TR 200/420 pozitivní



dle ČSN EN 1993-1-3: 2010

$\gamma_{Mo} = 1,00$

Deformace = $L/200$

		Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m ²]																					
t_N [mm]	g [kg/m ²]	Rozpětí [m]							Rozpětí [m]														
		5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,25	8,50	8,75	9,00	9,25	9,50	9,75	10,00	
0,75	10,71	q_{d1}	4,09	3,71	3,38	3,09	2,84	2,62	2,42	2,24	2,08	1,94	1,82	1,70	1,60	1,50	1,41	1,33	1,26	1,19	1,13	1,07	1,02
		q_{d2}	1,57	1,49	1,43	1,36	1,31	1,26	1,21	1,16	1,12	1,08	1,05	1,01	0,98	0,95	0,92	0,90	0,87	0,85	0,83	0,80	0,78
		q_k	3,42	2,95	2,57	2,25	1,98	1,75	1,56	1,39	1,25	1,12	1,01	0,92	0,83	0,76	0,70	0,64	0,59	0,54	0,50	0,46	0,43
0,88	12,57	q_{d1}	5,23	4,74	4,32	3,95	3,63	3,35	3,09	2,87	2,67	2,49	2,32	2,18	2,04	1,92	1,81	1,71	1,61	1,53	1,45	1,38	1,31
		q_{d2}	2,31	2,20	2,10	2,01	1,93	1,85	1,78	1,71	1,65	1,60	1,54	1,49	1,45	1,40	1,36	1,32	1,29	1,25	1,22	1,19	1,16
		q_k	4,14	3,57	3,11	2,72	2,39	2,12	1,88	1,68	1,51	1,36	1,23	1,11	1,01	0,92	0,84	0,77	0,71	0,65	0,60	0,56	0,52
1,00	14,29	q_{d1}	6,10	5,53	5,04	4,61	4,24	3,90	3,61	3,35	3,11	2,90	2,71	2,54	2,38	2,24	2,11	1,99	1,88	1,78	1,69	1,60	1,53
		q_{d2}	3,18	3,03	2,89	2,77	2,65	2,54	2,45	2,36	2,27	2,19	2,12	2,05	1,99	1,93	1,87	1,82	1,77	1,72	1,67	1,60	1,53
		q_k	4,76	4,11	3,58	3,13	2,75	2,44	2,17	1,93	1,73	1,56	1,41	1,28	1,16	1,06	0,97	0,89	0,82	0,75	0,69	0,64	0,60
1,13	16,14	q_{d1}	7,07	6,42	5,85	5,35	4,91	4,53	4,19	3,88	3,61	3,36	3,14	2,94	2,76	2,60	2,45	2,31	2,18	2,07	1,96	1,86	1,77
		q_{d2}	4,11	3,91	3,73	3,57	3,42	3,29	3,16	3,04	2,93	2,83	2,74	2,65	2,57	2,49	2,42	2,31	2,18	2,07	1,96	1,86	1,77
		q_k	5,42	4,68	4,07	3,56	3,13	2,77	2,47	2,20	1,97	1,78	1,61	1,45	1,32	1,21	1,10	1,01	0,93	0,86	0,79	0,73	0,68
1,25	17,86	q_{d1}	8,05	7,30	6,65	6,09	5,59	5,15	4,76	4,42	4,11	3,83	3,58	3,35	3,14	2,96	2,78	2,63	2,48	2,35	2,23	2,12	2,01
		q_{d2}	5,06	4,82	4,60	4,40	4,22	4,05	3,89	3,75	3,61	3,49	3,37	3,26	3,14	2,96	2,78	2,63	2,48	2,35	2,23	2,12	2,01
		q_k	6,00	5,18	4,51	3,94	3,47	3,07	2,73	2,44	2,19	1,97	1,78	1,61	1,46	1,34	1,22	1,12	1,03	0,95	0,87	0,81	0,75
1,50	21,43	q_{d1}	10,66	9,67	8,81	8,06	7,40	6,82	6,31	5,85	5,44	5,07	4,74	4,44	4,16	3,91	3,69	3,48	3,29	3,11	2,95	2,80	2,66
		q_{d2}	5,42	5,16	4,93	4,72	4,52	4,34	4,17	4,02	3,87	3,74	3,61	3,50	3,39	3,29	3,19	3,10	3,01	2,93	2,85	2,78	2,66
		q_k	7,24	6,25	5,44	4,76	4,19	3,70	3,29	2,94	2,64	2,37	2,14	1,94	1,77	1,61	1,47	1,35	1,24	1,14	1,05	0,98	0,90

		Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m ²]																					
t_N [mm]	g [kg/m ²]	Rozpětí [m]							Rozpětí [m]														
		5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,25	8,50	8,75	9,00	9,25	9,50	9,75	10,00	
0,75	10,71	q_{d1}	3,02	2,81	2,62	2,45	2,29	2,15	2,03	1,91	1,80	1,71	1,62	1,54	1,46	1,39	1,32	1,26	1,21	1,15	1,10	1,06	1,01
		q_{d2}	2,09	1,99	1,90	1,82	1,74	1,67	1,61	1,55	1,49	1,44	1,39	1,32	1,26	1,20	1,15	1,10	1,05	1,01	0,96	0,93	0,89
		q_k	8,23	7,11	6,19	5,41	4,76	4,22	3,75	3,35	3,00	2,70	2,44	2,21	2,01	1,83	1,68	1,54	1,41	1,30	1,20	1,11	1,03
0,88	12,57	q_{d1}	4,10	3,81	3,54	3,31	3,09	2,90	2,73	2,57	2,42	2,29	2,17	2,05	1,95	1,85	1,76	1,68	1,60	1,53	1,47	1,40	1,35
		q_{d2}	3,09	2,94	2,81	2,68	2,57	2,47	2,33	2,20	2,08	1,97	1,87	1,78	1,69	1,61	1,54	1,47	1,41	1,35	1,29	1,24	1,19
		q_k	9,96	8,61	7,49	6,55	5,77	5,10	4,54	4,05	3,63	3,27	2,95	2,68	2,43	2,22	2,03	1,86	1,71	1,57	1,45	1,34	1,25
1,00	14,29	q_{d1}	5,20	4,82	4,48	4,17	3,90	3,65	3,43	3,22	3,04	2,87	2,71	2,57	2,43	2,31	2,20	2,09	2,00	1,90	1,82	1,74	1,67
		q_{d2}	4,24	4,04	3,80	3,55	3,33	3,13	2,95	2,78	2,63	2,49	2,36	2,24	2,13	2,03	1,93	1,85	1,76	1,69	1,62	1,55	1,49
		q_k	11,47	9,91	8,62	7,54	6,64	5,87	5,22	4,66	4,18	3,76	3,40	3,08	2,80	2,55	2,33	2,14	1,97	1,81	1,67	1,55	1,43
1,13	16,14	q_{d1}	6,28	5,81	5,40	5,02	4,69	4,38	4,11	3,86	3,64	3,43	3,24	3,07	2,91	2,76	2,62	2,49	2,38	2,27	2,16	2,07	1,98
		q_{d2}	5,31	4,94	4,60	4,30	4,03	3,78	3,56	3,35	3,17	3,00	2,84	2,69	2,56	2,44	2,32	2,21	2,11	2,02	1,93	1,85	1,78
		q_k	13,05	11,27	9,80	8,58	7,55	6,68	5,94	5,30	4,76	4,28	3,87	3,50	3,19	2,90	2,66	2,43	2,24	2,06	1,90	1,76	1,63
1,25	17,86	q_{d1}	7,31	6,76	6,27	5,83	5,43	5,08	4,76	4,47	4,20	3,96	3,74	3,54	3,35	3,18	3,02	2,87	2,73	2,61	2,49	2,38	2,27
		q_{d2}	6,21	5,77	5,37	5,01	4,69	4,40	4,14	3,90	3,68	3,48	3,29	3,12	2,96	2,82	2,68	2,56	2,44	2,33	2,23	2,14	2,05
		q_k	14,45	12,48	10,85	9,50	8,36	7,40	6,58	5,87	5,26	4,74	4,28	3,88	3,53	3,22	2,94	2,70	2,48	2,28	2,11	1,95	1,81
1,50	21,43	q_{d1}	8,24	7,64	7,10	6,61	6,18	5,79	5,43	5,11	4,81	4,54	4,30	4,07	3,86	3,67	3,49	3,32	3,17	3,02	2,89	2,76	2,65
		q_{d2}	6,97	6,49	6,05	5,66	5,31	4,99	4,70	4,43	4,19	3,97	3,76	3,57	3,40	3,23	3,08	2,94	2,81	2,69	2,58	2,47	2,37
		q_k	17,43	15,06	13,10	11,46	10,09	8,92	7,93	7,08	6,35	5,72	5,16	4,68	4,26	3,88	3,55	3,25	2,99	2,75	2,54	2,35	2,18

		Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m ²]																					
t_N [mm]	g [kg/m ²]	Rozpětí [m]							Rozpětí [m]														
		5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,25	8,50	8,75	9,00	9,25	9,50	9,75	10,00	
0,75	10,71	q_{d1}	3,61	3,36	3,14	2,94	2,75	2,59	2,44	2,30	2,18	2,06	1,95	1,86	1,76	1,68	1,60	1,53	1,46	1,40	1,34	1,28	1,23
		q_{d2}	1,96	1,87	1,78	1,71	1,63	1,57	1,51	1,45	1,40	1,35	1,31	1,27	1,23	1,19	1,15	1,12	1,09	1,06	1,03	1,01	0,98
		q_k	6,50	5,61	4,88	4,27	3,76	3,33	2,96	2,64	2,37	2,13	1,93	1,74	1,59	1,45	1,32	1,21	1,11	1,03	0,95	0,88	0,81
0,88	12,57	q_{d1}	4,93	4,58	4,27	3,99	3,73	3,50	3,29	3,10	2,93	2,77	2,63	2,49	2,37	2,25	2,14	2,04	1,95	1,87	1,78	1,71	1,64
		q_{d2}	2,89	2,76	2,63	2,52	2,41	2,31	2,23	2,14	2,07	2,00	1,93	1,87	1,81	1,75	1,70	1,65	1,61	1,56	1,52	1,48	1,44
		q_k	7,86	6,79	5,91	5,17	4,55	4,03	3,58	3,20	2,87	2,58	2,33	2,11	1,92	1,75	1,60	1,47	1,35	1,24	1,15	1,06	0,98
1,00	14,29	q_{d1}	6,28	5,82	5,41	5,05	4,72	4,42	4,15	3,91	3,69	3,48	3,29	3,12	2,96	2,82	2,68	2,55	2,43	2,32	2,22	2,13	2,04
		q_{d2}	3,98	3,79	3,61	3,46	3,31	3,18	3,06	2,94	2,84	2,74	2,65	2,56	2,48	2,41	2,33	2,23	2,13	2,04	1,95	1,87	1,80
		q_k	9,05	7,82	6,80	5,95	5,24	4,63	4,12	3,68	3,30	2,97	2,68	2,43	2,21	2,01	1,84	1,69	1,55	1,43	1,32	1,22	1,13
1,13	16,14	q_{d1}	7,60	7,04	6,54	6,09	5,69	5,33	5,00	4,70	4,43	4,18	3,95	3,74	3,55	3,37	3,20	3,05	2,91	2,77	2,65	2,53	2,43
		q_{d2}	5,13	4,89	4,67	4,46	4,28	4,11	3,95	3,80	3,67	3,54	3,42	3,25	3,09	2,94	2,80	2,68	2,56	2,45	2,34	2,24	2,15
		q_k	10,30	8,90	7,74	6,77	5,96	5,27	4,69	4,19	3,75	3,38	3,05	2,77	2,51	2,29	2,10	1,92	1,77	1,63	1,50	1,39	1,29
1,25	17,86	q_{d1}	8,87	8,21	7,62	7,09	6,61	6,19	5,80	5,45	5,13	4,84	4,57	4,32	4,10	3,89	3,69	3,52	3,35	3,19	3,05	2,92	2,79
		q_{d2}	6,32	6,02	5,75	5,50	5,27	5,06	4,86	4,68	4,43	4,19	3,97										



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

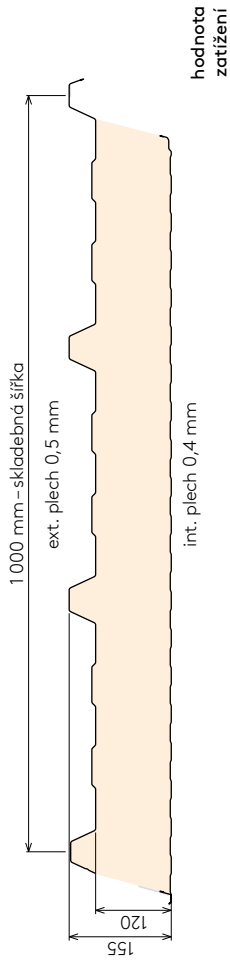
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Příloha B: Tabulková únosnost střešního panelu KS1000 RW120

Střešní panel KS1000 RW 120

exteriérový plech 0,5 mm, S320GD profilace „trapéz“

interiérový plech 0,4 mm, S280GD profilace Q „minibox“



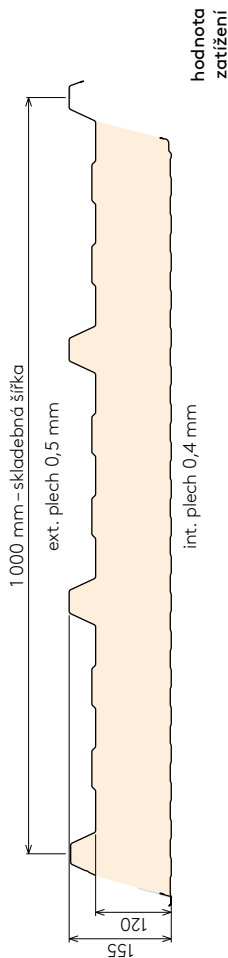
statický systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení, SÁNI větru [kN/m ²]																hodnota zatížení			
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00		4,25	4,50	4,75
prostý nosník	I (f)	7,77	7,77	6,58	5,62	4,99	4,54	4,19	3,91	3,69	3,49	3,33	3,19	3,06	2,95	2,86	2,76	2,66	2,56	2,48	2,40
	II (f)	7,77	7,74	6,49	5,62	4,99	4,54	4,19	3,91	3,69	3,49	3,33	3,19	3,06	2,95	2,86	2,76	2,66	2,56	2,48	2,40
	III (f)	7,77	6,64	5,91	5,38	4,91	4,54	4,19	3,91	3,68	3,49	3,33	3,19	3,06	2,95	2,86	2,76	2,66	2,56	2,48	2,40
spojitý nosník o 2 polích	I (f)	10,06	7,51	5,18	4,06	3,38	2,94	2,61	2,36	2,17	2,00	1,87	1,76	1,66	1,58	1,50	1,44	1,38	1,32	1,27	1,23
	II (f)	10,06	7,06	4,86	3,81	3,19	2,77	2,48	2,25	2,07	1,92	1,80	1,69	1,60	1,52	1,45	1,39	1,33	1,28	1,24	1,20
	III (f)	10,06	6,35	4,35	3,43	2,90	2,54	2,28	2,08	1,92	1,80	1,69	1,59	1,51	1,44	1,38	1,32	1,28	1,23	1,19	1,15
spojitý nosník o 3 polích	I (f)	12,02	8,30	6,03	4,66	3,84	3,30	2,90	2,61	2,38	2,19	2,04	1,90	1,80	1,70	1,62	1,55	1,48	1,42	1,37	1,32
	II (f)	12,03	8,30	5,79	4,47	3,69	3,16	2,79	2,50	2,28	2,11	1,96	1,84	1,74	1,65	1,57	1,50	1,44	1,38	1,34	1,29
	III (f)	12,02	8,01	5,43	4,18	3,44	2,96	2,61	2,36	2,15	1,99	1,86	1,75	1,65	1,57	1,50	1,44	1,38	1,33	1,28	1,24

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplyvá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.

barevná skupina (zatížení dle odstínu v RAL)
 (f) – přípustná deformace pro krátkodobé zatížení L/200, pro dlouhodobě L/100, kde L je rozpětí mezi podporami

max. rozpon [m]

Tabulka platí pro běžná proměnná klimatická zatížení. Při jiných požadavcích (dlouhodobá zatížení, teplotní zatížení v chladárnách apod.) je třeba provést zvláštní výpočet. Výpočty jsou provedeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zatížení uvedené v tabulkách porovnávejte s charakteristickými hodnotami zatížení. Výpočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů. Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Mějte prosím na paměti, že tato tabulka nenahrazuje statický výpočet.

hodnota
zátížení

int. plech 0,4 mm

Střešní panel KS1000 RW 120

exteriérový plech 0,5 mm, S320GD profilace „trapez“

interiérový plech 0,4 mm, S280GD profilace Q „minibox“

statický systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení sněhem [kN/m ²]																hodnota zátížení			
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00		4,25	4,50	4,75
prostý nosník	I, II, III (f)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	I, II, III (f)	7,52	6,41	5,70	4,84	4,13	3,56	3,10	2,71	2,38	2,11	1,88	1,70	1,55	1,43	1,33	1,24	1,17	1,11	1,06	1,01
spojitý nosník o 2 polích	I, II, III (f)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	I, II, III (f)	7,15	5,04	3,98	3,33	2,90	2,58	2,34	2,15	2,00	1,87	1,76	1,67	1,55	1,43	1,33	1,24	1,17	1,11	1,06	1,01
spojitý nosník o 3 polích	I, II, III (f)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	I, II, III (f)	8,06	5,64	4,42	3,69	3,20	2,84	2,57	2,36	2,19	2,05	1,88	1,70	1,55	1,43	1,33	1,24	1,17	1,11	1,06	1,01

barevná skupina (zatlčení dle odstínu v RAL)
(f) – přípustná deformace pro krátkodobé zatížení L/200, pro dlouhodobé L/100, kde L je rozpětí mezi podporami

AA – min. šířka krajní podpory [mm]
X,XX – max. rozpon [m]
BB – min. šířka střední podpory [mm]

Tabulka platí pro běžná proměnná klimatická zatížení. Při jiných požadavcích (dlouhodobá zatížení, teplotní zatížení v chladárnách apod.) je třeba provést zvláštní výpočet. Výpočty jsou provedeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zatížení uvedené v tabulkách porovnávejte s charakteristickými hodnotami zatížení. Výpočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů. Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Mějte prosím na paměti, že tato tabulka nenahrazuje statický výpočet.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Příloha C: Tabulková únosnost tenkostěnné Z vaznice

Z 270-S


Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Řádek č. 1 : Únosnost bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)

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

Řádek č. 3 : Únosnost pro sání bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)

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

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

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

PROSTÝ NOSNÍK

Profil G [kg/m]		Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5.00	5.50	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00
Z 270/2,0 G = 7,08 kg/m	1	5.32	4.39	3.69	3.40	3.15	2.92	2.71	2.53	2.36	2.21	2.08	1.84	1.64	1.47	1.33		
	2	3.36	2.71	2.23	2.03	1.85	1.69	1.55	1.43	1.31	1.21	1.12	0.96	0.82	0.71	0.62		
	3	-2.80	-2.27	-1.87	-1.71	-1.57	-1.44	-1.33	-1.23	-1.14	-1.06	-0.99	-0.86	-0.76	-0.67	-0.59		
	4	-1.54	-1.21	-0.97	-0.88	-0.79	-0.72	-0.66	-0.60	-0.55	-0.51	-0.47	-0.40	-0.34	-0.30	-0.26		
	5	5.02	3.77	2.90	2.57	2.28	2.04	1.83	1.65	1.49	1.35	1.22	1.02	0.86	0.73	0.63		
	6	3.34	2.51	1.93	1.71	1.52	1.36	1.22	1.10	0.99	0.90	0.82	0.68	0.57	0.49	0.42		
Z 270/2,5 G = 8,85 kg/m	1	7.66	6.33	5.32	4.90	4.53	4.20	3.91	3.64	3.40	3.19	2.99	2.65	2.36	2.12	1.91		
	2	5.59	4.54	3.75	3.42	3.13	2.87	2.64	2.43	2.25	2.08	1.93	1.66	1.43	1.24	1.09		
	3	-3.96	-3.22	-2.66	-2.43	-2.23	-2.06	-1.90	-1.76	-1.63	-1.52	-1.41	-1.23	-1.08	-0.96	-0.85		
	4	-2.75	-2.20	-1.79	-1.63	-1.49	-1.36	-1.25	-1.15	-1.06	-0.98	-0.91	-0.78	-0.68	-0.60	-0.53		
	5	6.65	5.00	3.85	3.40	3.03	2.70	2.42	2.18	1.97	1.79	1.62	1.35	1.14	0.97	0.83		
	6	4.43	3.33	2.57	2.27	2.02	1.80	1.62	1.45	1.31	1.19	1.08	0.90	0.76	0.65	0.55		
Z 270/3,0 G = 10,62 kg/m	1	9.97	8.24	6.92	6.38	5.90	5.47	5.09	4.74	4.43	4.15	3.89	3.45	3.08	2.76	2.49		
	2	7.84	6.39	5.29	4.83	4.43	4.07	3.74	3.46	3.20	2.97	2.76	2.38	2.06	1.80	1.58		
	3	-5.03	-4.09	-3.39	-3.10	-2.84	-2.62	-2.42	-2.24	-2.08	-1.93	-1.80	-1.57	-1.38	-1.22	-1.09		
	4	-3.87	-3.11	-2.55	-2.32	-2.12	-1.95	-1.79	-1.65	-1.53	-1.41	-1.31	-1.14	-0.99	-0.87	-0.77		
	5	8.29	6.22	4.79	4.24	3.77	3.37	3.02	2.72	2.46	2.23	2.02	1.69	1.42	1.21	1.04		
	6	5.52	4.15	3.20	2.83	2.51	2.25	2.01	1.81	1.64	1.48	1.35	1.12	0.95	0.81	0.69		

SPOJITÝ NOSNÍK O 3 NEBO 4 POLÍCH - PŘESAHY 0,6 m

Profil		Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5.00	5.50	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00
Z 270/2,0	1	6.30	5.18	4.33	3.95	3.61	3.31	3.05	2.81	2.60	2.41	2.24	1.96	1.74	1.55	1.39	1.25	1.13
	2	4.63	3.90	3.34	3.05	2.78	2.55	2.34	2.16	2.00	1.85	1.71	1.49	1.30	1.13	0.99	0.85	0.74
	3	-4.66	-3.73	-3.04	-2.78	-2.56	-2.36	-2.18	-2.02	-1.87	-1.74	-1.62	-1.42	-1.25	-1.11	-0.99	-0.89	-0.80
	4	-2.76	-2.13	-1.68	-1.52	-1.38	-1.26	-1.15	-1.06	-0.97	-0.89	-0.83	-0.71	-0.61	-0.53	-0.47	-0.41	-0.36
	5	9.49	7.13	5.49	4.86	4.32	3.86	3.46	3.11	2.81	2.55	2.32	1.93	1.63	1.38	1.19	1.03	0.89
	6	6.33	4.75	3.66	3.24	2.88	2.57	2.31	2.08	1.88	1.70	1.55	1.29	1.09	0.92	0.79	0.68	0.59
Z 270/2,5	1	8.69	7.16	6.00	5.48	5.02	4.62	4.25	3.93	3.64	3.38	3.14	2.77	2.45	2.19	1.96	1.77	1.60
	2	7.45	6.32	5.46	4.98	4.56	4.18	3.85	3.55	3.29	3.05	2.83	2.46	2.15	1.90	1.68	1.48	1.31
	3	-6.53	-5.26	-4.30	-3.94	-3.62	-3.34	-3.09	-2.86	-2.66	-2.48	-2.31	-2.03	-1.79	-1.58	-1.41	-1.27	-1.14
	4	-4.72	-3.73	-2.99	-2.73	-2.50	-2.29	-2.11	-1.94	-1.80	-1.66	-1.54	-1.34	-1.17	-1.03	-0.91	-0.81	-0.72
	5	12.6	9.46	7.28	6.44	5.73	5.11	4.59	4.13	3.73	3.38	3.07	2.56	2.16	1.83	1.57	1.36	1.18
	6	8.39	6.30	4.85	4.30	3.82	3.41	3.06	2.75	2.49	2.25	2.05	1.71	1.44	1.22	1.05	0.91	0.79
Z 270/3,0	1	10.96	9.04	7.58	6.93	6.36	5.85	5.39	4.99	4.62	4.29	4.00	3.52	3.13	2.79	2.51	2.26	2.05
	2	10.07	8.57	7.42	6.78	6.21	5.70	5.25	4.85	4.49	4.17	3.88	3.38	2.96	2.61	2.31	2.07	1.86
	3	-8.29	-6.67	-5.46	-5.00	-4.60	-4.25	-3.93	-3.64	-3.39	-3.16	-2.95	-2.58	-2.28	-2.02	-1.80	-1.62	-1.45
	4	-6.55	-5.20	-4.20	-3.84	-3.52	-3.23	-2.98	-2.75	-2.55	-2.37	-2.20	-1.92	-1.68	-1.48	-1.31	-1.17	-1.05
	5	15.7	11.8	9.08	8.03	7.14	6.37	5.72	5.15	4.65	4.21	3.83	3.21	2.72	2.32	1.98	1.70	1.47
	6	10.5	7.85	6.05	5.35	4.76	4.25	3.81	3.43	3.10	2.81	2.55	2.14	1.81	1.55	1.32	1.13	0.98

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

Profil		Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5.00	5.50	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00
krajní : Z 270/2,5 vnitřní : Z 270/2,0	1	8.16	6.84	5.83	5.32	4.88	4.49	4.14	3.83	3.55	3.30	3.07	2.66	2.32	2.04	1.80	1.60	1.43
	2	6.74	5.72	4.94	4.59	4.28	4.01	3.76	3.54	3.33	3.15	2.98	2.59	2.27	2.00	1.76	1.53	1.34
	3	-6.63	-5.33	-4.36	-3.99	-3.67	-3.39	-3.13	-2.90	-2.70	-2.51	-2.34	-2.05	-1.81	-1.61	-1.43	-1.28	-1.16
	4	-4.79	-3.78	-3.04	-2.77	-2.53	-2.32	-2.14	-1.97	-1.82	-1.69	-1.57	-1.36	-1.19	-1.04	-0.92	-0.82	-0.73
	5	12.8	9.65	7.43	6.58	5.85	5.22	4.68	4.21	3.81	3.45	3.14	2.61	2.20	1.87	1.61	1.39	1.21
krajní : Z 270/3,0 vnitřní : Z 270/2,5	6	8.56	6.43	4.96	4.38	3.90	3.48	3.12	2.81	2.54	2.30	2.09	1.74	1.47	1.25	1.07	0.92	0.80
	1	10.57	8.90	7.61	7.02	6.50	6.03	5.61	5.23	4.89	4.59	4.31	3.73	3.24	2.84	2.51	2.23	2.00
	2	9.38	7.99	6.91	6.41	5.97	5.57	5.21	4.89	4.60	4.33	4.09	3.56	3.11	2.74	2.43	2.15	1.91
	3	-8.44	-6.79	-5.55	-5.09	-4.68	-4.32	-4.00	-3.71	-3.45	-3.21	-3.00	-2.63	-2.32	-2.06	-1.83	-1.64	-1.48
	4	-6.67	-5.30	-4.28	-3.91	-3.58	-3.29	-3.03	-2.80	-2.60	-2.41	-2.24	-1.95	-1.71	-1.51	-1.34	-1.19	-1.07
	5	16.1	12.1	9.32	8.24	7.33	6.54	5.87	5.28	4.77	4.32	3.93	3.28	2.76	2.35	2.01	1.74	1.51
6	10.7	8.07	6.21	5.50	4.88	4.36	3.91	3.52	3.18	2.88	2.62	2.18	1.84	1.56	1.34	1.16	1.01	

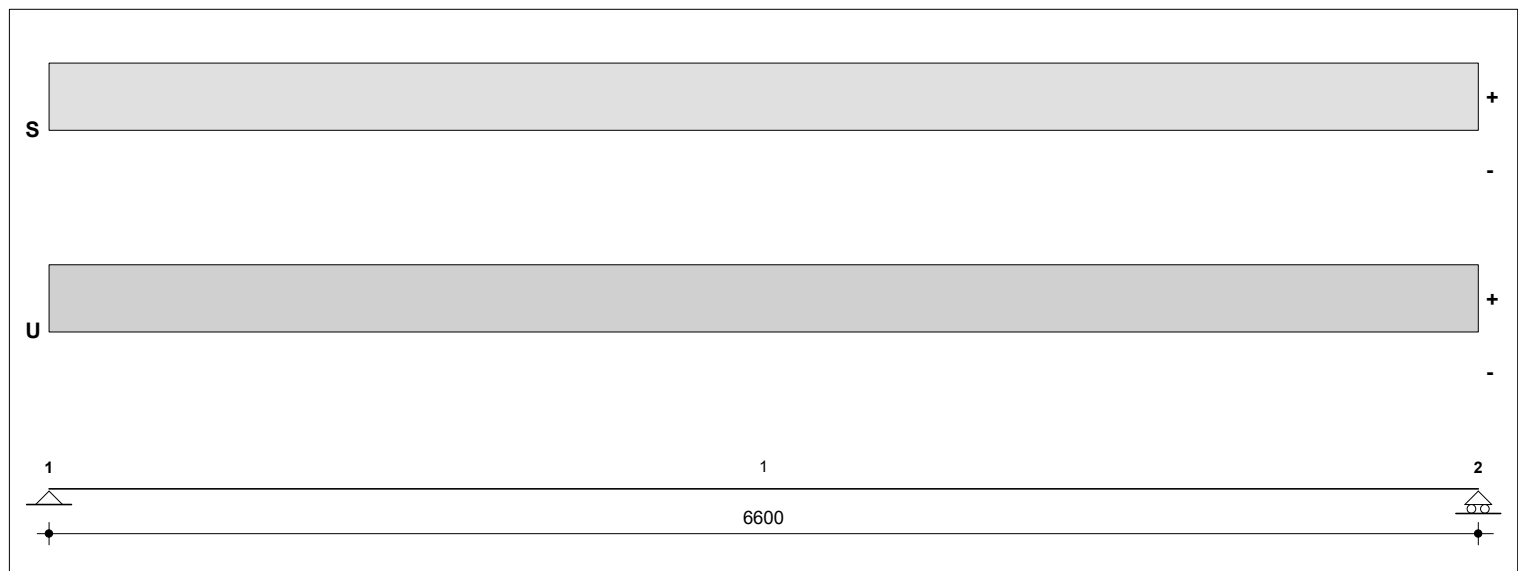


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Příloha D: Protokol o výpočtu C paždíku - Lindab Structural Designer 1.5.1



Obecná nastavení

Funkce: C profil

Země: Česká republika

Zadání konstrukce

Profil: C350

Výchozí statický model: Prostý nosník

Orientace: Svislý

Šrouby: 4,2

Omezení: Horní pásnice: Volný/Dolní pásnice: Spojitý nosník

Tr. plech / Omezení á: OSB

Šrouby á: 50

Vstupní data pro kontrolu průhybů

Limit pro pole: $L / 150$

Limit pro převis: $L / 150$

Výsledky

MSU: 39%

MSP: 5%

Geometrie

Ks.	Podpory					Pole			Klouby
	Poloha [mm]	Typ	Šířka [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Délka [mm]	Tlouška 1 [mm]	Tlouška 2 [mm]	Poloha [mm]
1	0	H	0	-	-	6600	3	-	
2	6600	H	0	-	-				

Zatížení

Ks.	Typ	Počátek	Konec	Poč. hodn.	Kon. hodn.	Šířka	MSU/MSP
1	U			0,57			SLS
2	U			0,86			ULS

Výsledky (Jednotlivé)

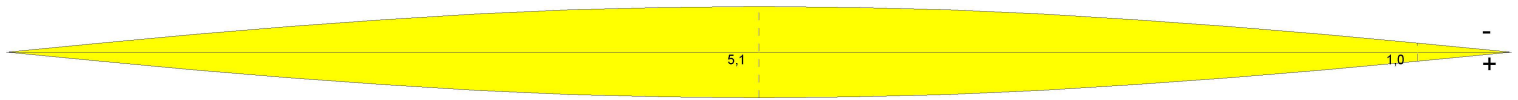
ULS = 39% SLS = 5%

#	MSP	MSU stupeň využití průřezu			
	průhyb využití [%]	smyk síla [%]	ohyb moment [%]	NMV interakce [%]	NM interakce pro volnou pásnici [%]
Podpora #1		3,4	0,0 .. 0,0	0,0 .. 0,0	0,0 .. 0,0
Pole #1	1,0 .. 5,1	0,0 .. 3,0	2,0 .. 8,7	2,0 .. 8,7	5,9 .. 25,3
Podpora #2		3,4	0,0 .. 0,0	0,0 .. 0,0	0,0 .. 0,0

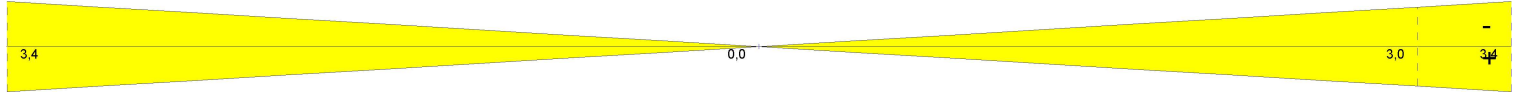
#	MSU stupeň využití vzpěrnosti	MSU	
	NM interakce pro volnou pásnici [%]	šroub odolnost [kN]	šroub počet
Podpora #1	0,1	-3,04	2
Pole #1	9,2 .. 39,5		
Podpora #2	0,1	-3,04	2

MSP - průhyb využití [%]

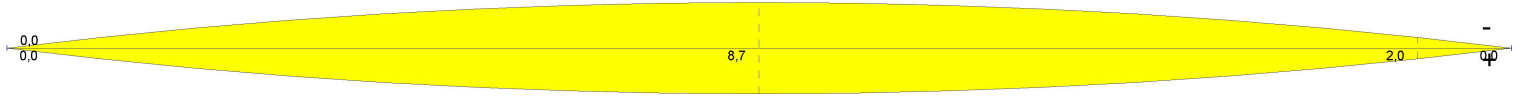
Výsledky (Jednotlivé)



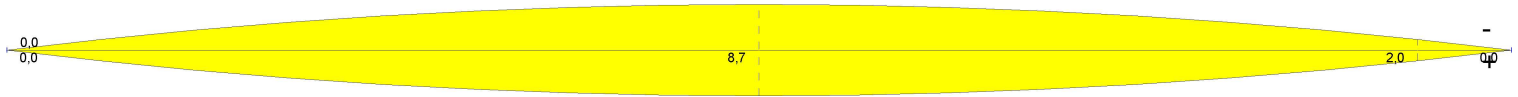
MSU stupeň využití průřezu - smyk síla [%]



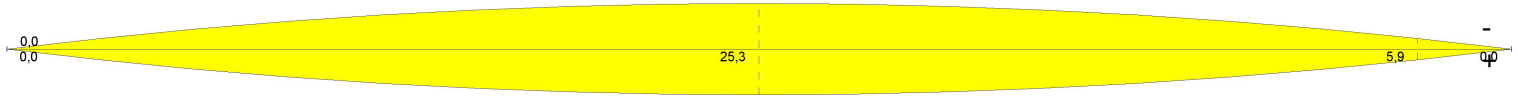
MSU stupeň využití průřezu - ohyb moment [%]



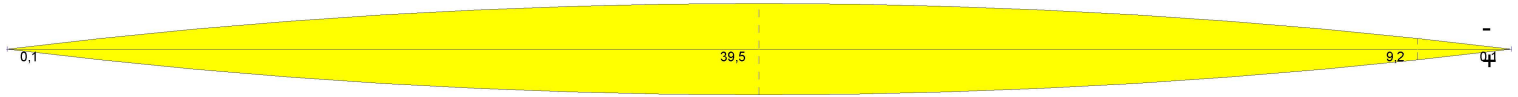
MSU stupeň využití průřezu - NMV interakce [%]



MSU stupeň využití průřezu - NM interakce pro volnou pásnici [%]



MSU stupeň využití vzpěrnosti - NM interakce pro volnou pásnici [%]



MSU - šroub odolnost [kN]



MSU - šroub počet





ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

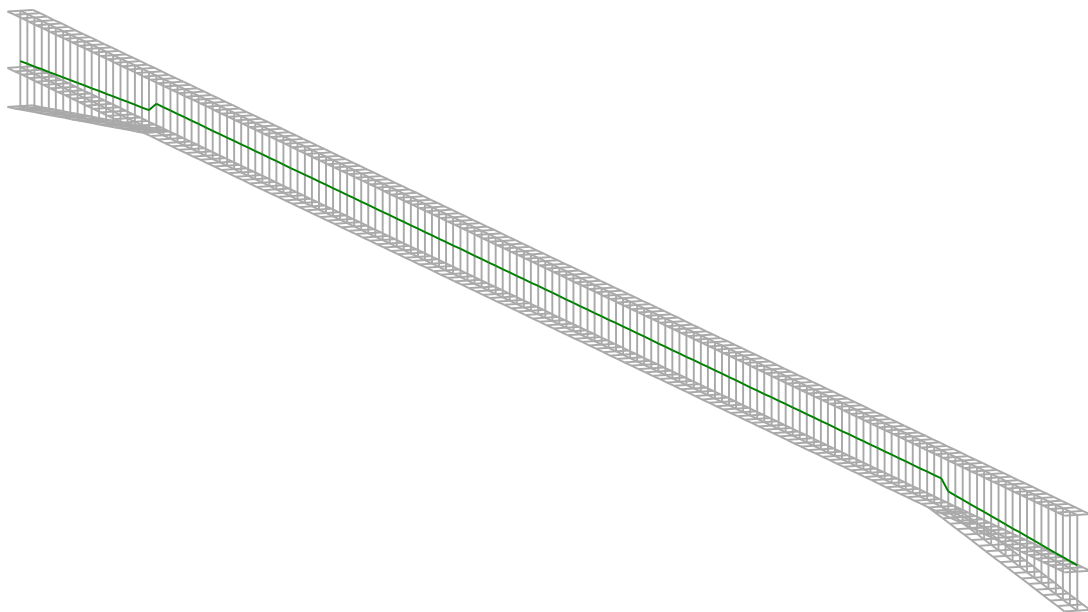
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Příloha E: Protokol o výpočtu kritického momentu příčle vnitřního rámu – LTBeamN 1.0.3

LTBeamN

v 1.0.3

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 19,42 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 150$ elements

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections : Top

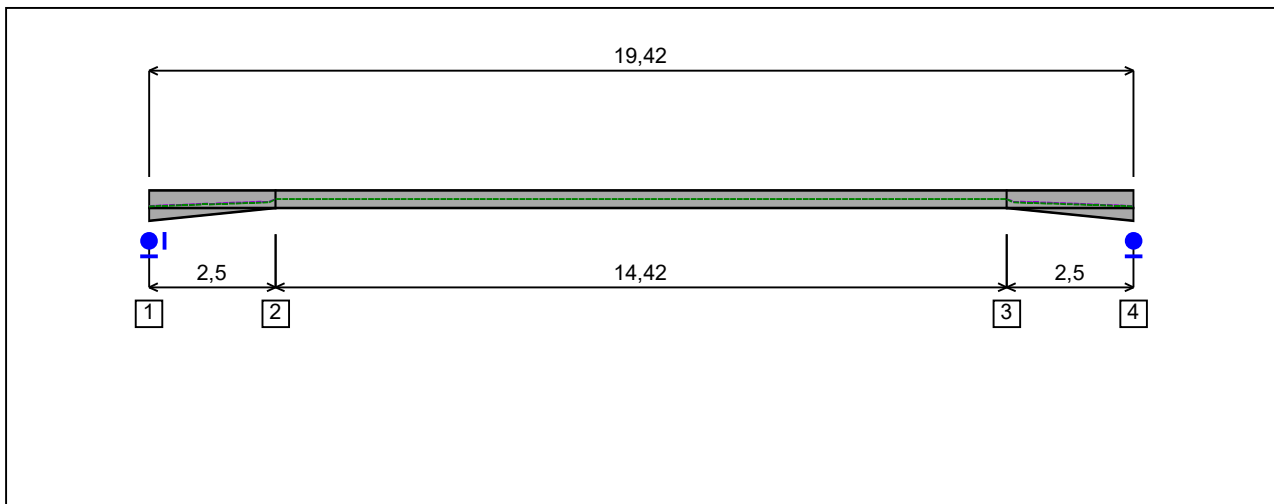


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 360

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 0$ m

Type :

In catalogue (OTUA)

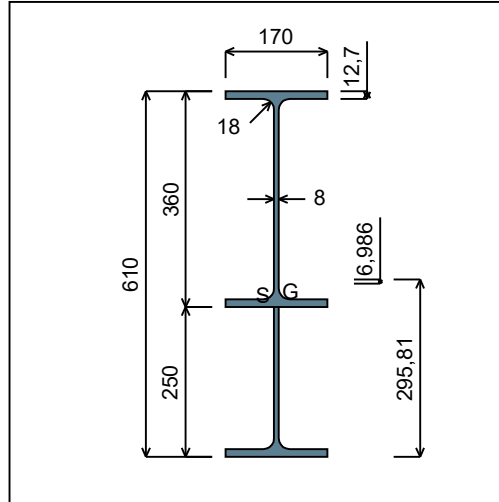


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 360).

Main geometrical properties :

- z_S = -0,6986 cm
- z_G = 29,58 cm
- I_y = 54563 cm⁴
- I_z = 1565,5 cm⁴
- I_t = 56,87 cm⁴ (Villette)
- I_w = 927719 cm⁶

Other geometrical properties :

- | | |
|---|-------------------------------------|
| A = 114,69 cm ² | $A_{v,z}$ = 55,14 cm ² |
| $A_{v,y}$ = 64,77 cm ² | |
| $W_{el,y,sup}$ = 1736,6 cm ³ | $W_{el,z}$ = 184,17 cm ³ |
| $W_{el,y,inf}$ = 1844,5 cm ³ | $W_{pl,z}$ = 287,77 cm ³ |
| $W_{pl,y}$ = 2078,9 cm ³ | |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

- Section No. 2 : IPE 360

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,5 \text{ m}$

Type : In catalogue (OTUA)

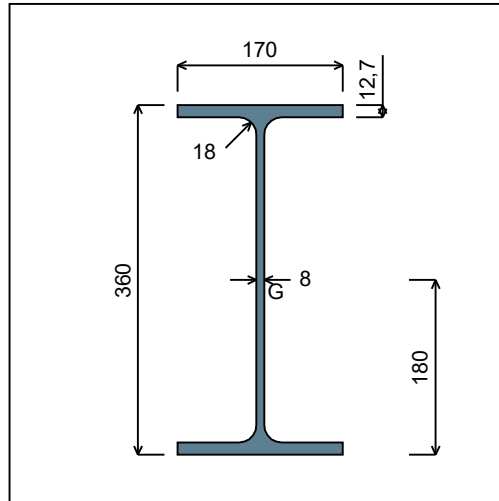


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 360).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0 \text{ cm}$
- $z_G = 18 \text{ cm}$
- $I_y = 16266 \text{ cm}^4$
- $I_z = 1043,5 \text{ cm}^4$
- $I_t = 37,09 \text{ cm}^4$ (Villette)
- $I_w = 314646 \text{ cm}^6$

Other geometrical properties :

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| $A = 72,73 \text{ cm}^2$ | |
| $A_{v,y} = 43,18 \text{ cm}^2$ | $A_{v,z} = 35,14 \text{ cm}^2$ |
| $W_{el,y,sup} = 903,65 \text{ cm}^3$ | |
| $W_{el,y,inf} = 903,65 \text{ cm}^3$ | $W_{el,z} = 122,76 \text{ cm}^3$ |
| $W_{pl,y} = 1019,1 \text{ cm}^3$ | $W_{pl,z} = 191,1 \text{ cm}^3$ |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

I.4 - Lateral restraints

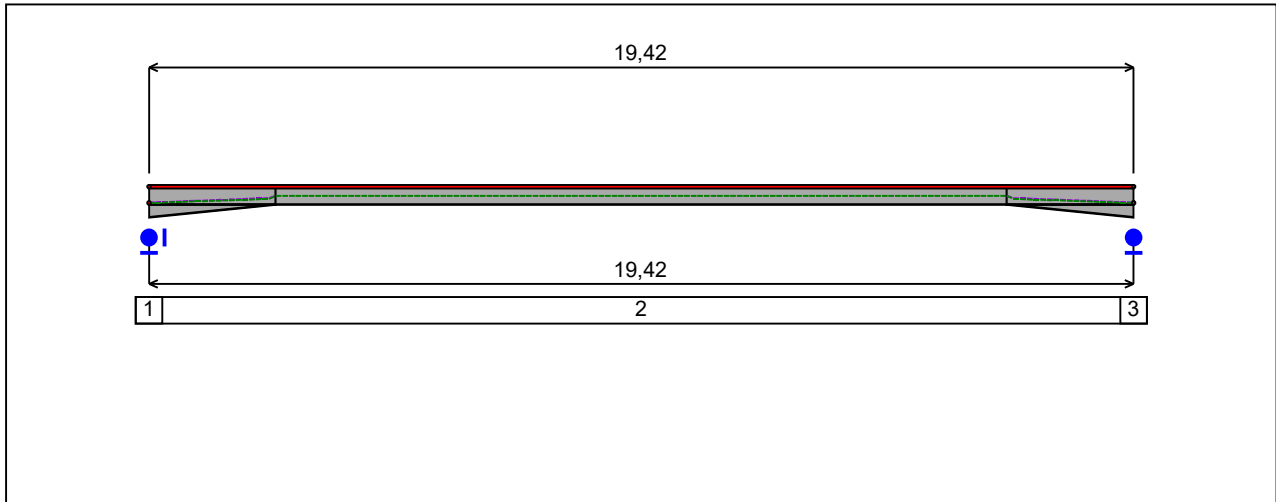


Figure 6 : Profile in long with restraint numbers.

- 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 : Continuous

Coordinates of the left end :

Abscissa from the left end of the beam : $x_1 = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z_1 = 32,12$ cm

Coordinates of the right end :

Abscissa from the left end of the beam : $x_2 = 19,42$ m

Vertical position from the shear centre : $z_2 = 32,12$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Free
 v' : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 19,42$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Fixed
 v' : Free
 θ' : Free

I.5 - Supports

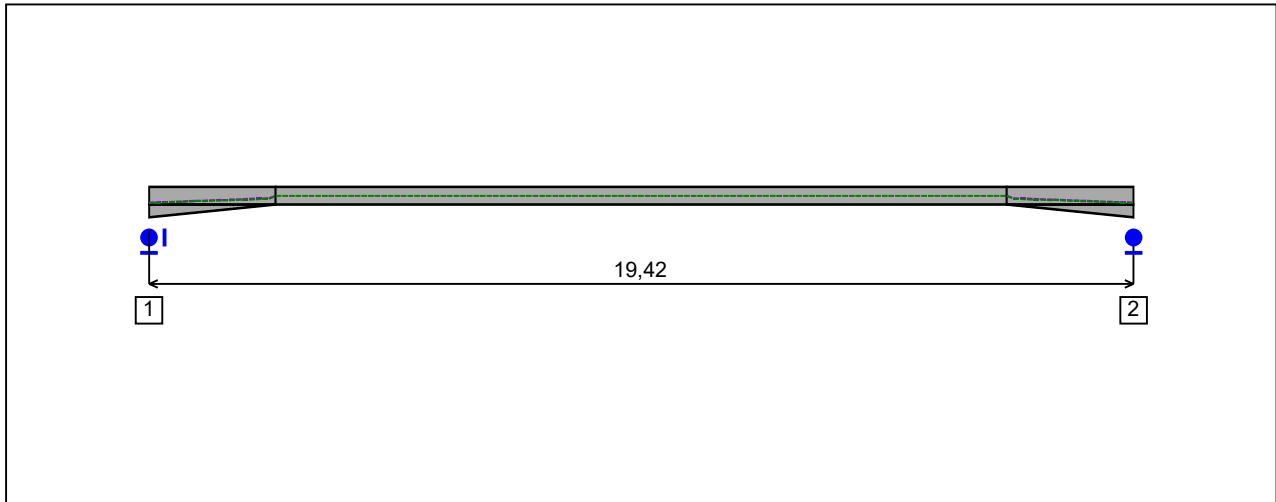


Figure 7 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Fixed
- w : Fixed
- w' : Free

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 19,42 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Free
- w : Fixed
- w' : Free

I.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- *Moment diagram :*

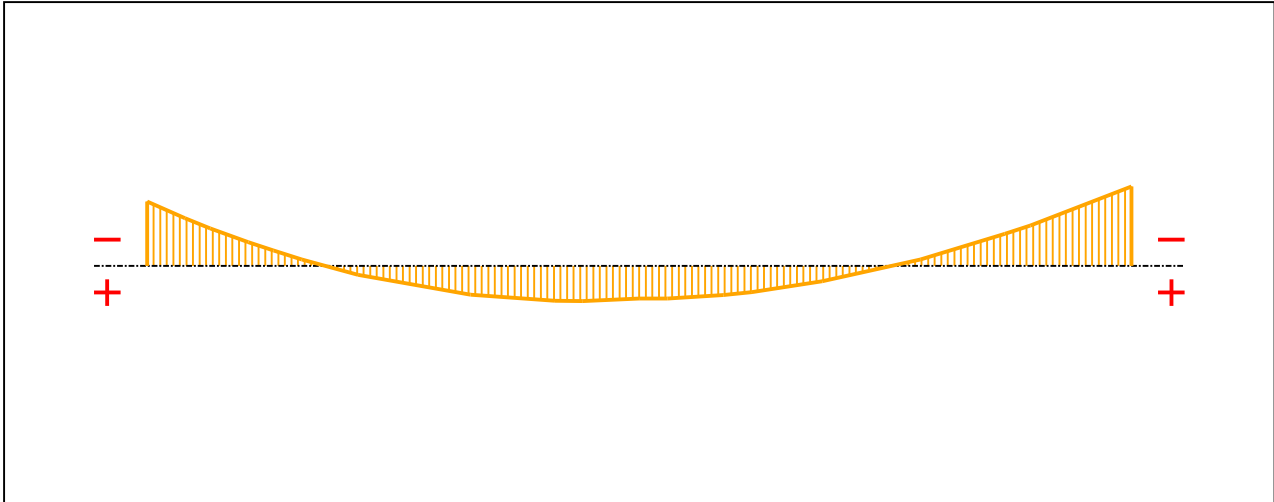


Figure 8 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-259,57
0,75	-192,01
1,25	-151,22
2	-96,33
2,5	-61,83
3,054	-25,97
4,163	35,31
6,381	116,12
8,045	140,2
8,599	141,27
9,708	131,43
10,27	130,87
11,38	117,08
11,93	105,14
13,32	62,07
15,26	-26,61

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	6,435	-2062,2	19,42	0	19,42

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	6,435	-2062,2	19,42	0	19,42

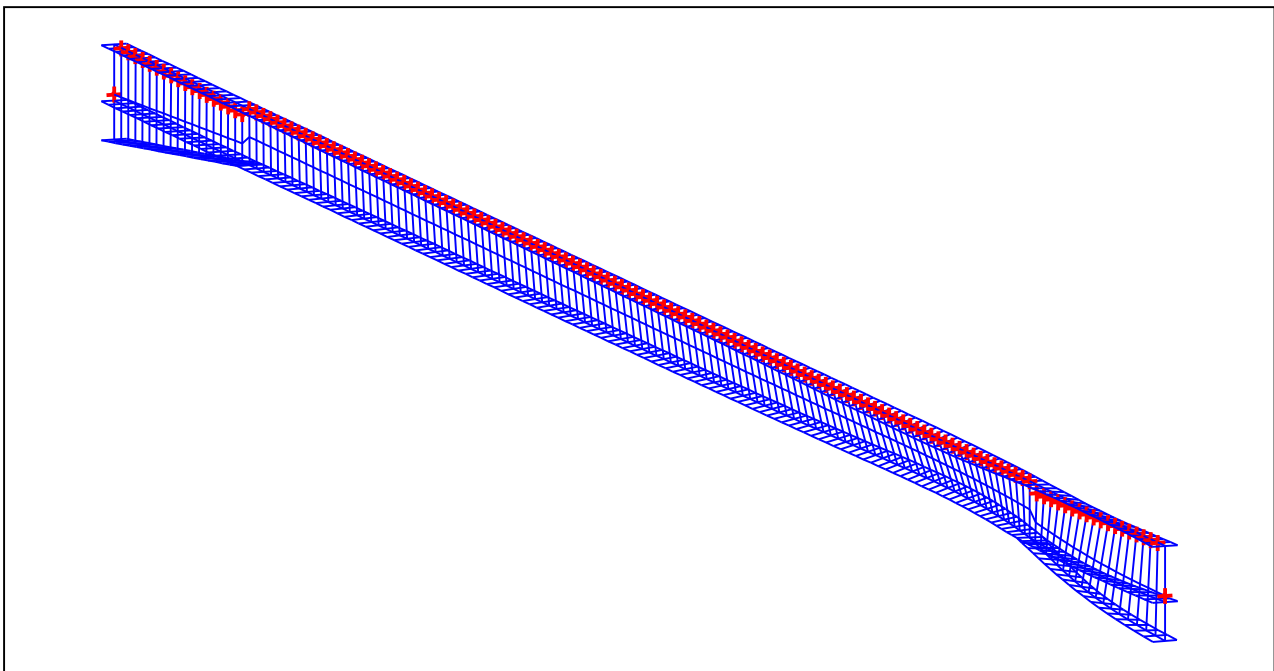


Figure 10 : Mode shape in 3D (Mode 1).

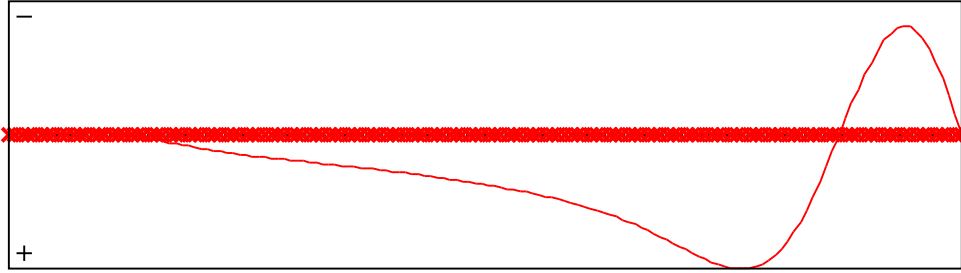


Figure 11 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

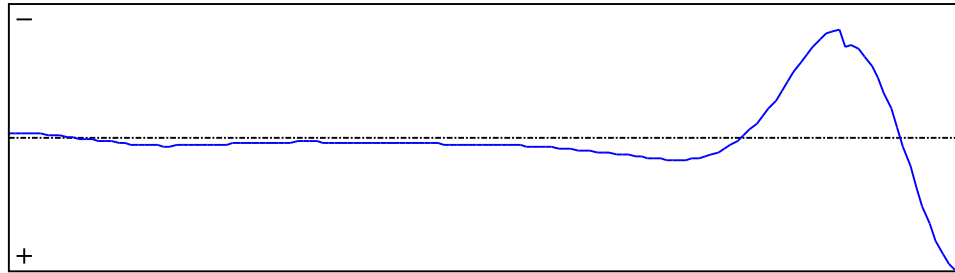


Figure 12 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

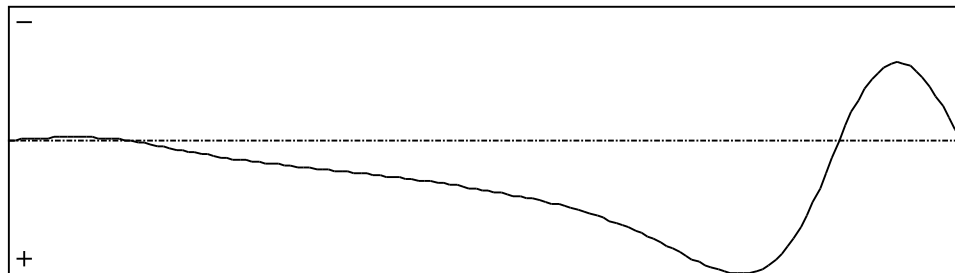


Figure 13 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

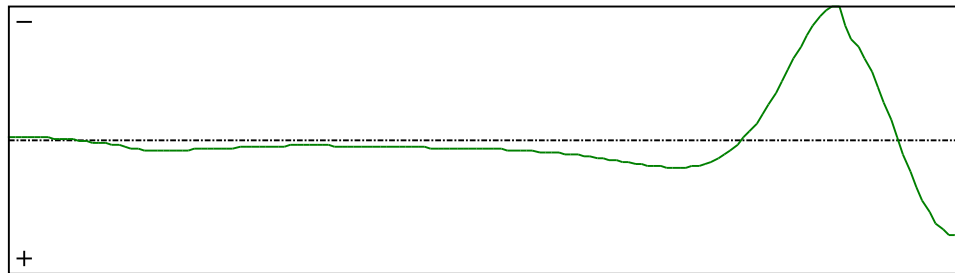


Figure 14 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

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.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

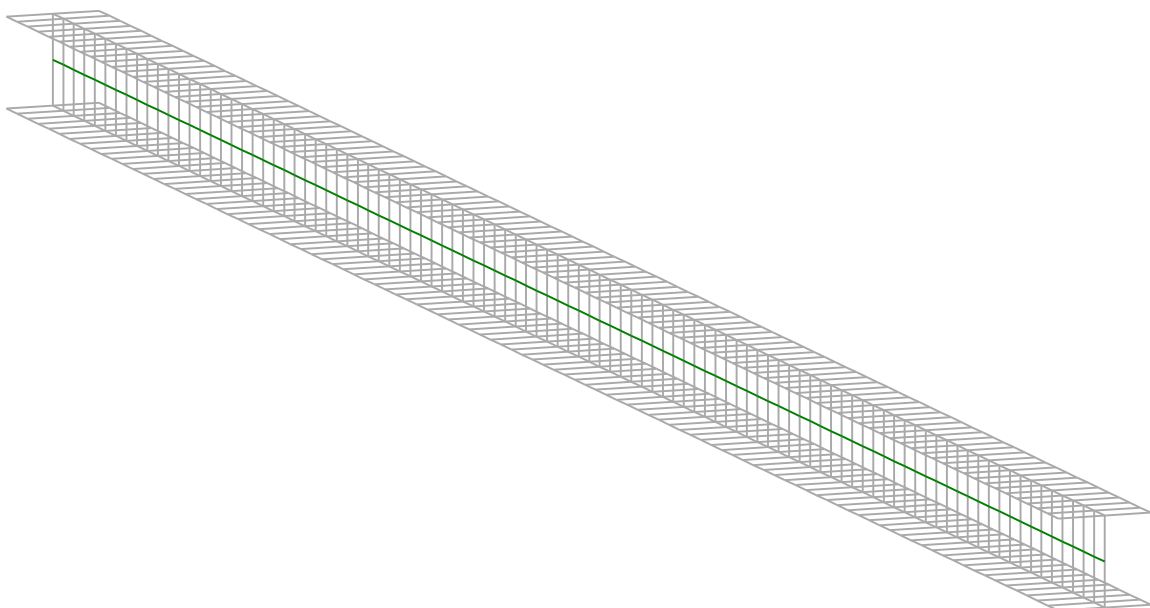
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Příloha F: Protokol o výpočtu kritického momentu rohového sloupu štítové stěny – LTBeamN 1.0.3

L**T*****B***eam***N***

v 1.0.3

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 5 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

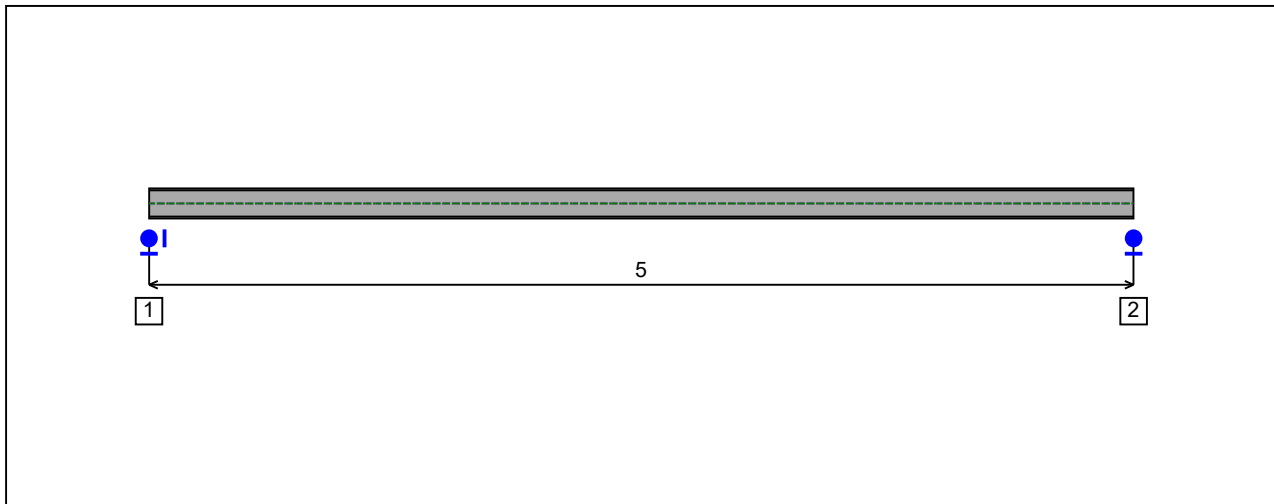


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : HEA 160

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Type : In catalogue (OTUA)

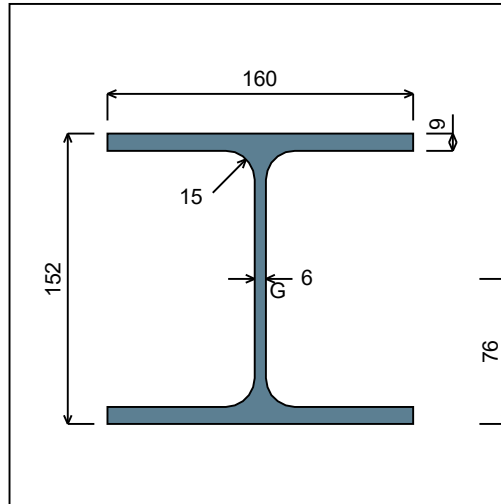


Figure 2 : Section No. 1 (HEA 160).

Main geometrical properties :

z_S	= 0 cm
z_G	= 7,6 cm
I_y	= 1673 cm ⁴
I_z	= 615,57 cm ⁴
I_t	= 11,83 cm ⁴ (Villette)
I_w	= 31470 cm ⁶

Other geometrical properties :

A	= 38,77 cm ²	$A_{v,z}$	= 13,21 cm ²
$A_{v,y}$	= 28,8 cm ²	$W_{el,z}$	= 76,95 cm ³
$W_{el,y,sup}$	= 220,13 cm ³	$W_{pl,z}$	= 117,63 cm ³
$W_{el,y,inf}$	= 220,13 cm ³		
$W_{pl,y}$	= 245,15 cm ³		

Stiffness relaxations :

θ	: Continuous
v'	: Continuous
θ'	: Continuous
w'	: Continuous

I.4 - Lateral restraints

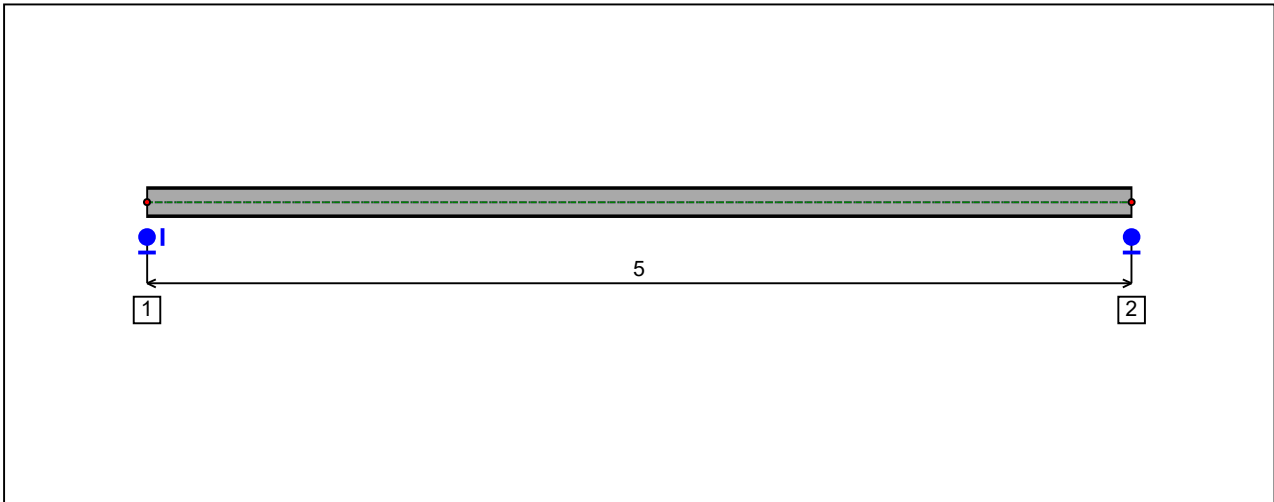


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- 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 : $x = 5$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

I.5 - Supports

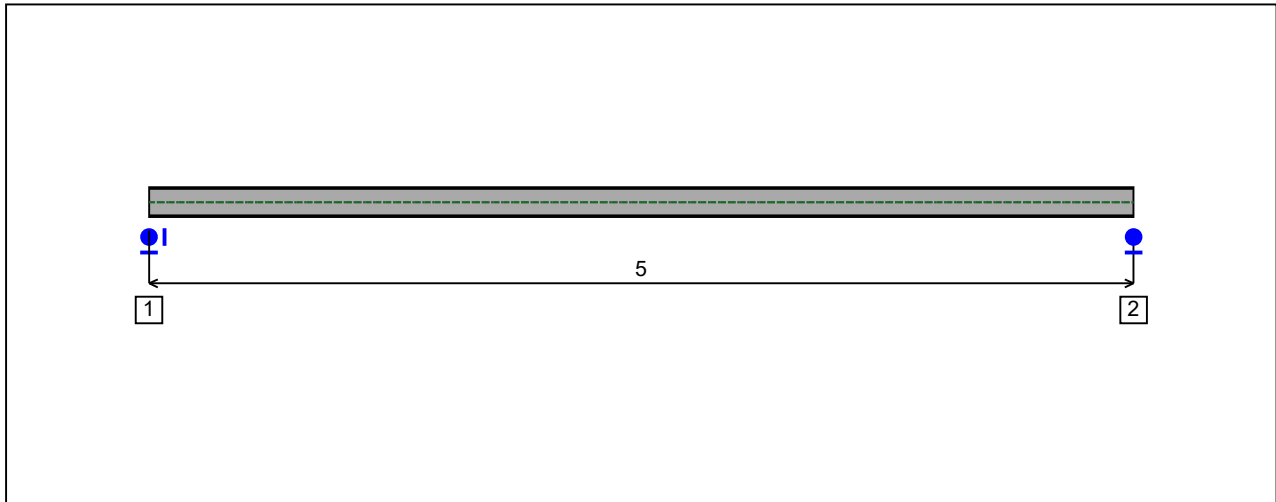


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

- 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 : $x = 5$ m

Support conditions :

- u : Free
- w : Fixed
- w' : Free

I.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

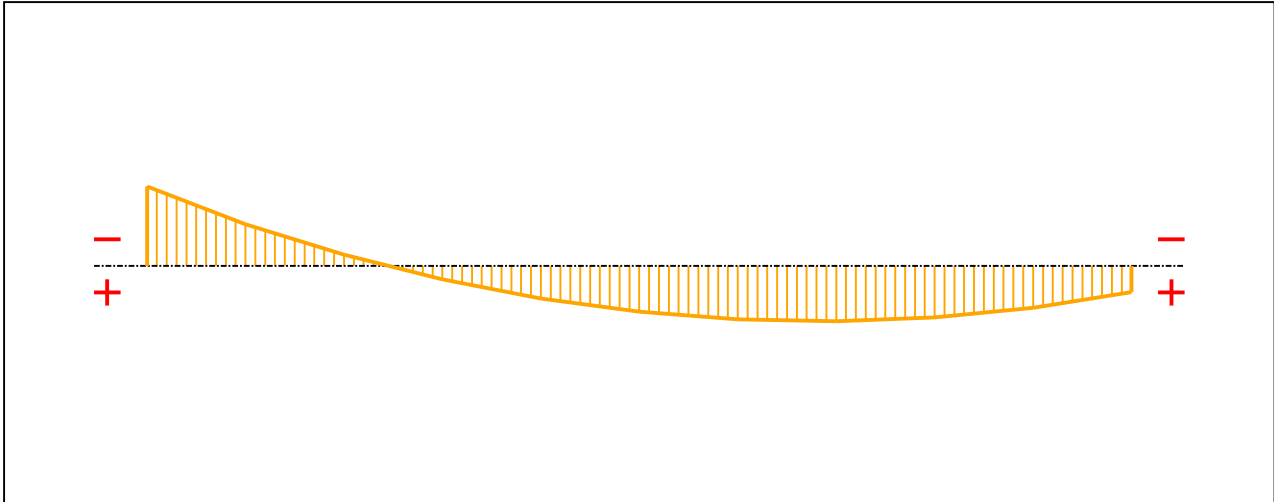


Figure 6 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-4,95
0,5	-2,6
1	-0,7
1,5	0,84
2	2,03
2,5	2,85
3	3,32
3,5	3,44
4	3,2
4,5	2,6
5	1,64

- Axial force diagram :

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	29,4	-145,53	0	0	0

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	29,4	-145,53	0	0	0

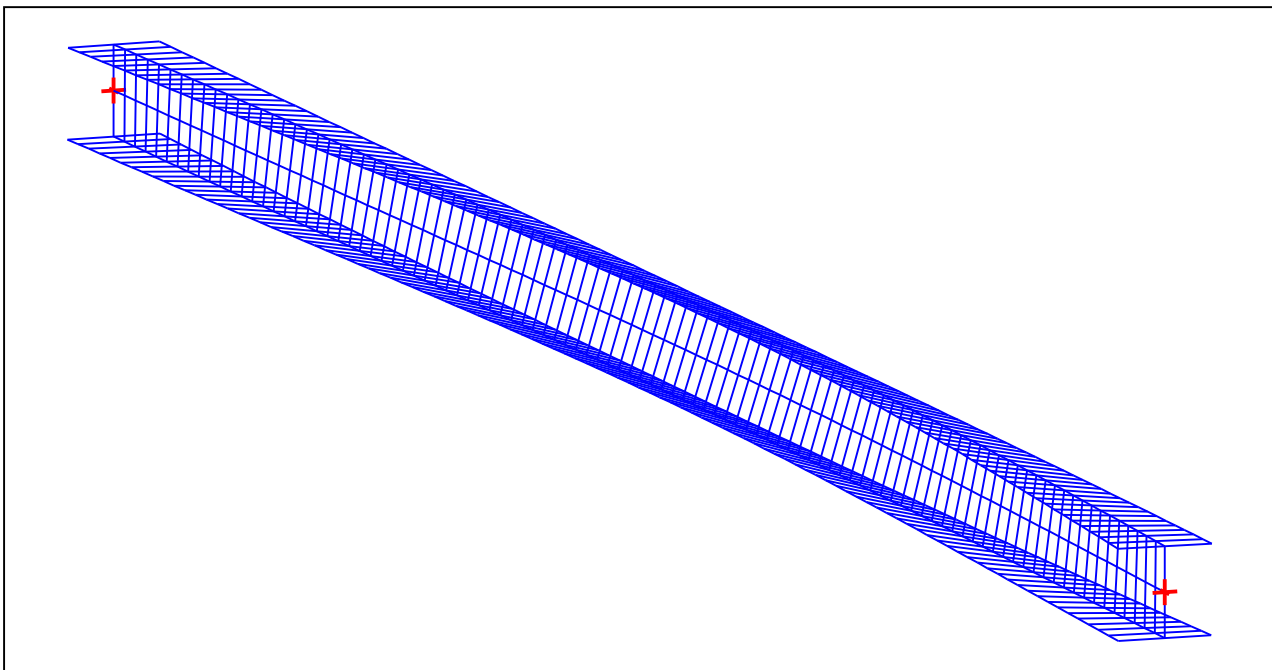


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

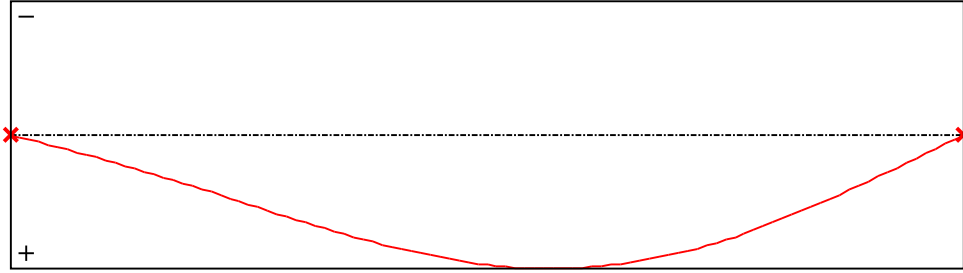


Figure 9 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

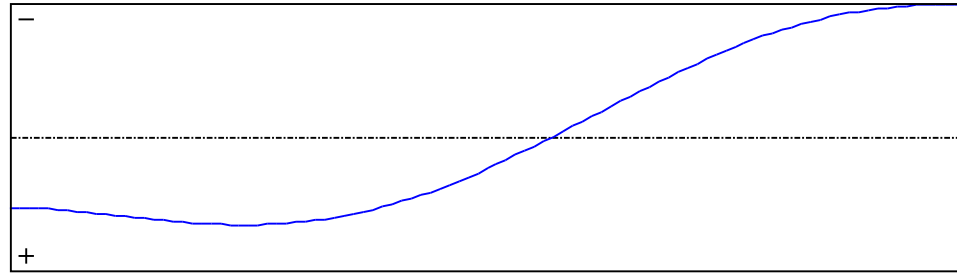


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

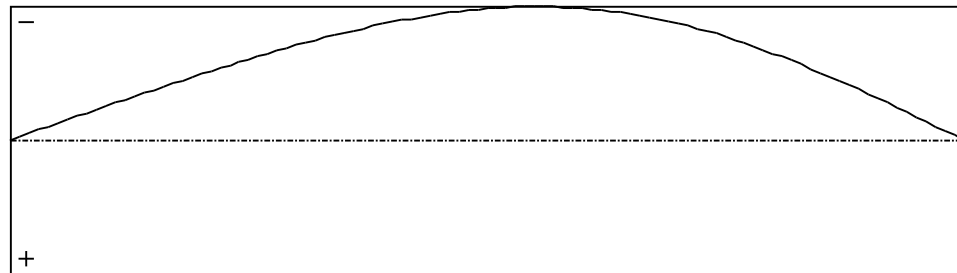


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

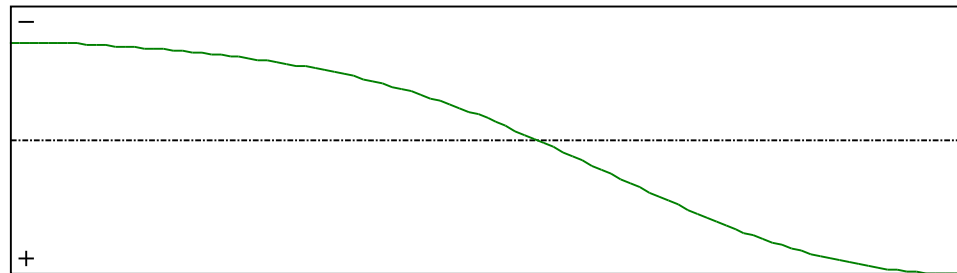


Figure 12 : Warping compoment of the shear centre (Mode 1).

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.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

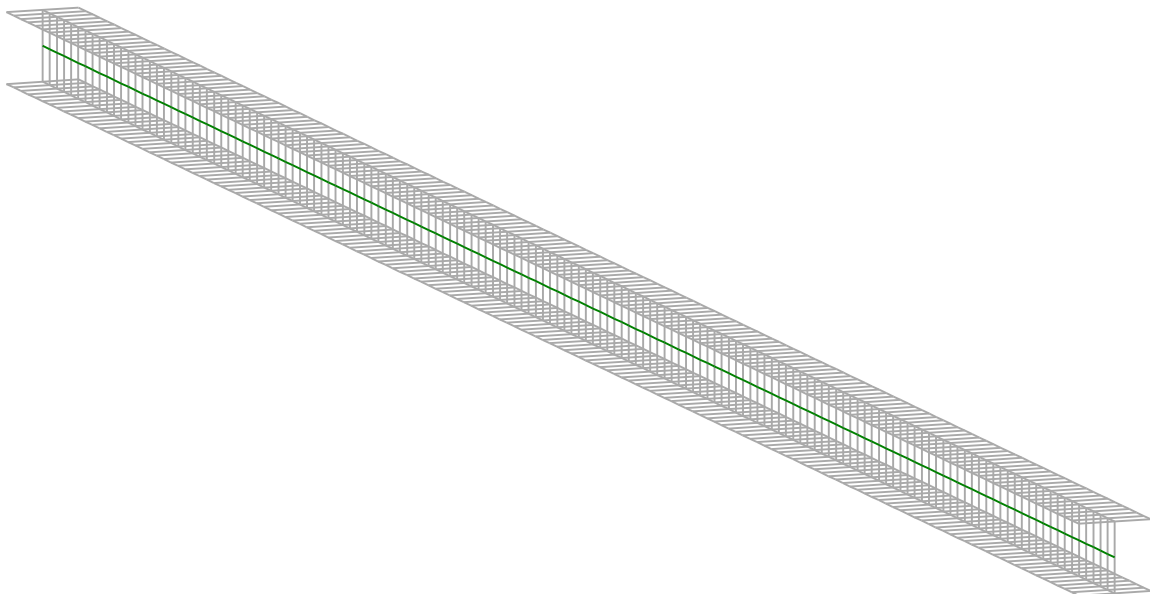
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Příloha G: Protokol o výpočtu kritického momentu příčle štítové stěny – LTBeamN 1.0.3

LTBeamN

v 1.0.3

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 6,54 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 150$ elements

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

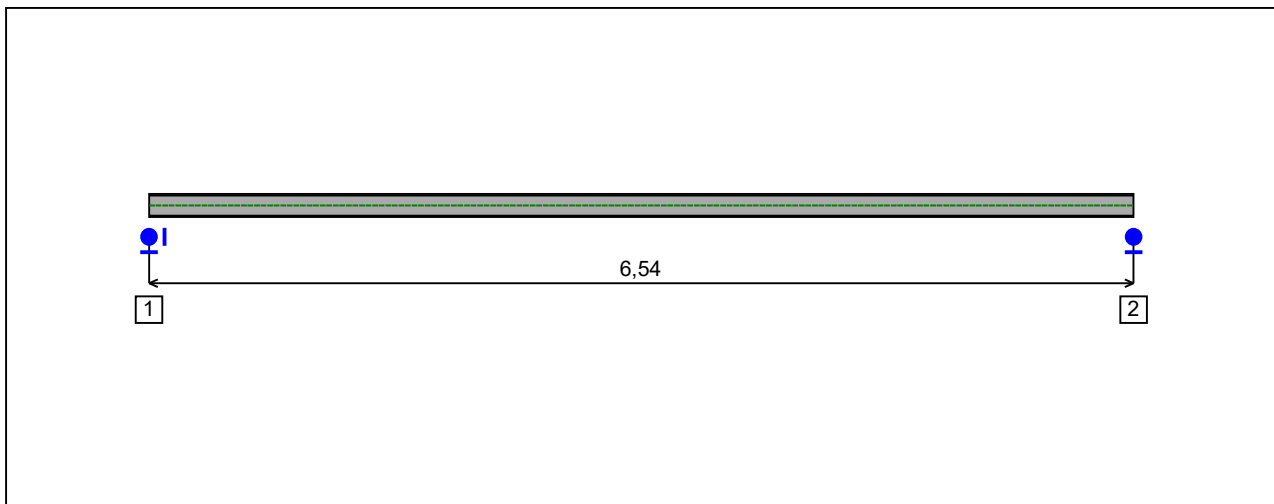


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : HEA 160

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Type : In catalogue (OTUA)

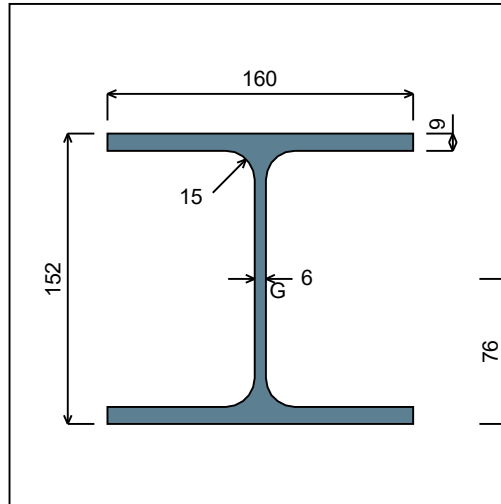


Figure 2 : Section No. 1 (HEA 160).

Main geometrical properties :

z_S	= 0 cm
z_G	= 7,6 cm
I_y	= 1673 cm ⁴
I_z	= 615,57 cm ⁴
I_t	= 11,83 cm ⁴ (Villette)
I_w	= 31470 cm ⁶

Other geometrical properties :

A	= 38,77 cm ²	$A_{v,z}$	= 13,21 cm ²
$A_{v,y}$	= 28,8 cm ²	$W_{el,z}$	= 76,95 cm ³
$W_{el,y,sup}$	= 220,13 cm ³	$W_{pl,z}$	= 117,63 cm ³
$W_{el,y,inf}$	= 220,13 cm ³		
$W_{pl,y}$	= 245,15 cm ³		

Stiffness relaxations :

θ	: Continuous
v'	: Continuous
θ'	: Continuous
w'	: Continuous

I.4 - Lateral restraints

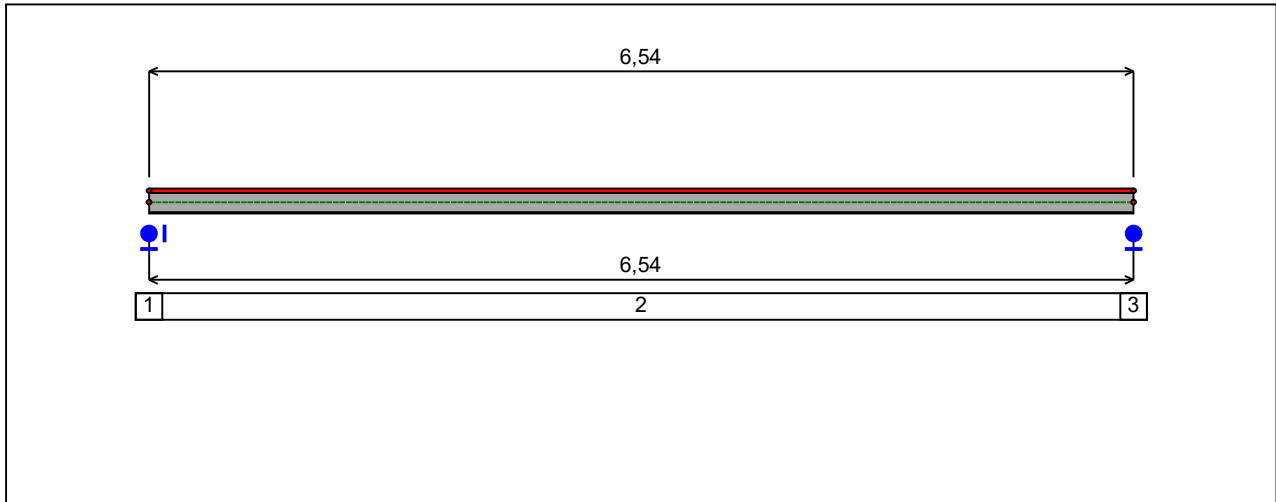


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- 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 : Continuous

Coordinates of the left end :

Abscissa from the left end of the beam : $x_1 = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z_1 = 7,6$ cm

Coordinates of the right end :

Abscissa from the left end of the beam : $x_2 = 6,54$ m

Vertical position from the shear centre : $z_2 = 7,6$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed

θ : Free
 v' : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 6,54$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Fixed
 v' : Free
 θ' : Free

1.5 - Supports

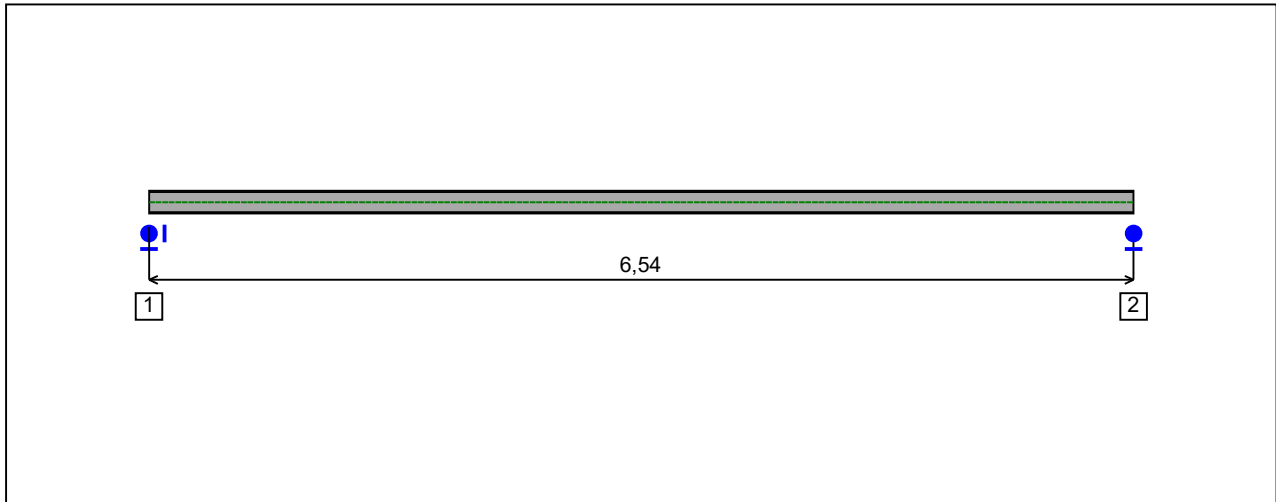


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

- 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 : $x = 6,54$ m

Support conditions :

- u : Free
- w : Fixed
- w' : Free

I.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

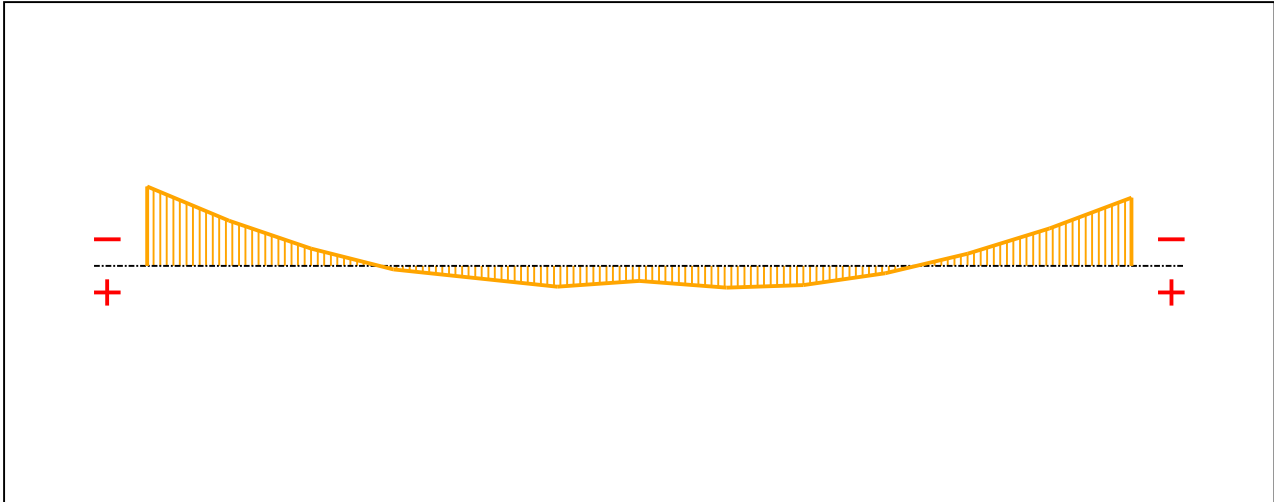


Figure 6 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-20,15
0,545	-11,44
1,09	-4,43
1,635	0,9
2,725	5,28
3,27	3,81
3,85	5,51
4,36	4,84
4,905	1,81
5,45	-3,06
5,995	-9,51
6,54	-17,32

- Axial force diagram :

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	26,27	-529,29	0	0	0

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	26,27	-529,29	0	0	0

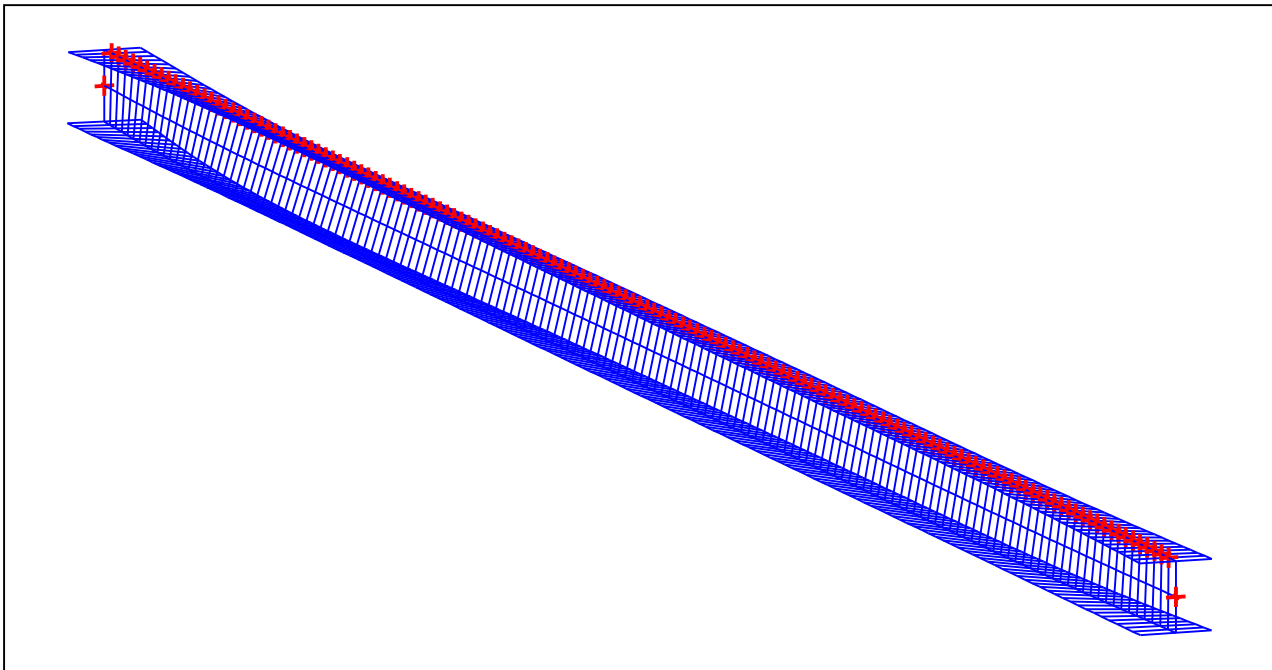


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

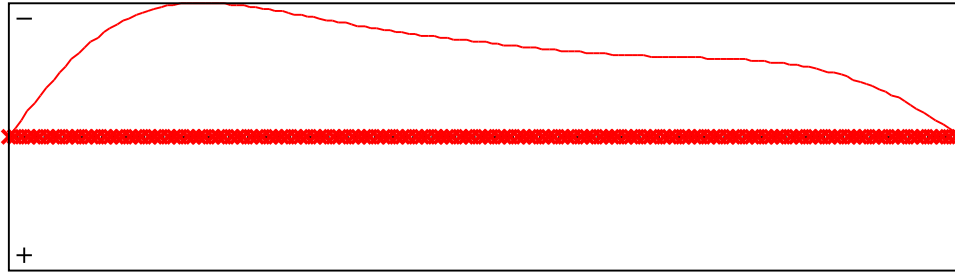


Figure 9 : Lateral displacement compopent of the shear centre (Mode 1).

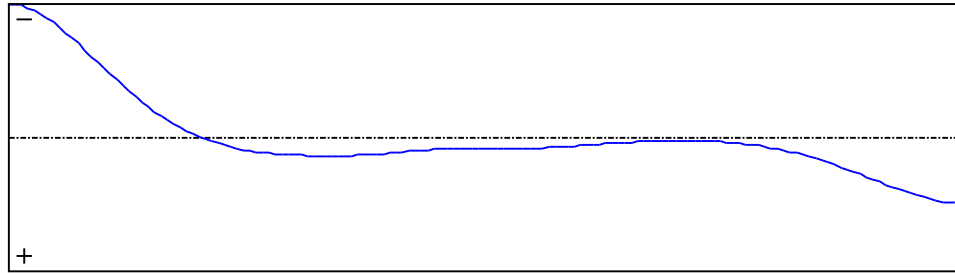


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

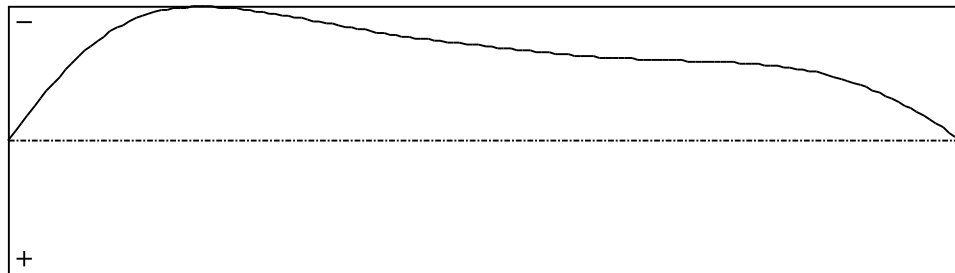


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

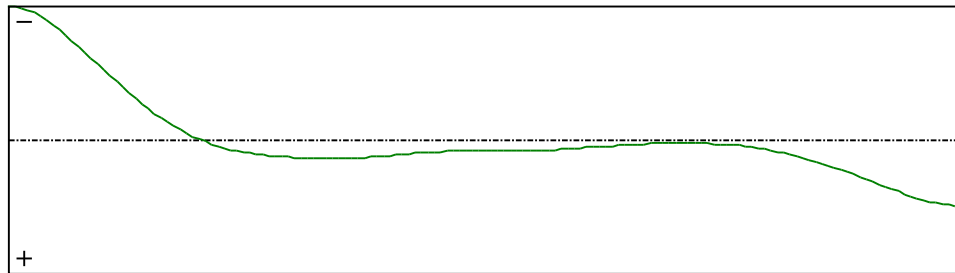


Figure 12 : Warping compopent of the shear centre (Mode 1).

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.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Příloha H: Protokol o výpočtu kotvení rohového sloupu štítové stěny – C-FIX 1.91.0.0



C-FIX 1.99.0.0
Verze databáze
2021.4.3.17.13
Datum
01.05.2021

fischer 

fischer international s.r.o.

Průmyslová 1833
25001 Brandýs nad Labem
Telefon: +42 03 26 90 46 01
Fax: +42 03 26 90 46 00
adam.vesely@fischer-cz.cz
www.fischer-cz.cz

Detaily návrhu

Kotva

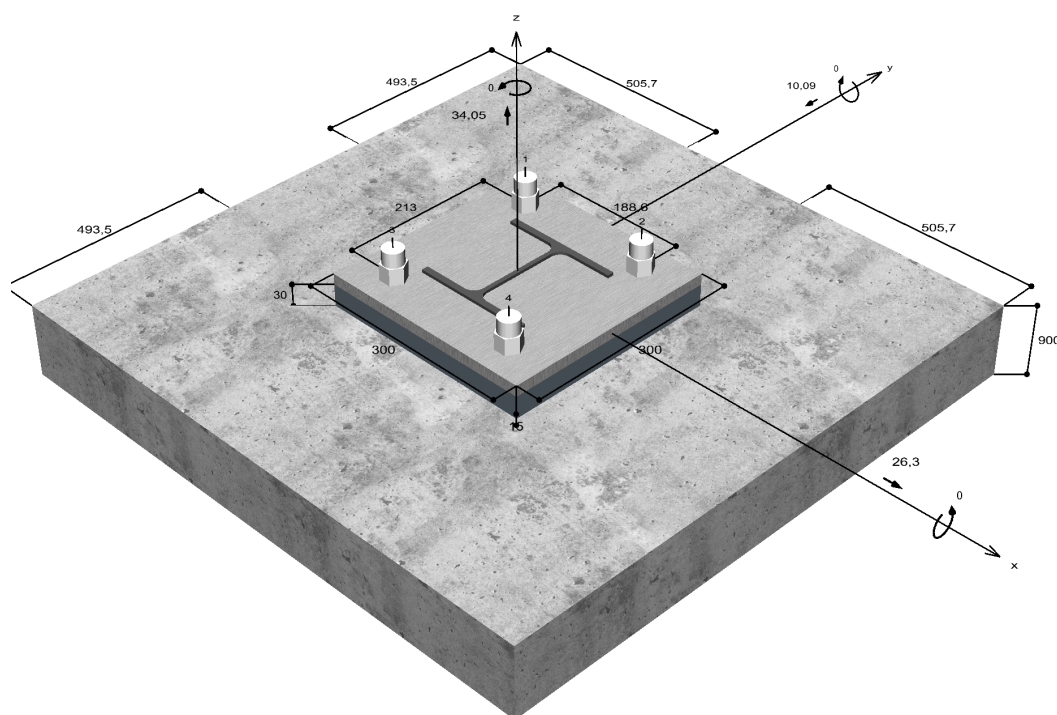
Systém	fischer Injektážní systém FIS EM Plus
Injektážní malta	FIS EM Plus 390 S
Upevňovací element	#Internal_threaded_anchor_RGMI RG 28 x 200 M 20 I, Ocel galvanicky zinkovaná
Upevňovací šroub	Šroub M 20, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 8.8, zákazníkem
Kotevní hloubka	200 mm
Design data	Návrh kotev dle Beton Evropský technický posudek ETA-17/0979, Option 1, Datum vydání 17.06.2020



Geometrie / Zatížení

mm, kN, kNm

Hodnoty návrhového zatížení (včetně součinitele bezpečnosti pro zatížení)



Neodpovídá měřítku

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



Vstupní data

Návrhová metoda	ETAG 001, TR 029, Příloha C, Metoda A
Kotevní podklad	C20/25, EN 206
Vlastnosti betonu	Tažený beton, Suchý otvor
Teplotní rozmezí	24 °C dlouhodobá teplota, 40 °C Krátkodobá teplota
Výztuž	Žádné nebo běžné armování.. Bez výztuže. S výztuží proti rozštěpení
Metoda vrtání	Příklepové vrtání
Typ montáže	Předsazená montáž
Prstencová mezera	Prstencová mezera bez výplně
Druh zatížení	Statické
Distance	S nenosnou vrstvou, g = 30 mm Rameno síly l = 48 mm Míra vetknutí $\alpha_M = 1,0$ Pevnost malty v tlaku: 30,0 N/mm ²
Tvar kotevní desky	300 mm x 300 mm x 15 mm
Typ profilu	HEA 160

Návrhová zatížení *)

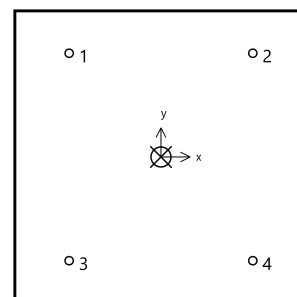
#	N _{Sd} kN	V _{Sd,x} kN	V _{Sd,y} kN	M _{Sd,x} kNm	M _{Sd,y} kNm	M _{T,Sd} kNm	Druh zatížení
1	34,05	26,30	-10,09	0,00	0,00	0,00	Statické

1: NC7

*) Požadovaný součinitel bezpečnosti pro zatížení je vzat do úvahy

Výsledné síly kotev

Kotva č.	Tahová síla kN	Smyková síla kN	Smyková síla x kN	Smyková síla y kN
1	8,51	7,04	6,58	-2,52
2	8,51	7,04	6,58	-2,52
3	8,51	7,04	6,58	-2,52
4	8,51	7,04	6,58	-2,52



Max. stlačení betonu :	0,00 ‰
Max. tlakové napětí v betonu :	0,0 N/mm ²
Výsledné tahové síly :	34,05 kN , Poloha X/Y (0 / 0)
Výsledné tlakové síly :	0,00 kN , Poloha X/Y (0 / 0)



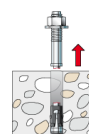
Návrhová únosnost v tahu

Důkaz	Zatížení kN	Únosnost kN	Využití β_N %
Selhání ocele *	8,51	119,33	7,1
Vytažení kotvy/Selhání betonu	34,05	146,20	23,3
Selhání betonu	34,05	120,89	28,2

* Nejnepriznivější kotva

Selhání ocele

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$

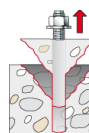


$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,s}$ %
179,00	1,50	119,33	8,51	7,1

Kotva č.	$\beta_{N,s}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1	7,1	1	$\beta_{N,s;1}$
2	7,1	2	$\beta_{N,s;2}$
3	7,1	3	$\beta_{N,s;3}$
4	7,1	4	$\beta_{N,s;4}$

Vytažení kotvy/Selhání betonu

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{re,Np}$$

Rovnice (5.2)

$$N_{Rk,p} = 123,15kN \cdot \frac{641091mm^2}{360000mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 219,31kN$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 28mm \cdot 200mm \cdot 7,0N/mm^2 = 123,15kN$$

Rovnice
(5.2a)

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot d \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,ucr}}{7,5}\right)^{0,5}; 3 \cdot h_{ef}\right)$$

Rovnice
(5.2c)

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot 28mm \cdot \left(\frac{12,0N/mm^2}{7,5}\right)^{0,5}; 3 \cdot 200mm\right) = 600mm$$

$$c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = \frac{600mm}{2} = 300mm$$

Rovnice
(5.2d)

$$\Psi_{s,Np} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{494mm}{300mm}\right) = 1,000 \leq 1$$

Rovnice
(5.2e)



$$\Psi_{g,Np} = \max\left(1; \Psi_{g,Np}^0 - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot (\Psi_{g,Np}^0 - 1)\right) = 1,000 - \sqrt{\frac{201mm}{600mm}} \cdot (1,000 - 1) = 1,000 \geq 1 \quad \text{Rovnice (5.2f)}$$

$$\Psi_{g,Np}^0 = \max\left(1; \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef}} \cdot f_{ck,cube}}\right)^{1,5}\right) \quad \text{Rovnice (5.2g)}$$

$$\Psi_{g,Np}^0 = \max\left(1; \sqrt{4} - (\sqrt{4} - 1) \cdot \left(\frac{28mm \cdot 7,0N/mm^2}{2,3 \cdot \sqrt{200mm \cdot 25,0N/mm^2}}\right)^{1,5}\right) = 1,000 \geq 1$$

$$\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2e_n}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{ec,Npx} \cdot \Psi_{ec,Npy} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.2h)}$$

$$\Psi_{ec,Npx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{600mm}} = 1,000 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Npy} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{600mm}} = 1,000 \leq 1$$

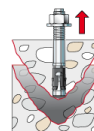
$$\Psi_{re,Np} = 1,000 \quad \text{Rovnice (5.2i)}$$

NRk,p kN	Ymp	NRd,p kN	NSd kN	βN,p %
219,31	1,50	146,20	34,05	23,3

Kotva č.	βN,p %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1, 2, 3, 4	23,3	1	βN,p;1

Selhání betonu

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$



$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \quad \text{Rovnice (5.3)}$$

$$N_{Rk,c} = 101,82kN \cdot \frac{641091mm^2}{360000mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 181,33kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{25,0N/mm^2} \cdot (200mm)^{1,5} = 101,82kN \quad \text{Rovnice (5.3a)}$$

$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{494mm}{300mm}\right) = 1,000 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.3c)}$$

$$\Psi_{re,N} = 1,000 \quad \text{Rovnice (5.3d)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_n}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1 \quad \text{Rovnice (5.3e)}$$

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{600mm}} = 1,000 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{600mm}} = 1,000 \leq 1$$

NRk,c kN	YMc	NRd,c kN	NSd kN	βN,c %
181,33	1,50	120,89	34,05	28,2



Kotva č.	$\beta_{N,c}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1, 2, 3, 4	28,2	1	$\beta_{N,c;1}$

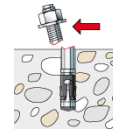
Únosnost ve smyku

Důkaz	Zatížení kN	Únosnost kN	Využití β_v %
Selhání ocele s ramenem síly *	7,04	8,12	86,8
Selhání betonu na opačné straně zatížení	28,17	241,77	11,7
Selhání okraje betonu	26,78	76,88	34,8

* Nejnepříznivější kotva

Selhání ocele s ramenem síly

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (V_{Rd,s})$$



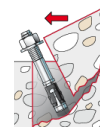
$$V_{Rk,s} = \frac{\alpha_M}{l} \cdot M_{Rk,s}^0 \cdot \left(1 - \frac{N_{Sd}}{N_{Rd,s}}\right) = \left(\frac{1}{0,048m} \cdot 519,0Nm \cdot \left(1 - \frac{8,51kN}{119,33kN}\right)\right) \div \left(1000 \frac{N}{kN}\right) = 10,15kN \quad \text{Rovnice (5.6/a)}$$

$V_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ kN	V_{Sd} kN	β_{Vs} %
10,15	1,25	8,12	7,04	86,8

Kotva č.	β_{Vs} %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1	86,8	1	$\beta_{Vs;1}$
2	86,8	2	$\beta_{Vs;2}$
3	86,8	3	$\beta_{Vs;3}$
4	86,8	4	$\beta_{Vs;4}$

Selhání betonu na opačné straně zatížení

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mcp}} \quad (V_{Rd,cp})$$



$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 2 \cdot 181,33kN = 362,66kN$$

Rovnice
(5.7a)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$

Rovnice (5.3)

$$N_{Rk,c} = 101,82kN \cdot \frac{641091mm^2}{360000mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 181,33kN$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7,2 \cdot \sqrt{25,0N/mm^2} \cdot (200mm)^{1,5} = 101,82kN$$

Rovnice
(5.3a)

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.



$$\Psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{494mm}{300mm}\right) = 1,000 \leq 1$$

Rovnice (5.3c)

$$\Psi_{re,N} = 1,000$$

Rovnice (5.3d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_n}{8c_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1$$

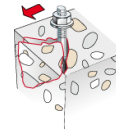
Rovnice (5.3e)

$V_{Rk,cp}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,cp}$ kN	V_{Sd} kN	$\beta_{V,cp}$ %
362,66	1,50	241,77	28,17	11,7

Kotva č.	$\beta_{V,cp}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1, 2, 3, 4	11,7	1	$\beta_{V,cp,1}$

Selhání okraje betonu

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (V_{Rd,c})$$



$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{\alpha,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{re,V}$$

Rovnice (5.8)

$$V_{Rk,c} = 160,43kN \cdot \frac{910300mm^2}{1150896mm^2} \cdot 0,895 \cdot 1,000 \cdot 1,015 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 115,32kN$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot d^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot c_1^{1,5}$$

Rovnice (5.8a)

$$V_{Rk,c}^0 = 1,7 \cdot (28mm)^{0,063} \cdot (200mm)^{0,056} \cdot \sqrt{25,0N/mm^2} \cdot (506mm)^{1,5} = 160,43kN$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{h_{ef}}{c_1}} = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{200mm}{506mm}} = 0,063 \quad \beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d}{c_1}\right)^{0,2} = 0,1 \cdot \left(\frac{28mm}{506mm}\right)^{0,2} = 0,056$$

Rovnice (5.8b/c)

$$\Psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5c_1} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{494mm}{1,5 \cdot 506mm} = 0,895 \leq 1$$

Rovnice (5.8e)

$$\Psi_{h,V} = \max\left(1; \sqrt{\frac{1,5c_1}{h}}\right) = \max\left(1; \sqrt{\frac{1,5 \cdot 506mm}{900mm}}\right) = 1,000 \geq 1$$

Rovnice (5.8f)

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_V}{2,5}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(\cos 10,9)^2 + \left(\frac{\sin 10,9}{2,5}\right)^2}} = 1,015 \geq 1$$

Rovnice (5.8g)

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2e_n}{3c_1}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{3 \cdot 506mm}} = 1,000 \leq 1$$

Rovnice (5.8h)

$$\Psi_{re,V} = 1,000$$

$V_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ kN	V_{Sd} kN	$\beta_{V,c}$ %
115,32	1,50	76,88	26,78	34,8




Kotva č.	$\beta_{V,c}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1, 3	34,0	1	$\beta_{V,c;1}$
2, 4	34,8	2	$\beta_{V,c;2}$

Využití tahových a smykových zatížení

Tahová zatížení	Využití β_N %	Smykové zatížení	Využití β_V %
Selhání ocele *	7,1	Selhání ocele s ramenem síly *	86,8
Vytažení kotvy/Selhání betonu	23,3	Selhání betonu na opačné straně zatížení	11,7
Selhání betonu	28,2	Selhání okraje betonu	34,8

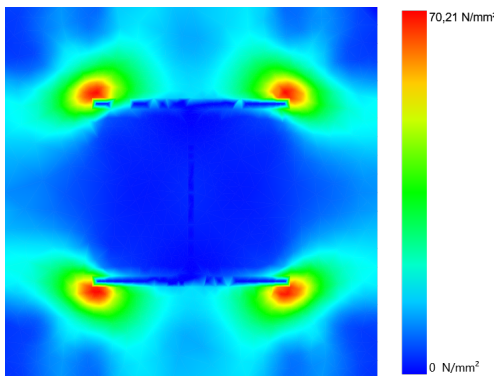
* Nejnepriznivější kotva

Únosnost kombinace tahu a smyku.

$\beta_N = \beta_{N;c;1} = 0,28 \leq 1$	 Zkouška úspěšná	Rovnice (5.9a)
$\beta_V = \beta_{V;s;1} = 0,87 \leq 1$		Rovnice (5.9b)
$\beta_N^{1,5} + \beta_V^{1,5} = \beta_{N;c;1}^{1,5} + \beta_{V;s;1}^{1,5} = 0,96 \leq 1$		Rovnice (5.10)

Tloušťka kotevní desky

Model napětí



Podrobnosti kotevní desky

Tloušťka kotevní desky	t =	15 mm
Materiál kotevní desky		S 355 (St 52)
Modul pružnosti	E =	210 000 N/mm ²
Pevnost na mezi kluzu	$R_{p,0,2}$ =	355 N/mm ²
Součinitel bezpečnosti	γ_M =	1,0
Poissonovo číslo	ν =	0,3
Využití	η =	20 %
Typ profilu		HEA 160

Technické poznámky

Pokud je zadaná okrajová vzdálenost nižší než charakteristická ($c_{cr,N}$ - návrhová metoda A), měla by být přítomna podélná výztuž o průměru min. 6mm souběžná s okrajem betonové konstrukce a to po celé hloubce kotvení. Výpočet byl proveden s předpokladem, že je v kotevním podkladu podélná výztuž účinně bránící jeho rozštěpení. V tomto případě lze vypustit posouzení selhání rozštěpením.

Přenos zatížení prostřednictvím kotev do betonové konstrukce by měl být zohledněn při posuzování konstrukce na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti; posouzení by mělo být provedeno s ohledem na zatížení představované kotvami. Pro ověření je nutné vzít do úvahy bezpečnostní standardy v souladu s platnými normami.



C-FIX 1.99.0.0

Verze databáze

2021.4.3.17.13

Datum

01.05.2021

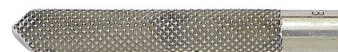
fischer



Informace k montáži

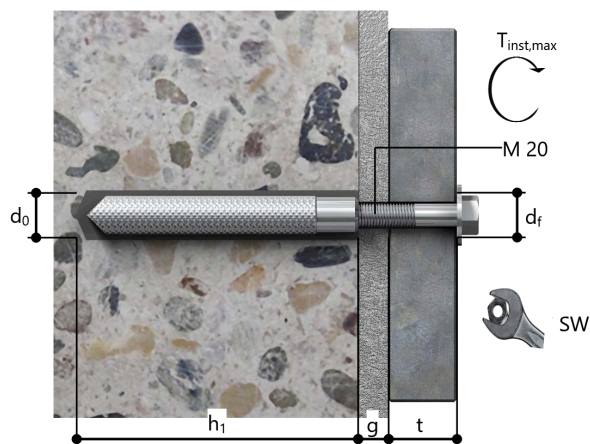
Kotva

Systém	fischer Injektážní systém FIS EM Plus	
Injektážní malta	FIS EM Plus 390 S (kartuše dalších rozměrů jsou k dispozici)	Kat. č. 544176
Upevňovací element	#Internal_threaded_anchor_RGMI RG 28 x 200 M 20 I, Ocel galvanicky zinkovaná	Kat. č. 50564
Upevňovací šroub	Šroub M 20, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 8.8	zákazníkem
Příslušenství	FIS MR Plus FIS prodlužovací hadička 9 mm Vytlačovací pistole FIS DM S Nástroj pro čištění stlačeným vzduchem Stlačený vzduch ($p \geq 6$ bar) Čistící kartáček BS 35 SDS MAX IV 32/250/370 Quattric II 32/400/450 Vrták s SK plátkem, \varnothing 32 mm, pracovní délka 200 mm	Kat. č. 545853 Kat. č. 48983 Kat. č. 511118 Kat. č. 93286 Na stavbě Kat. č. 78184 Kat. č. 504247 Kat. č. 549970 Na stavbě
Alternativní kartuše	FIS EM Plus 585 S FIS EM Plus 1500 S Zobrazené kartuše jsou alternativní k zvýrazněným kartuším výše se stejným číslem schválením.	Kat. č. 544165 Kat. č. 544167



Detaily montáže

Průměr závitu	M 20
Průměr vyvrtaného otvoru	$d_0 = 32$ mm
Hloubka vyvrtaného otvoru	$h_1 = 200$ mm
Kotevní hloubka	$h_{ef} = 200$ mm
Metoda vrtání	Příklepové vrtání
Čištění vyvrtaného otvoru	Dvakrát vyfouknout pumpičkou, dvakrát vyčistit kartáčkem, dvakrát vyfouknout pumpičkou.
Typ montáže	Předsazená montáž
Prstencová mezera	Prstencová mezera bez výplně
Min. hloubka zašroubování	$l_{s,min} = 20$ mm
Max. hloubka zašroubování	$l_{s,max} = 45$ mm
Maximální krouticí moment	$T_{inst,max} = 120,0$ Nm
Velikost klíče	30 mm
Tloušťka kotevní desky	$t = 15$ mm
Tloušťka podlití	$g \leq 30$ mm
t_{fix}	$t_{fix} \leq 45$ mm
$T_{fix,max}$	$t_{fix,max} = 1\ 000$ mm
Objem chemické malty na jednu kotvu	48 ml/24 Stupnice jednotek





Podrobnosti kotevní desky

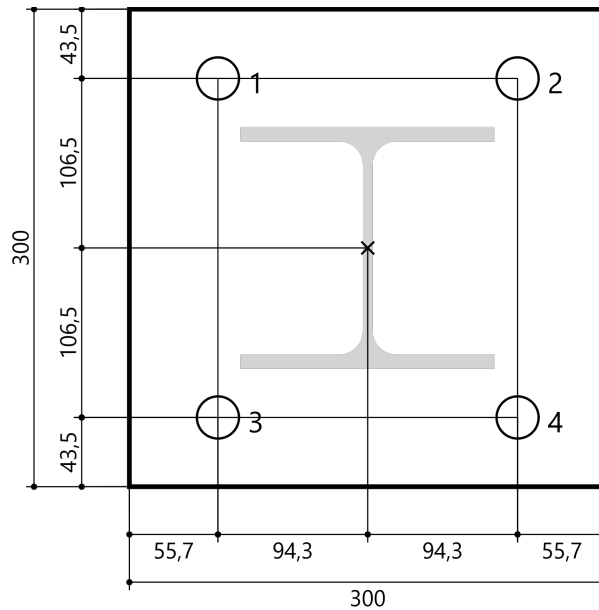
Materiál kotevní desky S 355 (St 52)
Tloušťka kotevní desky $t = 15$ mm
Průměr otvoru v kotevní desce $d_f = 22$ mm

Přípevňovaná součást

Typ profilu HEA 160

Souřadnice kotvy

Kotva č.	x mm	y mm
1	-94,278	106,497
2	94,278	106,497
3	-94,278	-106,497
4	94,278	-106,497





ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

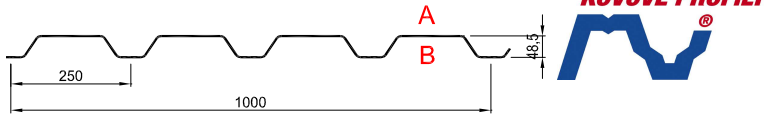
Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Příloha I: Tabulková únosnost trapézového plechu TR 50/250 ocelobetonového stropu

TR 50/250

pozitivní



dle ČSN EN 1993-1-3: 2010

$\gamma_{Mo} = 1,00$

Deformace = **L/200**

t _N [mm]	g [kg/m ²]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m ²]																					
		Rozpětí [m]																					
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	
0,63	6,30	q _{d1}	14,56	9,32	6,47	4,75	3,64	2,88	2,33	1,93	1,62	1,38	1,19	1,04	0,91	0,81	0,72	0,65	0,58	0,53	0,48	0,44	0,40
		q _{d2}	5,92	4,74	3,95	3,38	2,96	2,63	2,33	1,93	1,62	1,38	1,19	1,04	0,91	0,81	0,72	0,65	0,58	0,53	0,48	0,44	0,40
		q _k	13,47	6,90	3,99	2,51	1,68	1,18	0,86	0,65	0,50	0,39	0,31	0,26	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06
0,75	7,50	q _{d1}	19,04	12,19	8,46	6,22	4,76	3,76	3,05	2,52	2,12	1,80	1,55	1,35	1,19	1,05	0,94	0,84	0,76	0,69	0,63	0,58	0,53
		q _{d2}	8,72	6,97	5,81	4,98	4,36	3,76	3,05	2,52	2,12	1,80	1,55	1,35	1,19	1,05	0,94	0,84	0,76	0,69	0,63	0,58	0,53
		q _k	17,13	8,77	5,08	3,20	2,14	1,50	1,10	0,82	0,63	0,50	0,40	0,32	0,27	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08
0,88	8,80	q _{d1}	24,44	15,64	10,86	7,98	6,11	4,83	3,91	3,23	2,72	2,31	1,99	1,74	1,53	1,35	1,21	1,08	0,98	0,89	0,81	0,74	0,68
		q _{d2}	12,31	9,85	8,21	7,03	6,11	4,83	3,91	3,23	2,72	2,31	1,99	1,74	1,53	1,35	1,21	1,08	0,98	0,89	0,81	0,74	0,68
		q _k	21,36	10,94	6,33	3,99	2,67	1,88	1,37	1,03	0,79	0,62	0,50	0,41	0,33	0,28	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10
1,00	10,00	q _{d1}	29,89	19,13	13,29	9,76	7,47	5,91	4,78	3,95	3,32	2,83	2,44	2,13	1,87	1,66	1,48	1,32	1,20	1,08	0,99	0,90	0,83
		q _{d2}	16,13	12,91	10,76	9,22	7,47	5,91	4,78	3,95	3,32	2,83	2,44	2,13	1,87	1,66	1,48	1,32	1,20	1,08	0,99	0,90	0,83
		q _k	25,57	13,09	7,58	4,77	3,20	2,24	1,64	1,23	0,95	0,74	0,60	0,48	0,40	0,33	0,28	0,24	0,20	0,18	0,15	0,13	0,12
1,13	11,30	q _{d1}	36,30	23,23	16,13	11,85	9,08	7,17	5,81	4,80	4,03	3,44	2,96	2,58	2,27	2,01	1,79	1,61	1,45	1,32	1,20	1,10	1,01
		q _{d2}	20,83	16,66	13,88	11,85	9,08	7,17	5,81	4,80	4,03	3,44	2,96	2,58	2,27	2,01	1,79	1,61	1,45	1,32	1,20	1,10	1,01
		q _k	30,82	15,78	9,13	5,75	3,85	2,71	1,97	1,48	1,14	0,90	0,72	0,58	0,48	0,40	0,34	0,29	0,25	0,21	0,19	0,16	0,14
1,25	12,50	q _{d1}	42,00	26,88	18,67	13,71	10,50	8,30	6,72	5,55	4,67	3,98	3,43	2,99	2,63	2,33	2,07	1,86	1,68	1,52	1,39	1,27	1,17
		q _{d2}	25,65	20,52	17,10	13,71	10,50	8,30	6,72	5,55	4,67	3,98	3,43	2,99	2,63	2,33	2,07	1,86	1,68	1,52	1,39	1,27	1,17
		q _k	35,92	18,39	10,64	6,70	4,49	3,15	2,30	1,73	1,33	1,05	0,84	0,68	0,56	0,47	0,39	0,34	0,29	0,25	0,22	0,19	0,17

t _N [mm]	g [kg/m ²]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m ²]																					
		Rozpětí [m]																					
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	
0,63	6,30	q _{d1}	8,99	6,43	4,84	3,78	3,04	2,50	2,09	1,78	1,53	1,33	1,17	1,03	0,92	0,82	0,73	0,66	0,60	0,54	0,49	0,45	0,41
		q _{d2}	7,77	5,64	4,29	3,39	2,75	2,28	1,92	1,64	1,42	1,24	1,09	0,97	0,86	0,78	0,70	0,64	0,58	0,53	0,49	0,45	0,41
		q _k	32,44	16,61	9,61	6,05	4,06	2,85	2,08	1,56	1,20	0,95	0,76	0,62	0,51	0,42	0,36	0,30	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
0,75	7,50	q _{d1}	12,66	9,03	6,78	5,29	4,25	3,49	2,92	2,48	2,13	1,85	1,62	1,43	1,27	1,13	1,01	0,90	0,81	0,74	0,67	0,62	0,57
		q _{d2}	10,97	7,93	6,03	4,75	3,85	3,18	2,68	2,28	1,97	1,72	1,52	1,34	1,20	1,08	0,98	0,89	0,81	0,74	0,67	0,62	0,57
		q _k	41,27	21,13	12,23	7,70	5,16	3,62	2,64	1,98	1,53	1,20	0,96	0,78	0,64	0,54	0,45	0,39	0,33	0,29	0,25	0,22	0,19
0,88	8,80	q _{d1}	16,91	11,98	8,96	6,96	5,57	4,56	3,80	3,22	2,76	2,40	2,10	1,83	1,61	1,42	1,27	1,14	1,03	0,93	0,85	0,78	0,72
		q _{d2}	14,69	10,56	7,99	6,27	5,06	4,17	3,50	2,98	2,57	2,24	1,97	1,74	1,56	1,40	1,26	1,14	1,03	0,93	0,85	0,78	0,72
		q _k	51,46	26,35	15,25	9,60	6,43	4,52	3,29	2,47	1,91	1,50	1,20	0,98	0,80	0,67	0,56	0,48	0,41	0,36	0,31	0,27	0,24
1,00	10,00	q _{d1}	21,20	14,95	11,14	8,63	6,88	5,63	4,69	3,96	3,39	2,93	2,53	2,20	1,94	1,72	1,53	1,37	1,24	1,12	1,02	0,94	0,86
		q _{d2}	18,45	13,21	9,96	7,79	6,27	5,17	4,33	3,68	3,16	2,75	2,42	2,14	1,91	1,71	1,53	1,37	1,24	1,12	1,02	0,94	0,86
		q _k	61,60	31,54	18,25	11,49	7,70	5,41	3,94	2,96	2,28	1,79	1,44	1,17	0,96	0,80	0,68	0,57	0,49	0,43	0,37	0,32	0,29
1,13	11,30	q _{d1}	26,22	18,41	13,67	10,56	8,41	6,86	5,70	4,81	4,10	3,49	3,01	2,63	2,31	2,05	1,83	1,64	1,48	1,34	1,22	1,12	1,03
		q _{d2}	22,87	16,31	12,25	9,56	7,68	6,31	5,28	4,48	3,85	3,34	2,93	2,59	2,31	2,05	1,83	1,64	1,48	1,34	1,22	1,12	1,03
		q _k	74,25	38,02	22,00	13,85	9,28	6,52	4,75	3,57	2,75	2,16	1,73	1,41	1,16	0,97	0,81	0,69	0,59	0,51	0,45	0,39	0,34
1,25	12,50	q _{d1}	31,17	21,81	16,15	12,45	9,89	8,06	6,69	5,63	4,73	4,04	3,48	3,03	2,67	2,36	2,11	1,89	1,71	1,55	1,41	1,29	1,19
		q _{d2}	27,23	19,35	14,50	11,29	9,05	7,43	6,20	5,26	4,51	3,92	3,43	3,03	2,67	2,36	2,11	1,89	1,71	1,55	1,41	1,29	1,19
		q _k	86,53	44,30	25,64	16,14	10,82	7,60	5,54	4,16	3,20	2,52	2,02	1,64	1,35	1,13	0,95	0,81	0,69	0,60	0,52	0,46	0,40

t _N [mm]	g [kg/m ²]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m ²]																					
		Rozpětí [m]									pro spojitý nosník o třech polích lze únosnost zvýšit o 7%												
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	
0,63	6,30	q _{d1}	10,24	7,34	5,54	4,34	3,49	2,88	2,41	2,05	1,76	1,54	1,35	1,19	1,06	0,96	0,86	0,77	0,69	0,63	0,57	0,53	0,48
		q _{d2}	7,40	5,92	4,87	3,85	3,13	2,60	2,19	1,87	1,62	1,42	1,25	1,11	0,99	0,89	0,81	0,74	0,67	0,62	0,57	0,52	0,48
		q _k	25,60	13,11	7,59	4,78	3,20	2,25	1,64	1,23	0,95	0,75	0,60	0,49	0,40	0,33	0,28	0,24	0,20	0,18	0,15	0,13	0,12
0,75	7,50	q _{d1}	14,43	10,32	7,77	6,07	4,88	4,01	3,36	2,85	2,46	2,13	1,87	1,66	1,48	1,31	1,17	1,05	0,95	0,86	0,79	0,72	0,66
		q _{d2}	10,90	8,72	6,84	5,40	4,38	3,63	3,06	2,62	2,26	1,98	1,74	1,55	1,38	1,24	1,12	1,02	0,93	0,85	0,79	0,72	0,66
		q _k	32,57	16,68	9,65	6,08	4,07	2,86	2,08	1,57	1,21	0,95	0,76	0,62	0,51	0,42	0,36	0,30	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15
0,88	8,80	q _{d1}	19,32	13,72	10,28	8,00	6,41	5,25	4,39	3,72	3,19	2,77	2,43	2,13	1,87	1,66	1,48	1,33	1,20	1,09	0,99	0,91	0,83
		q _{d2}	15,39	11,96	9,08	7,14	5,78	4,77	4,01	3,42	2,95	2,57	2,26	2,01	1,79	1,61	1,45	1,32	1,20	1,09	0,99	0,91	0,83
		q _k	40,61	20,79	12,03	7,58	5,08	3,57	2,60	1,95	1,50	1,18	0,95	0,77	0,63	0,53	0,45	0,38	0,32	0,28	0,24	0,21	0,19
1,00	10,00	q _{d1}	24,26	17,16	12,80	9,93	7,94	6,49	5,41	4,58	3,93	3,40	2,95	2,57	2,26	2,00	1,79	1,60	1,45	1,31	1,20	1,09	1,00
		q _{d2}	20,17	14,99	11,34	8,89	7,17	5,91	4,96	4,22	3,64	3,17	2,78	2,46	2,20	1,97	1,78	1,60	1,45	1,31	1,20	1,09	1,00
		q _k	48,61	24,89	14,40	9,07	6,08	4,27	3,11	2,34	1,80	1,42	1,13	0,92	0,76	0,63	0,53	0,45	0,39	0,34	0,29	0,26	0,23
1,13	11,30	q _{d1}	30,06	21,16	15,74	12,17	9,70	7,92	6,59	5,57	4,77	4,08	3,52	3,06	2,69	2,39	2,13	1,91	1,73	1,57	1,43	1,31	1,20
		q _{d2}	25,87	18,52	13,96	10,92	8,79	7,23	6,06	5,15	4,43	3,85	3,38	2,99	2,67	2,39							



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Sportovní hala s tenisovým hřištěm

IV. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Vypracoval: Pavel Polanský

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

Květen 2021

Seznam výkresů

Výkres č.1 – Půdorys konstrukce střechy, Boční pohled

Výkres č.2 – Příčný řez, Pohled na štítovou stěnu

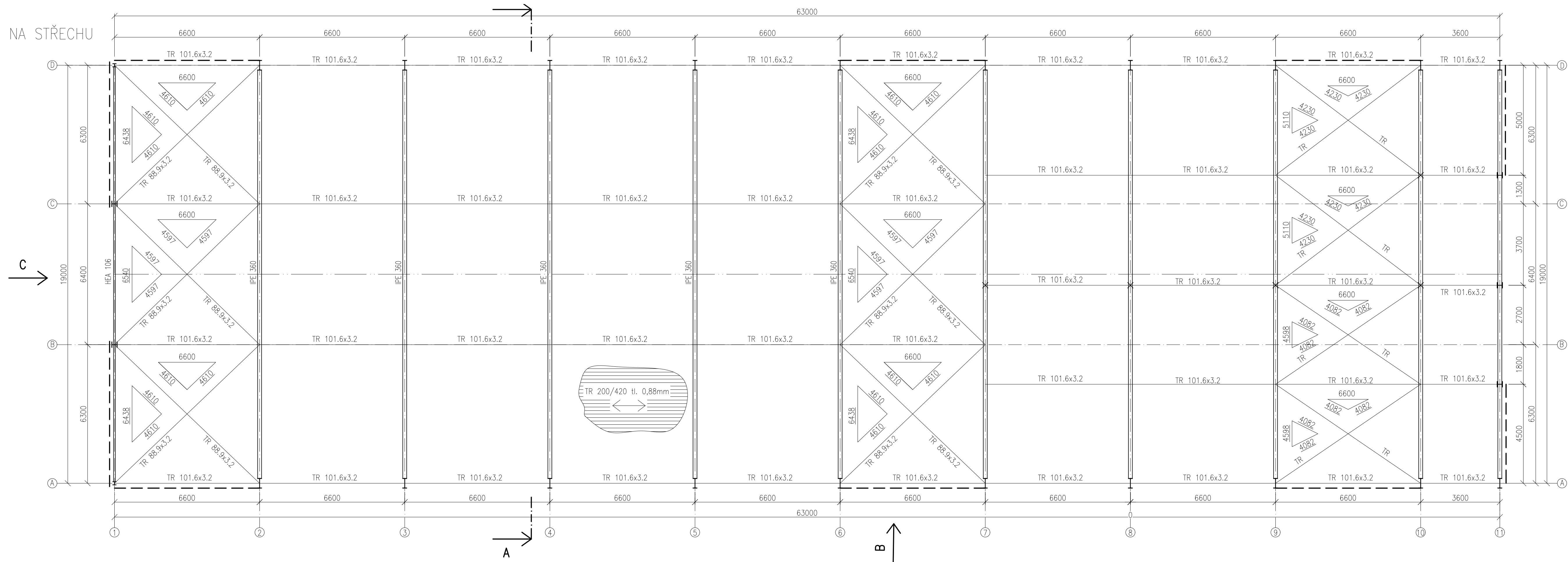
Výkres č.3 – Výkres dispozice 2. a 3. NP

Výkres č.4 – Detail D1 – vetknutá patka

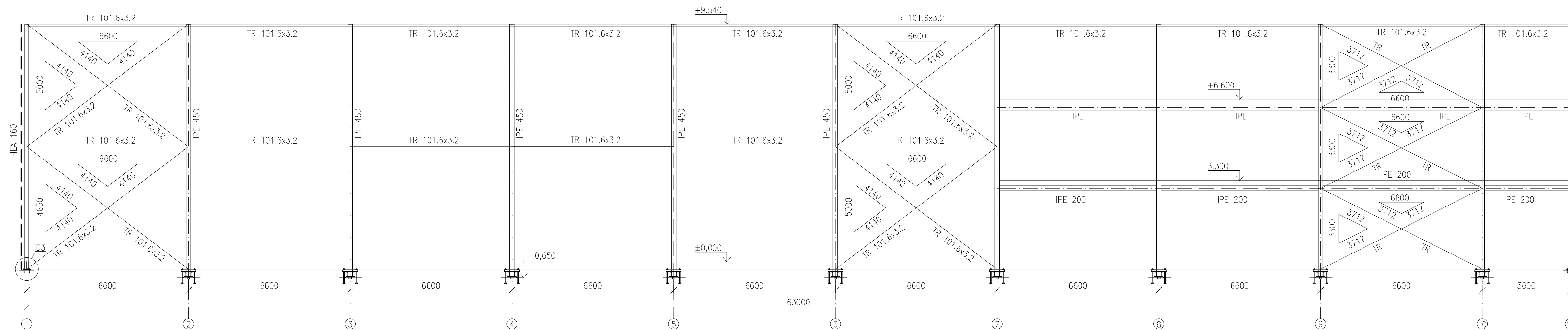
Výkres č.5 – Detail D3 – rohová patka štítové stěny, Detail D4 – sloup štítové stěny

Výkres č.6 – Detail D2 – rámový roh, Detail přípoje stropnice na průvlak

POHLED NA STŘECHU

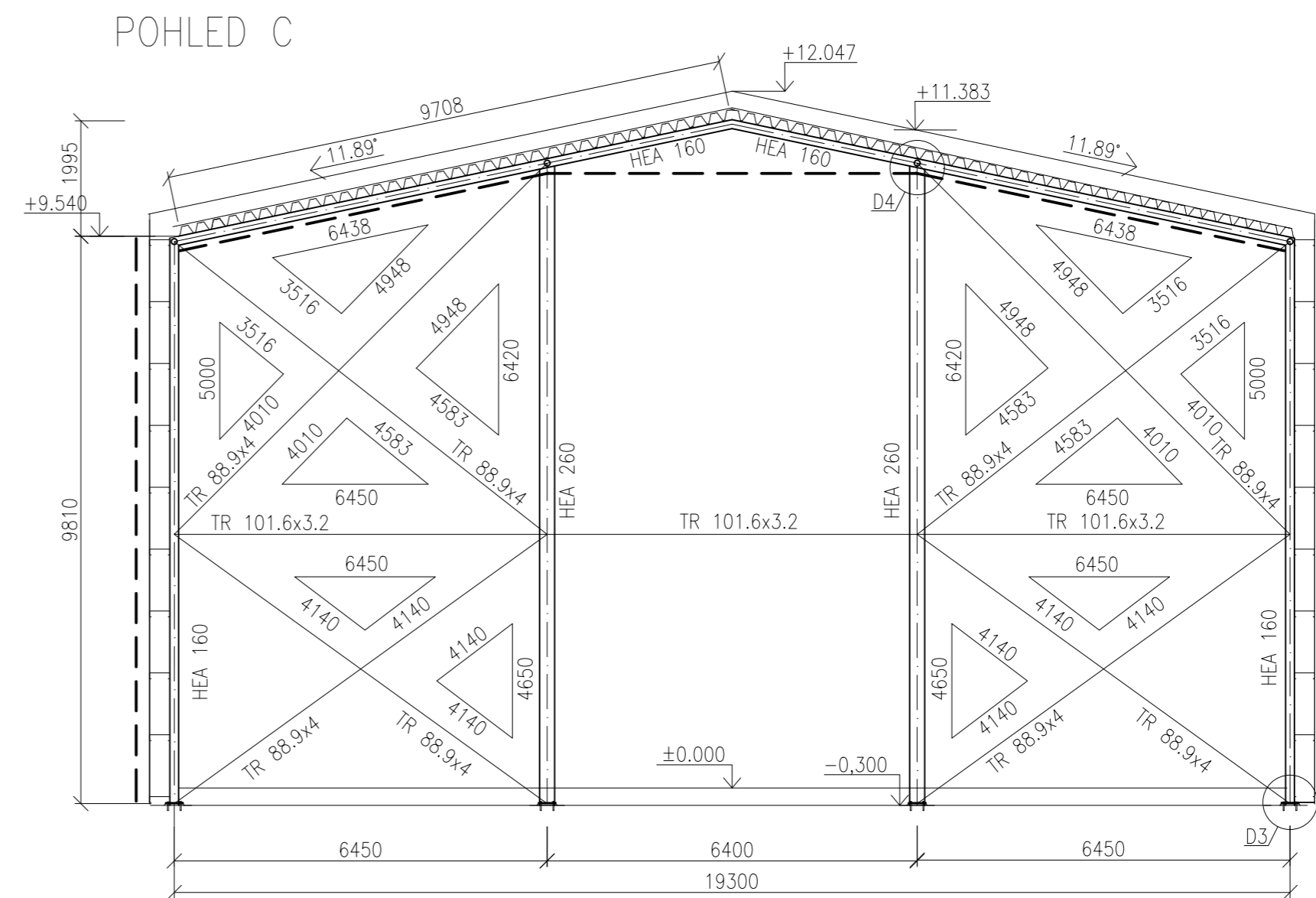
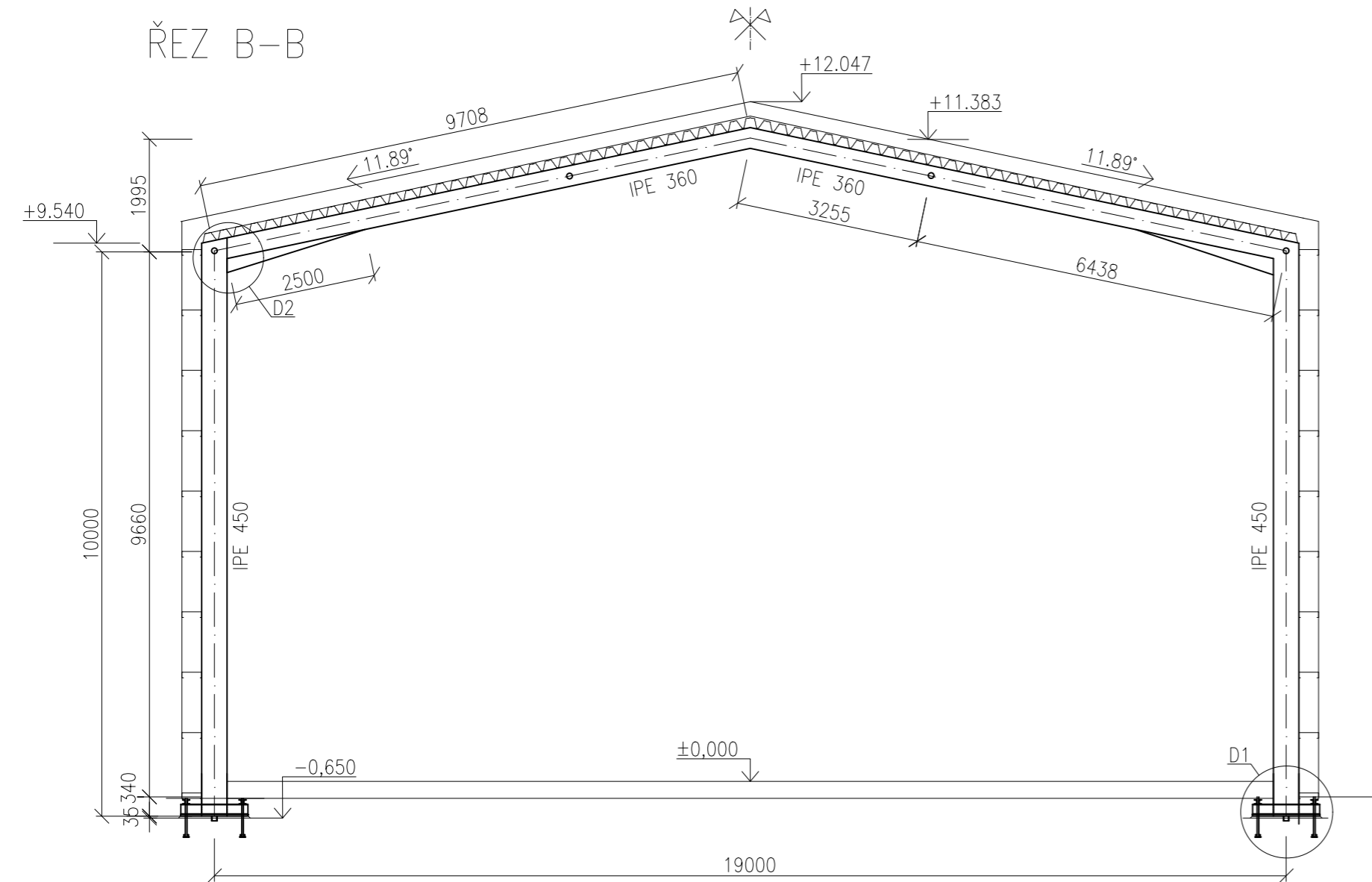


POHLED A



Ocel S355JR
 S235JR (OCELOVÉ KRUHOVÉ TRUBKY)
 S350GD Z275 (C VAZNICE)
 S320GD Z275 (TRAPÉZOVÝ PLECH)
 Beton C20/25
 Třída provedení EXC2

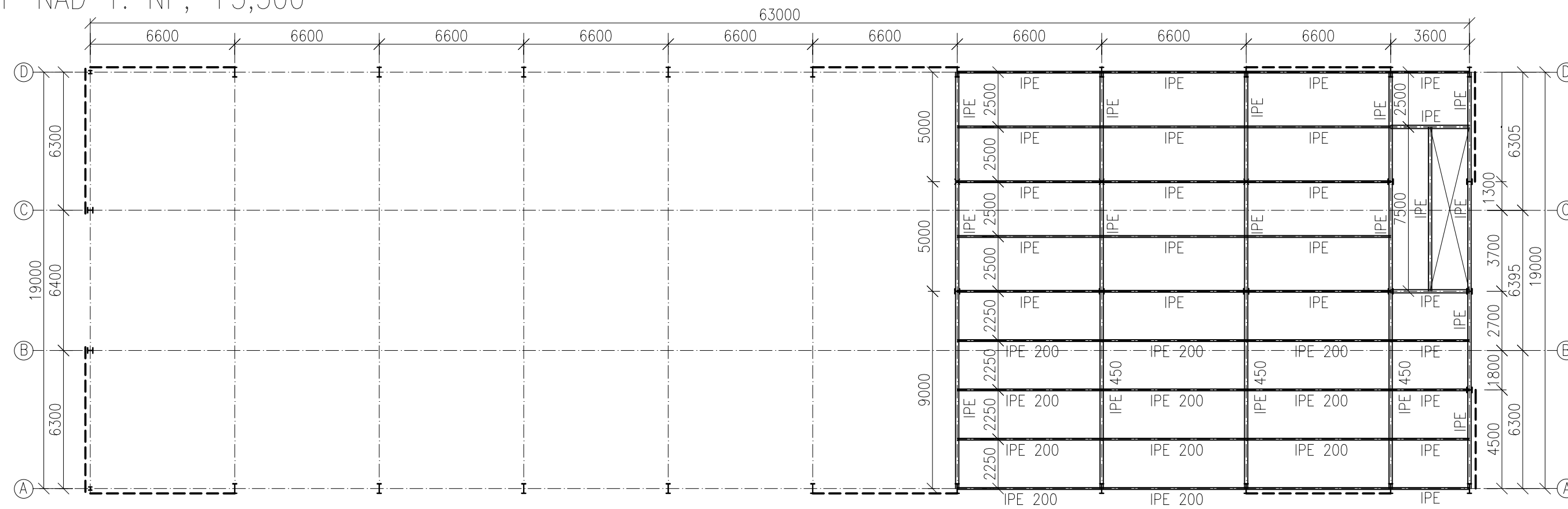
Zpracoval: Pavel Polanský	Konzultant: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok: 2020-2021	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: Bakalářská práce		Datum: 12.05.2021	Meřítko: 1:100
Úloha: Výkresová dokumentace		Č. výkresu: 1	
Výkres: Půdorys konstrukce střechy, Boční pohled			



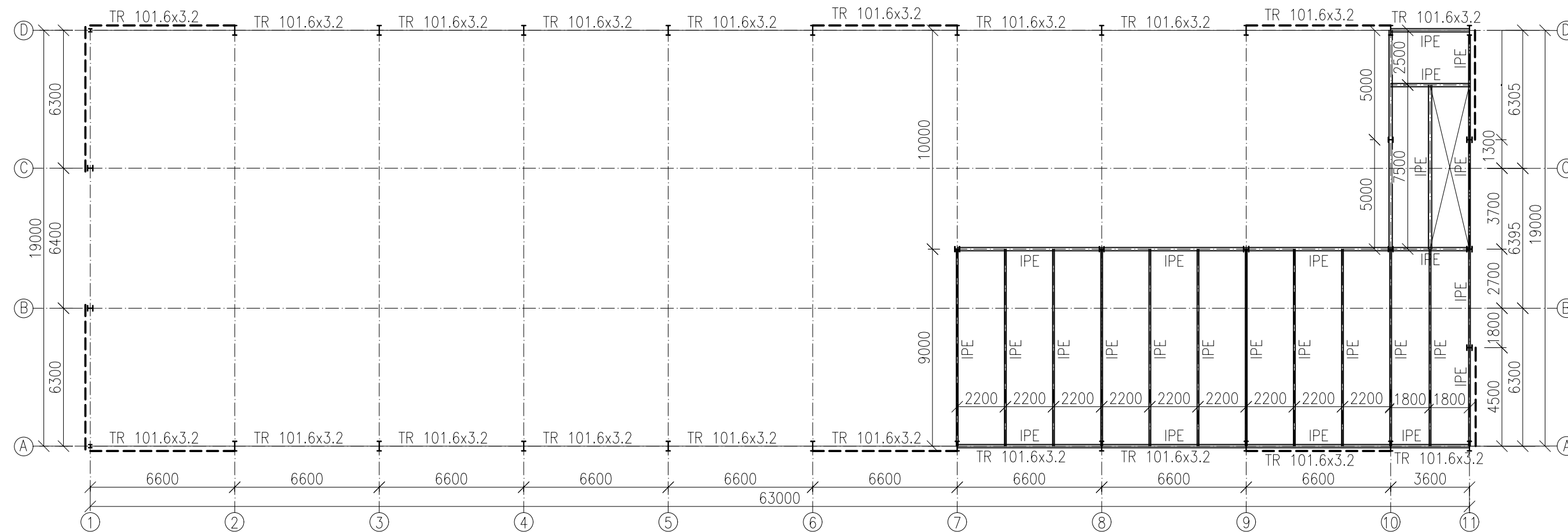
Ocel S355JR
 S235JR (OCELOVÉ KRUHOVÉ TRUBKY)
 S350GD Z275 (C VAZNICE)
 S320GD Z275 (TRAPÉZOVÝ PLECH)
 Beton C20/25
 Třída provedení EXC2

Zpracoval: Pavel Polanský	Konzultant: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok: 2020-2021	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: Bakalářská práce			Datum: 12.05.2021
Úloha: Výkresová dokumentace			Měřítko: 1:100
Výkres: Příčný řez, Pohled na štítovou stěnu			Č. výkresu: 2

STROP NAD 1. NP, +3,300



STROP NAD 2. NP +6,600

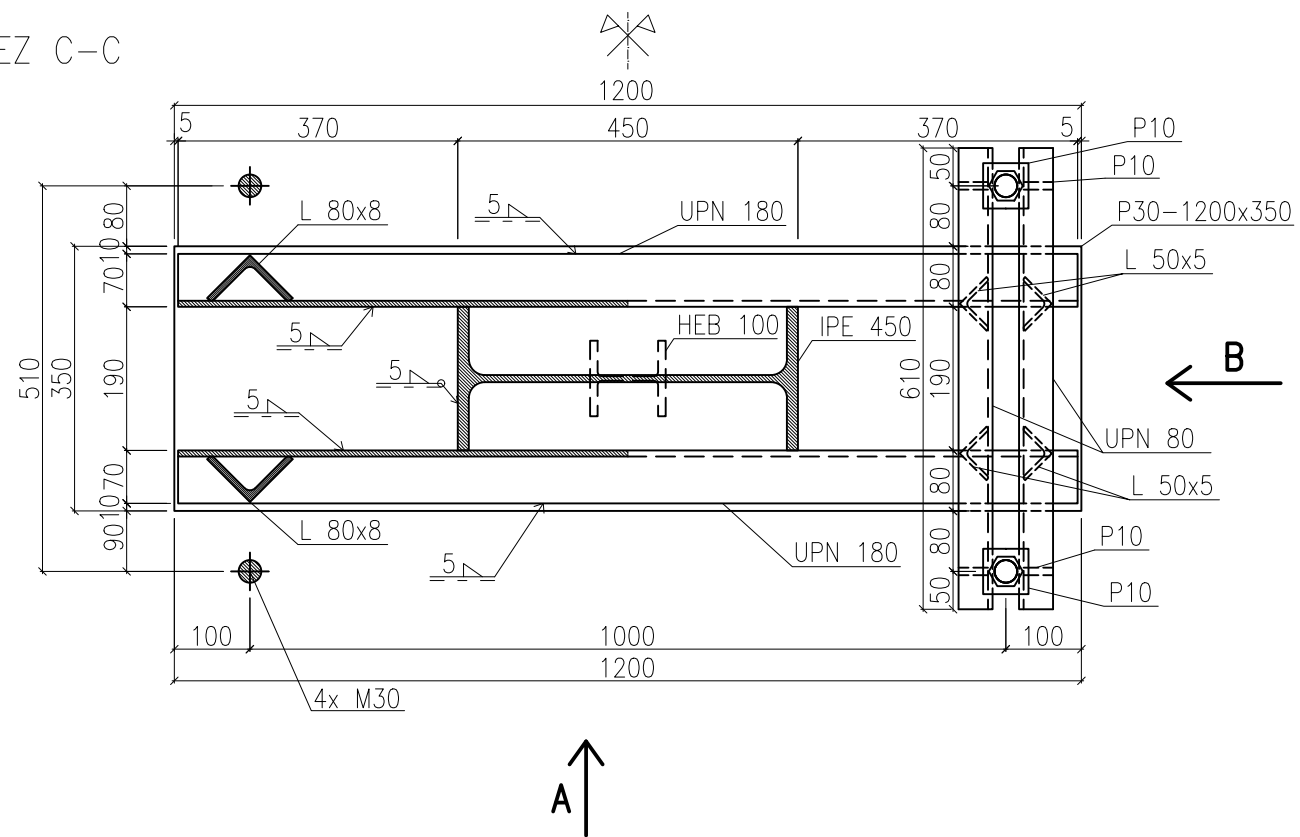


Ocel S355JR
 S235JR (OCELOVÉ KRUHOVÉ TRUBKY)
 S350GD Z275 (C VAZNICE)
 S320GD Z275 (TRAPÉZOVÝ PLECH)
 Beton C20/25
 Třída provedení EXC2

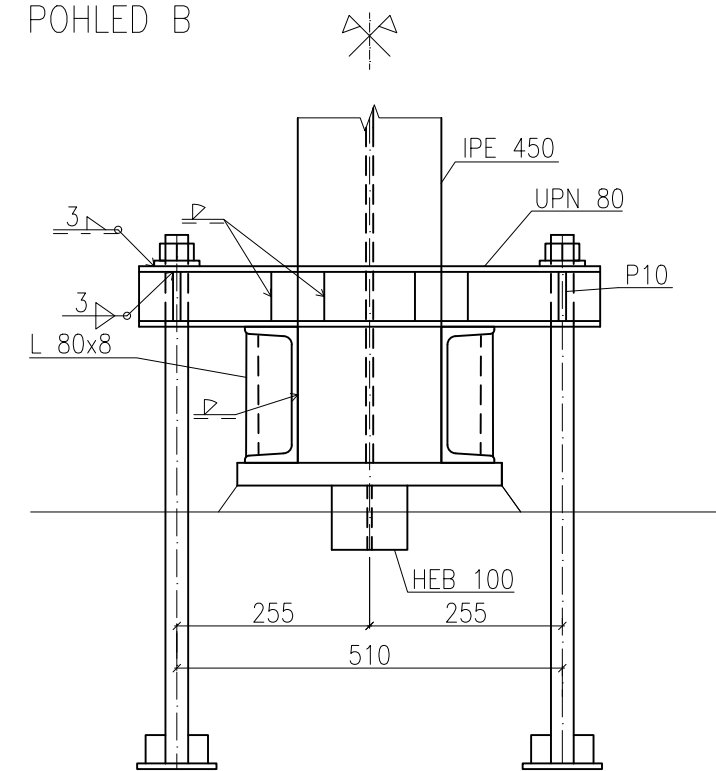
Zpracoval: Pavel Polanský	Konzultant: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok: 2020-2021	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: Bakalářská práce			Datum: 12.05.2021
Úloha: Výkresová dokumentace			Meřítko: 1:200
Výkres: Výkres dispozice 2. a 3. NP			Č. výkresu: 3

DETAIL D1 – VETKNUTÁ PATKA

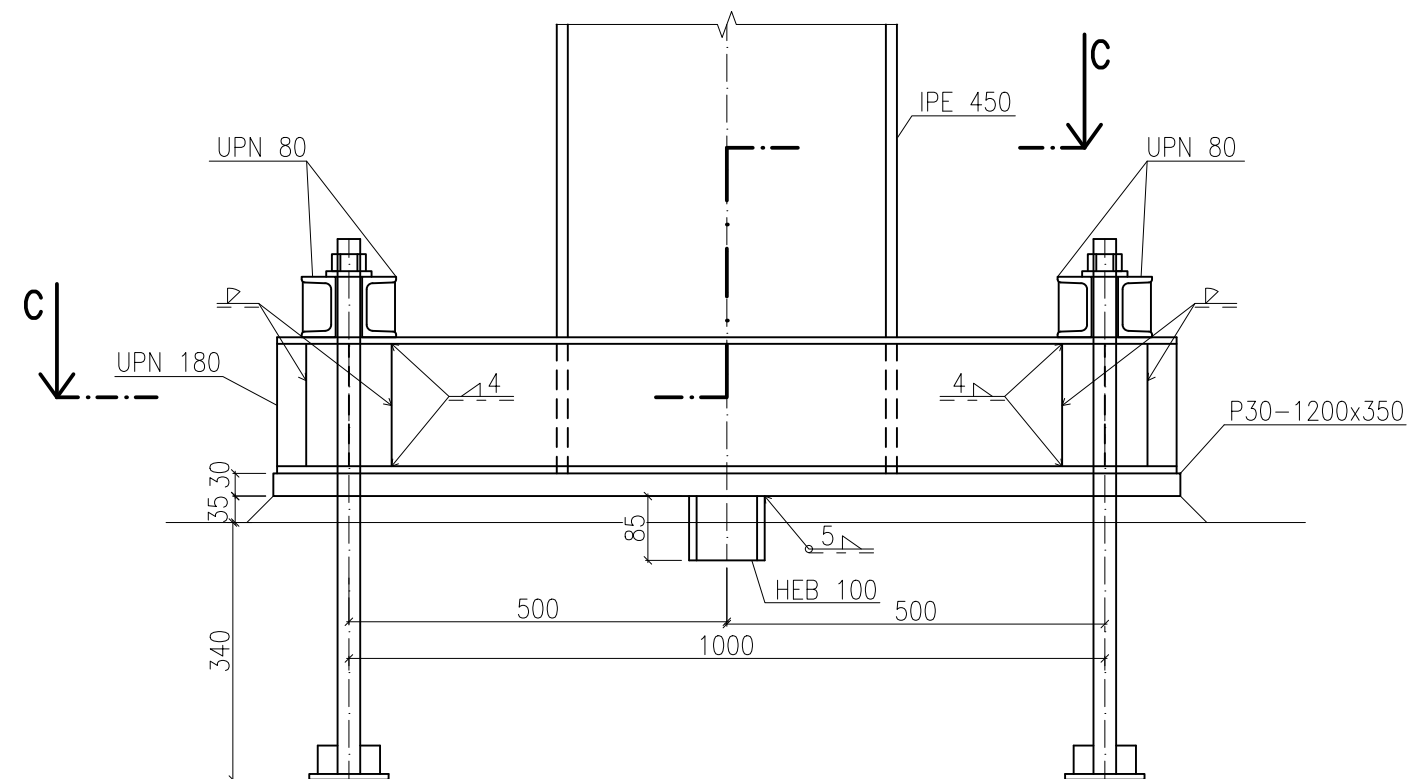
ŘEZ C-C



POHLED B



POHLED A

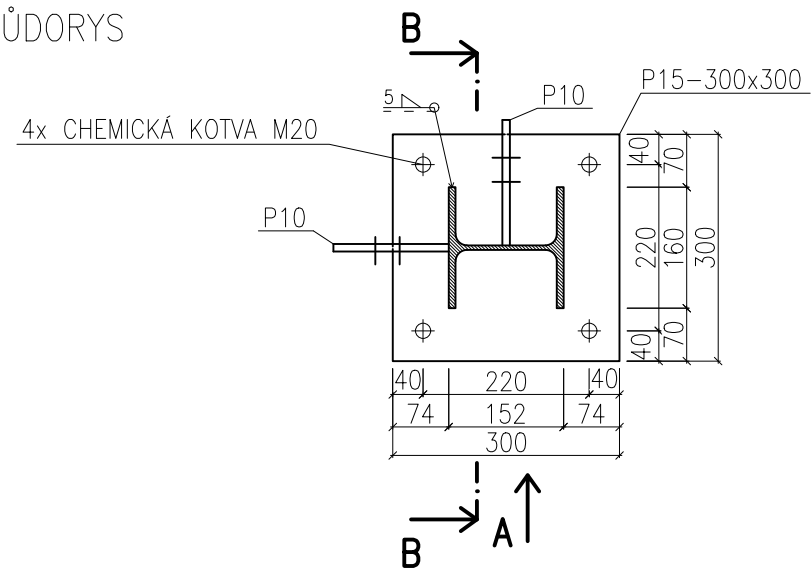


Ocel S355JR
Třída provedení EXC2

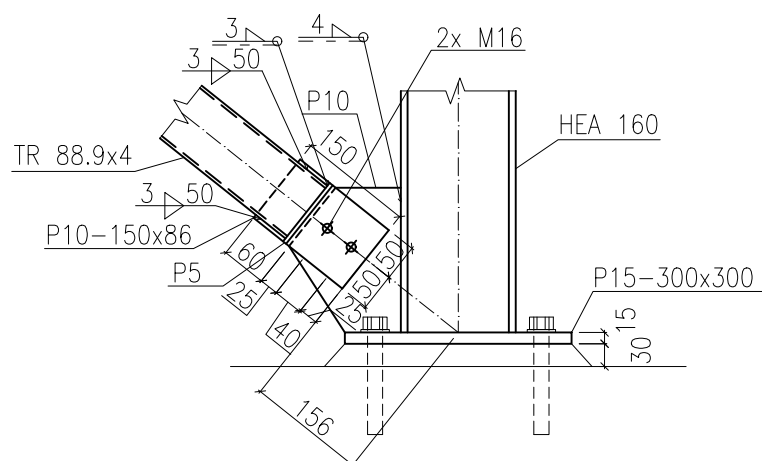
Zpracoval: Pavel Polanský	Konzultant: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok: 2020-2021	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: Bakalářská práce			Datum 12.05.2021
Úloha: Výkresová dokumentace			Meřítko 1:10
Výkres: Detail D1 - vetknutá patka			Č. výkresu 4

DETAIL D3 – ROHOVÁ PATKA

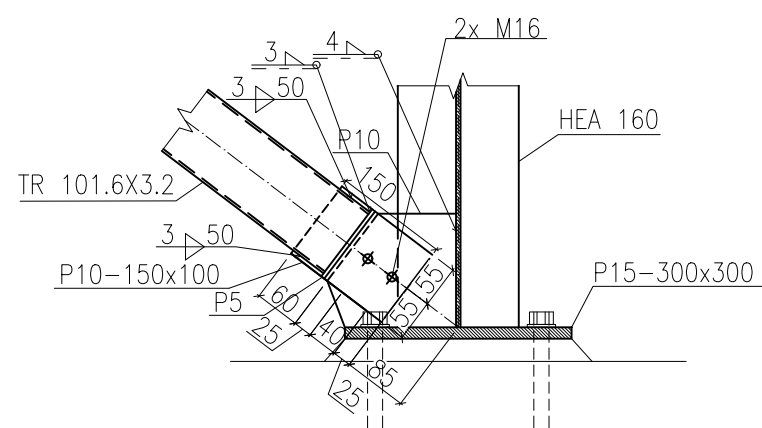
PŮDORYS



POHLED A

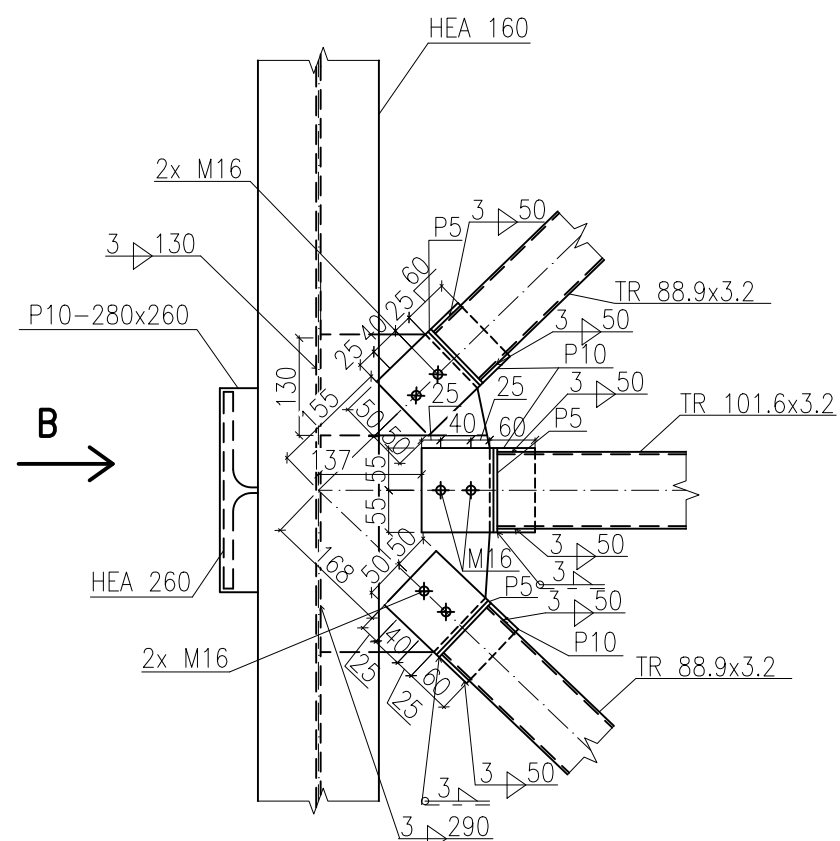


ŘEZ B-B

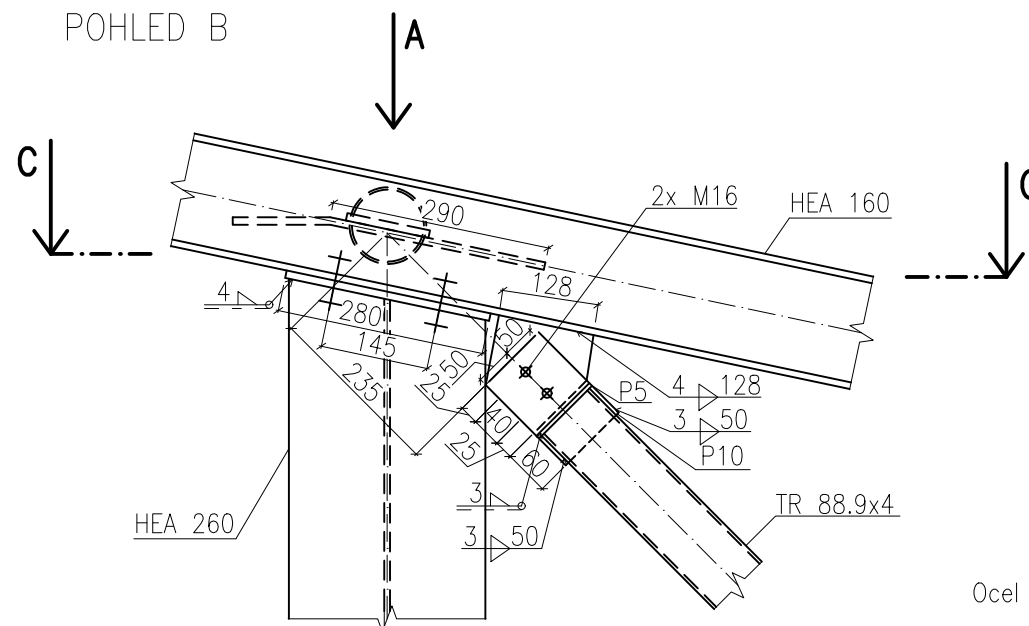


DETAIL D4 – SLOUP ŠTÍTOVÉ STĚNY

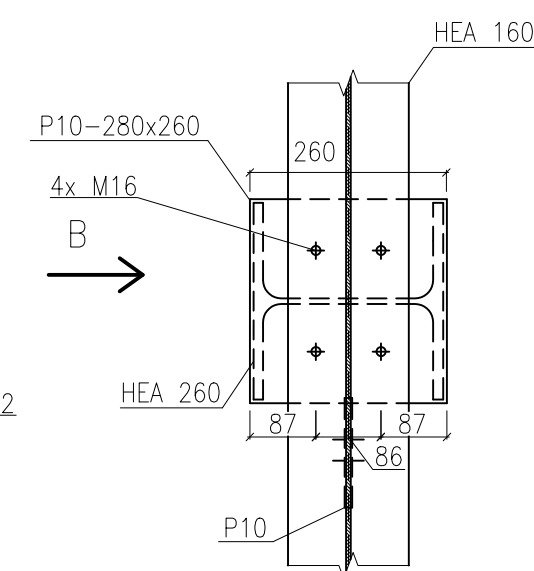
POHLED A



POHLED B



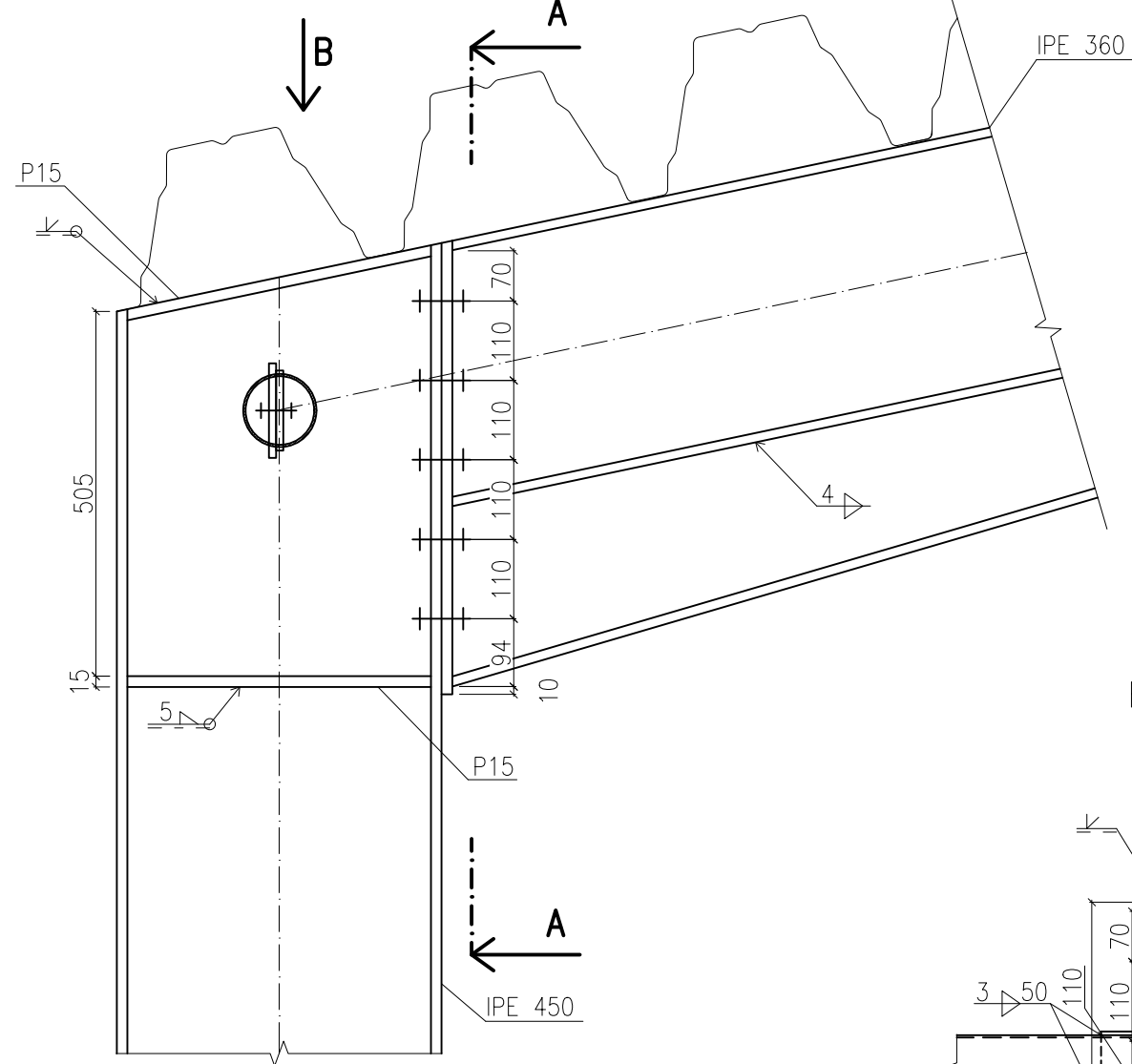
ŘEZ C-C



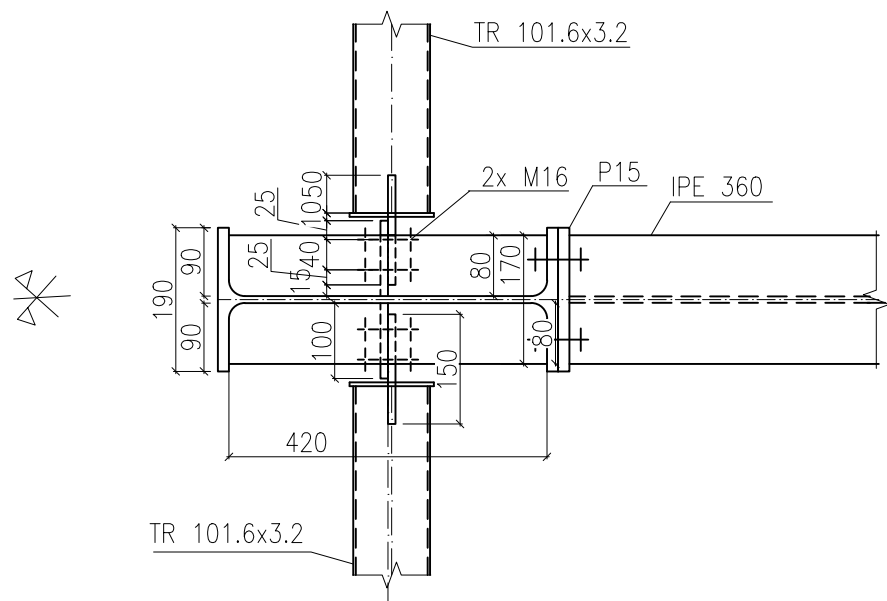
Ocel S355JR
S235JR (OCELOVÉ KRUHOVÉ TRUBKY)
Šrouby 8.8
Třída provedení EXC2

Zpracoval: Pavel Polanský	Konzultant: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok: 2020-2021	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: Bakalářská práce			Datum: 12.05.2021
Úloha: Výkresová dokumentace			Merítko: 1:10
Výkres: Detail D3 - rohová patka štítové stěny, Detail D4 - sloup štítové stěny			Č. výkresu: 6

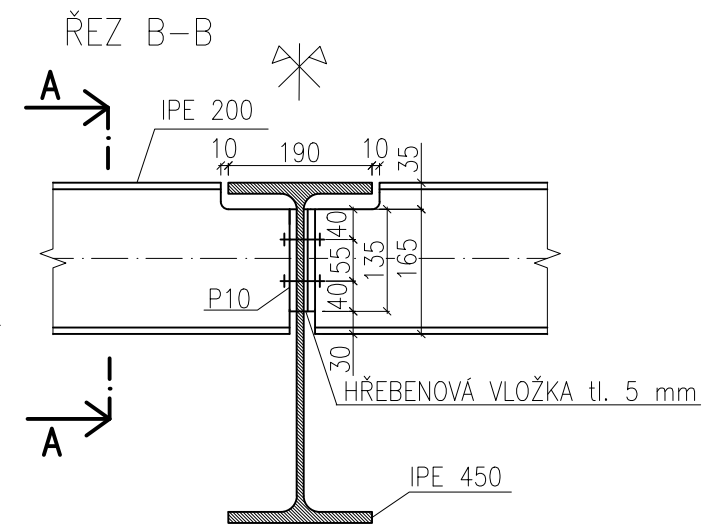
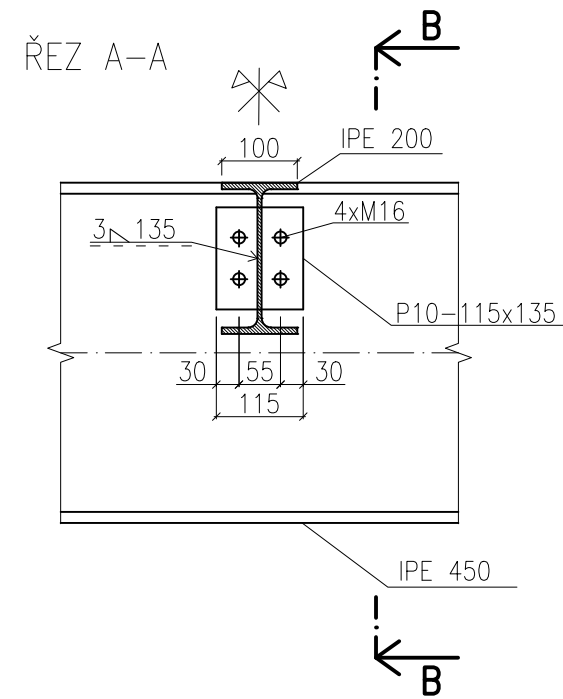
DETAIL D2 – RÁMOVÝ ROH



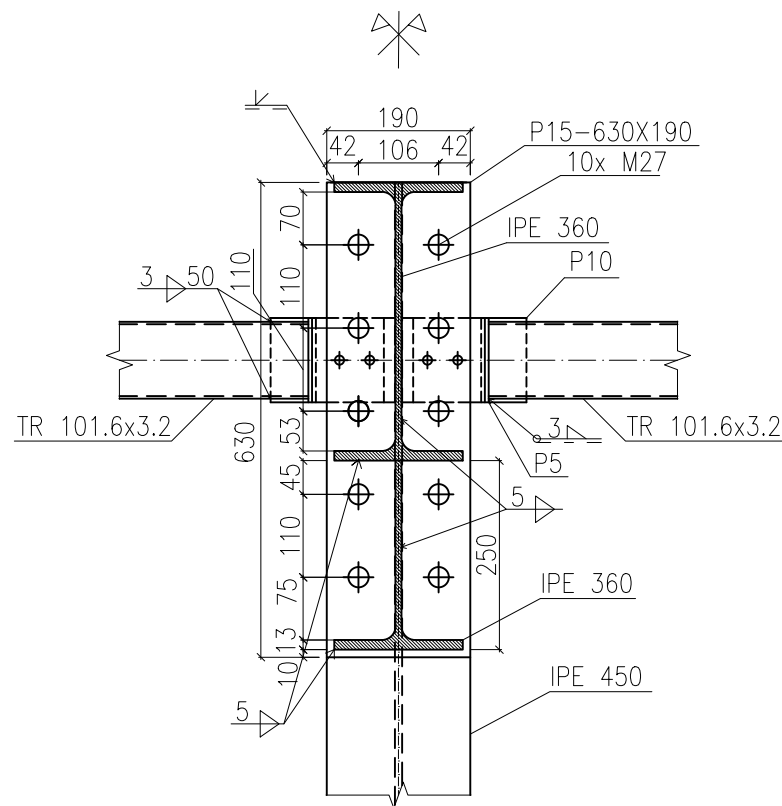
POHLED B



DETAIL PŘIHOJENÍ STROPNICE NA PRŮVLAK



ŘEZ A-A



Ocel S355J0
S235J0 (OCELOVÉ KRUHOVÉ TRUBKY)
Šrouby 8.8
Třída provedení EXC2

Zpracoval: Pavel Polanský	Konzultant: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok: 2020-2021	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: Bakalářská práce			Datum: 12.05.2021
Úloha: Výkresová dokumentace			Meřítko: 1:10
Výkres: Detail D2 - rámový roh, Detail připoje stropnice na průvlak			Č. výkresu: 5