

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA v PROLUCE

Petr Havel

2017

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

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího bakalářské práce Ing. Michala Jandery Ph.D., kterému tímto veřejně děkuji.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne

.....

Petr Havel



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

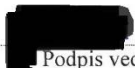
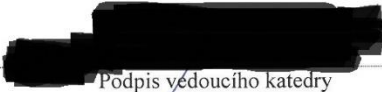
Příjmení: Havel Jméno: Petr Osobní číslo: 396499
Zadávající katedra: Katedra ocelových konstrukcí, K134
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Administrativní budova v proluce
Název diplomové práce anglicky: Administrative building in gap site
Pokyny pro vypracování:
Návrh ocelové resp. ocelobetonové konstrukce skeletu administrativní budovy. Návrh vybraných detailů.
Výkresová dokumentace (dizpoziční výkresy, detaily). Technická zpráva.


Seznam doporučené literatury:
Návrh konstrukce bude proveden podle platných evropských norem, zejména EN 1991, EN 1993 a EN 1994.

Jméno vedoucího diplomové práce: Michal Jandera
Datum zadání diplomové práce: 4.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

 Podpis vedoucího práce  Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

4.10.2016 Datum převzetí zadání  Podpis studenta(ky)

Anotace

Diplomová práce se zabývá statickým návrhem a posouzením ocelové konstrukce administrativní budovy. Posouzen je vnitřní spřažený rám, štítový nespřažený rám a nosné sloupy, dále je zpracováno ztužení konstrukce a posouzen montovaný přípoj. Součástí diplomové práce je i výkresová dokumentace. Další přílohy jsou tepelné posouzení skladeb konstrukce a schéma založení konstrukce.

klíčová slova: ocelobetonová spřažená konstrukce, ocelová konstrukce, administrativní budova, detaily přípojů

Abstract

The diploma thesis deals with design of an administrative building steel structure. There is designed the typical and the gable frame, columns, bracings and bolted beam to column moment connections. Drawing documentation is also included. Annexes shows design of external, internal cladding and construction scheme of foundation.

keywords: steel and concrete composite structure, steel structure, administrative building, detailing

Obsah:

Úvod.....	7
Schéma konstrukce.....	8
Zatížení:	9
Nahodilé	9
1.2 Stálé:.....	23
1.3 Užité	23
1.4 Kombinace:	23
Posouzení konstrukce.....	27
2.1 Stropnice pro kancelářské prostory	27
2.2 Stropnice pro obchodní prostory	34
2.3 Zatížení od imperfekcí	41
2.4 Průvlak pro kancelářské prostory hlavní rám.....	43
2.5 Průvlak pro obchodní prostory hlavní rám.....	54
2.6 Průvlak nižší budova obchodní plocha.....	66
2.7 Průvlak pro kancelářské prostory krajní vazba	74
2.8 Průvlak pro obchodní prostory krajní vazba	78
2.9 Posouzení svislých konstrukcí	81
2.10 Posouzení montovaných přípojů	98
2.11 Posouzení patních plechů	135
2.12 Ztužení.....	139
2.13 Přípoj stropnice na průvlak.....	143
2.14 Přípoj stropnice ztužidlové vazby	147
2.15 Přípoj sloup-sloup	150
2.16 Tah ve sloupu	152
Závěr.....	153
Technická zpráva.....	154
Přílohy:	159

Úvod

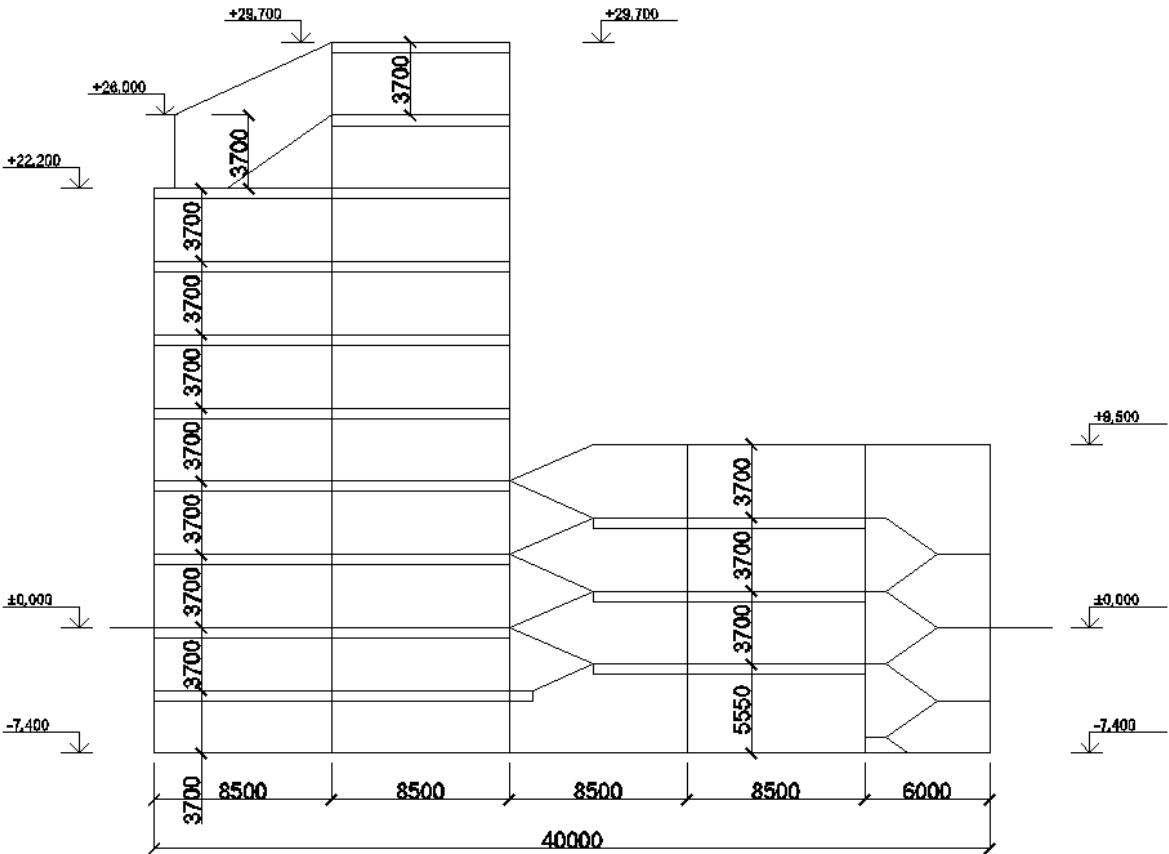
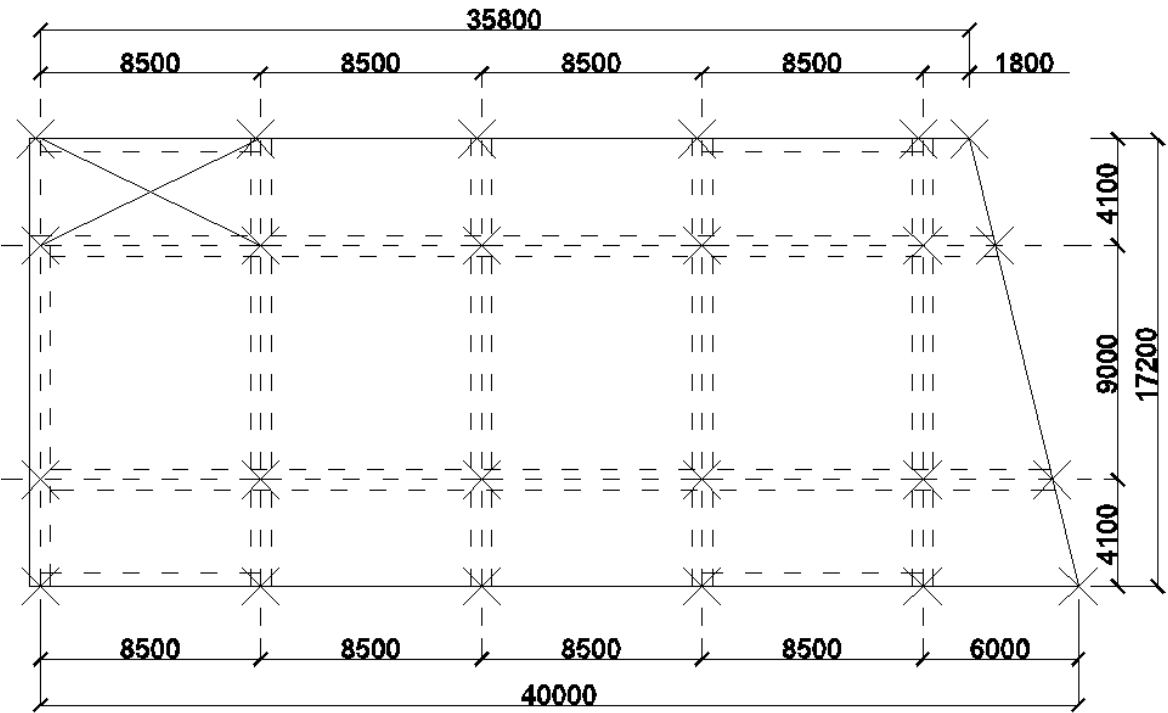
Diplomová práce obsahuje statické posouzení ocelových nosných prvků ocelo-betonové administrativní budovy v proluce. Ze všeho nejdříve se stanovilo veškeré zatížení působící na konstrukci a stanovily se vnitřní síly. Vnitřní síly se stanovily pomocí softwaru Scia Engineer (výstupy jsou zasazeny přímo do práce), nebo samostatně spočítané v práci.

Poté následovalo posouzení nosných prvků. Postupuje se od běžné vazby obou částí budovy ke krajní vazbě a ztužení. Na závěr byla vytvořena technická dokumentace včetně vyhotovení podstatných detailů, výkresy jsou součástí práce jako příloha.

Nosné ocelové stavební konstrukce jsou posuzovány jak na „Mezní stav použitelnosti“, tak „Mezní stav únosnosti“.

Cílem této práce je navrhnout a posoudit konstrukci administrativní budovy podle současných platných státních norem, čili Eurokódů, které byly nejvíce používaným zdrojem při tvorbě této práce.

Schéma konstrukce



Zatížení:

Nahodilé

Sníh:

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k$$

Kde:

μ Tvarový součinitel

Pro vyšší část budovy:

$$\alpha_1 = 0^\circ \Rightarrow \mu_1(0^\circ) = 0,8$$

$$\alpha_2 = 40^\circ \Rightarrow \mu_1(40^\circ) = 0,53$$

Při uvážení možnosti tvorby návějí:

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

Jelikož úhel sklonu vrchní části střechy je $\alpha = 0^\circ < 15^\circ \Rightarrow \mu_s = 0$ viz. [2] EN 1991-1-3

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h}$$

Kde: $b_1 = 6,5\text{m}$ je půdorysná délka pultové části, $b_2 = 10,5\text{m}$ je půdorysná délka ploché části a $h = 3,5\text{m}$ což je výškový rozdíl mezi začátkem a koncem pultové části střechy

$$\mu_w = \frac{6,5 + 10,5}{2 * 3,5} = 2,43 < \frac{\chi * h}{s_k} = \frac{2 * 3,5}{0,7} = 10, \text{ dále se doporučuje rozmezí } 0,8 < \mu_w < 4,0$$

$$\Rightarrow \mu_2 = 0 + 2,43 = 2,43$$

Délka návěje pokrývá celý úsek $b_1 = 6,5\text{m}$

Krajní výstupek není dostatečně široký k rozdílné výšce a k návějím by nemělo docházet.

Pro nižší část budovy:

$$\alpha_1 = 0^\circ \Rightarrow \mu_1(0^\circ) = 0,8$$

Při uvážení tvorby návějí:

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

Jelikož úhel sklonu vrchní části střechy je $\alpha = 0^\circ < 15^\circ \Rightarrow \mu_s = 0$ viz. [2] EN 1991-1-3

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h}$$

Kde: $b_1 = 21,0\text{m}$ je půdorysný rozměr ploché střechy nižší budovy, $b_2 = 10,5\text{m}$ je rozměr ploché části střechy vyšší budovy a $h = 20,2\text{m}$, což je výškový rozdíl střech budov

$$\mu_w = \frac{21,0 + 10,5}{2 * 20,2} = 0,82 < \frac{\chi * h}{s_k} = \frac{2 * 3,5}{0,7} = 10, \text{ dále se doporučuje rozmezí } 0,8 < \mu_w < 4,0$$

$$\Rightarrow \mu_2 = 0 + 0,82 = 0,82, \text{ tzn. dojde k tvorbě malé návěvě}$$

Délka návěje se uvažuje jako $l_s = 2 * h = 2 * 20,2 = 40,4\text{m}$, doporučené rozmezí:

$$5\text{m} < l_s < 15\text{m} \Rightarrow l_s = 15\text{m}$$

C_e součinitel expozice- $C_e = 1$

C_t součinitel tepla - $C_t = 1$

s_k charakteristická hodnota zatížení zjištěno z mapy sněhových oblastí – lokalita

Plzeň oblast 1

$$s_k = 0,7\text{kN/m}^2$$

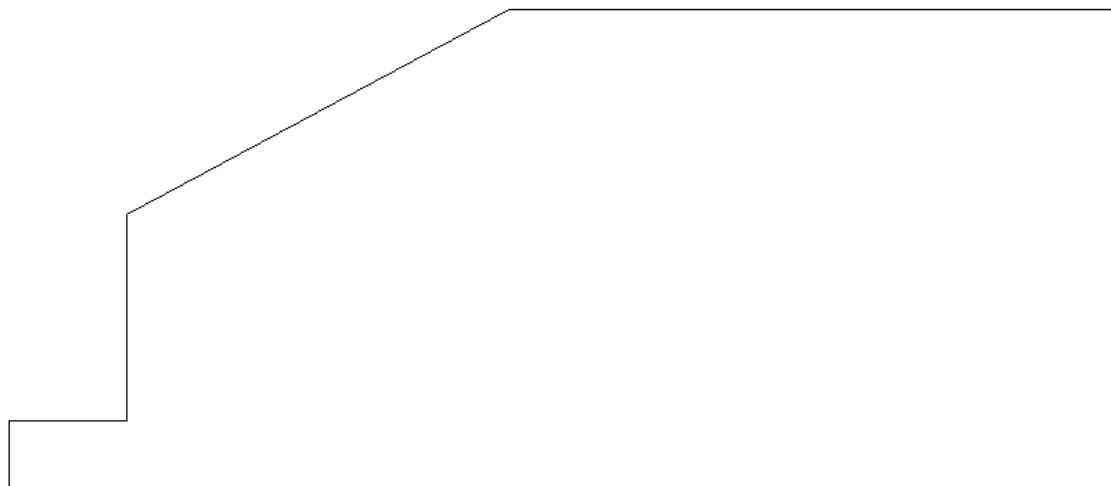
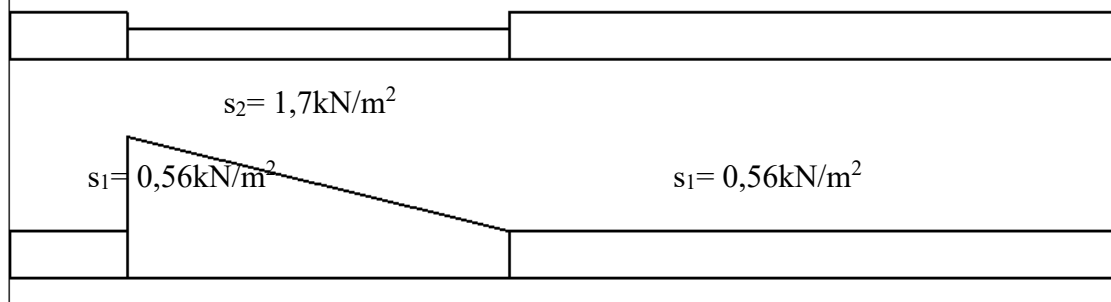
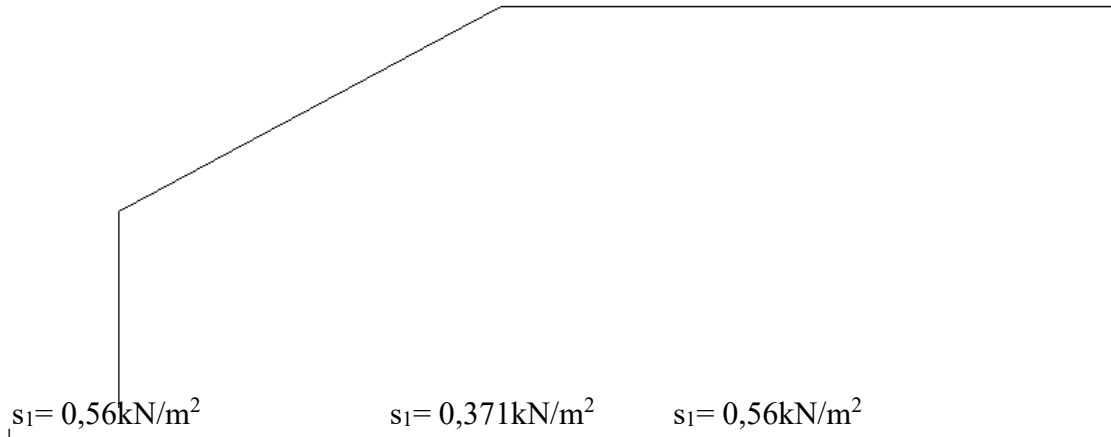
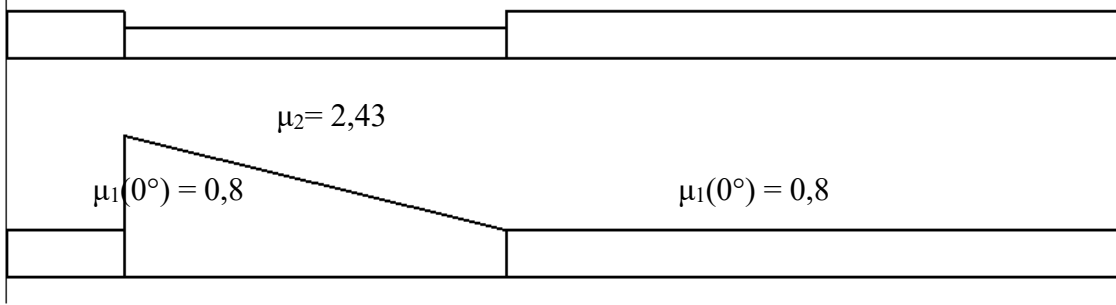
$$s_1(0^\circ) = 0,8 * 1 * 1 * 0,7 = 0,56\text{kN/m}^2$$

$$s_1(40^\circ) = 0,53 * 1 * 1 * 0,7 = 0,371\text{kN/m}^2$$

$$s_2(a) = 2,43 * 1 * 1 * 0,7 = 1,7\text{kN/m}^2$$

$$s_2(b) = 0,82 * 1 * 1 * 0,7 = 0,58\text{kN/m}^2$$

$\mu_1(0^\circ) = 0,8; \mu_1(0^\circ) = 0,8; \mu_1(40^\circ) = 0,53; \mu_1(0^\circ) = 0,8$



$$\mu_1(0^\circ) = 0,8$$

$\mu_1(0^\circ) = 0,82$	$\mu_1(0^\circ) = 0,8$

$$s_1 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$s_1 = 0,58 \text{ kN/m}^2$	$s_1 = 0,56 \text{ kN/m}^2$

Jednotlivé zatěžovací stavy viz: [2] EN 1991-1-3

Vítr:

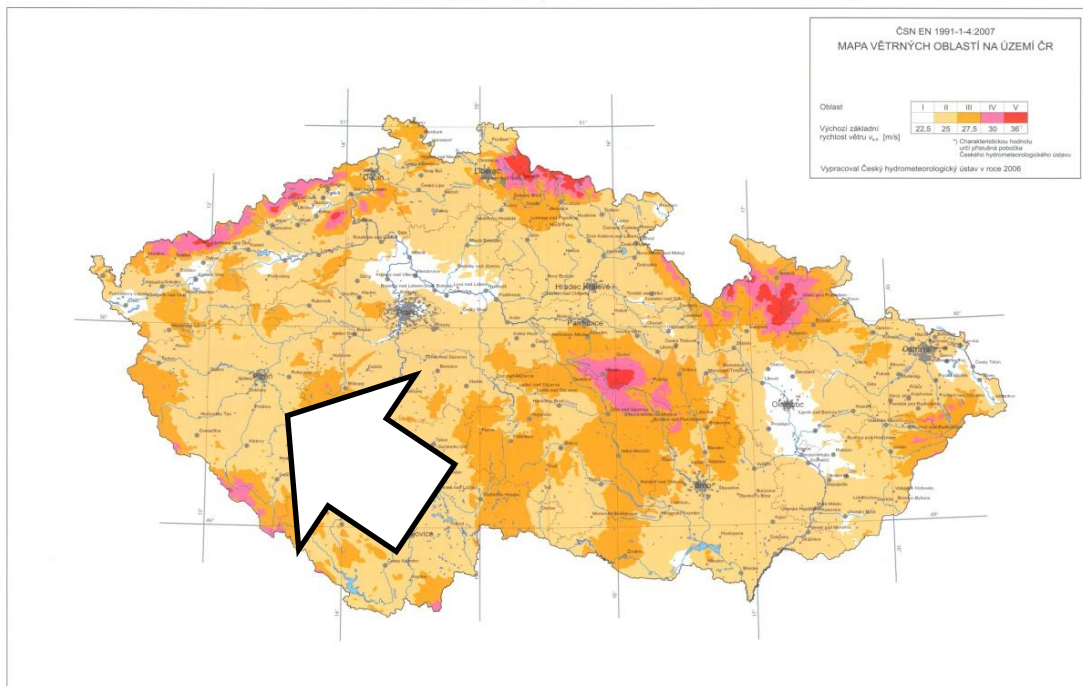
Z důvodu umístění stavby v proluce, působí zatížení od větru na čelní stěny budovy v úplné výšce a střešní konstrukci v celé šířce. Dále působí na zadní stěnu vyšší části budovy v celé výšce. Ze stran působí pouze na část plochy, nicméně budeme uvažovat o možnosti zbourání okolních budov a proto budou i boční stěny plně zatíženy.

Podrobný výpočet rozepsán pouze pro stěny vyšší části budovy. Ostatní případy jsou stěny nižší budovy, střecha vyšší a střecha nižší budovy. Z tohoto výpočtu vypsány pouze výsledky.

ZATÍŽENÍ STĚN VĚTREM: *pro $b < h \leq 2b$*

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

obec: **Plzeň** větrná oblast: **II**
kategorie terénu: **IV**



referenční rychlost větru	$v_{ref} =$	25,0 m/s	
základní tlak větru	$w_0 =$	0,39 kN/m ²	
referenční výška	$z_1 = b =$	17,2 m	pro směr x
	$z_1 = b =$	17 m	pro směr y
	$z_2 = h =$	29,6 m	
součinitel orografie	$c_0 =$	1	pro sklon terénu do 5%
součinitel turbulence	$k_i =$	1	
součinitel terénu	$k_r =$	0,24	
výška konstantní rychlosti	$z_{min} =$	10 m	
třecí výška	$z_0 =$	1,000 m	
součinitel drsnosti terénu	$c_r(z_1) =$	0,68	pro směr x
	$c_r(z_1) =$	0,68	pro směr y
	$c_r(z_2) =$	0,81	
$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0)$ pro $z \leq 200$ m nebo $c_r(z_{min})$ pro $z < z_{min}$			
střední rychlost větru	$v_m(z_1) =$	17,07 m/s	pro směr x
	$v_m(z_1) =$	17,00 m/s	pro směr y
	$v_m(z_2) =$	20,33 m/s	
$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_{ref}$			
intenzita turbulence	$I_v(z_1) =$	0,352	pro směr x
	$I_v(z_1) =$	0,353	pro směr y
	$I_v(z_2) =$	0,295	

$$I_v(z) = (k_r \cdot v_{ref} \cdot k_i) / v_m(z)$$

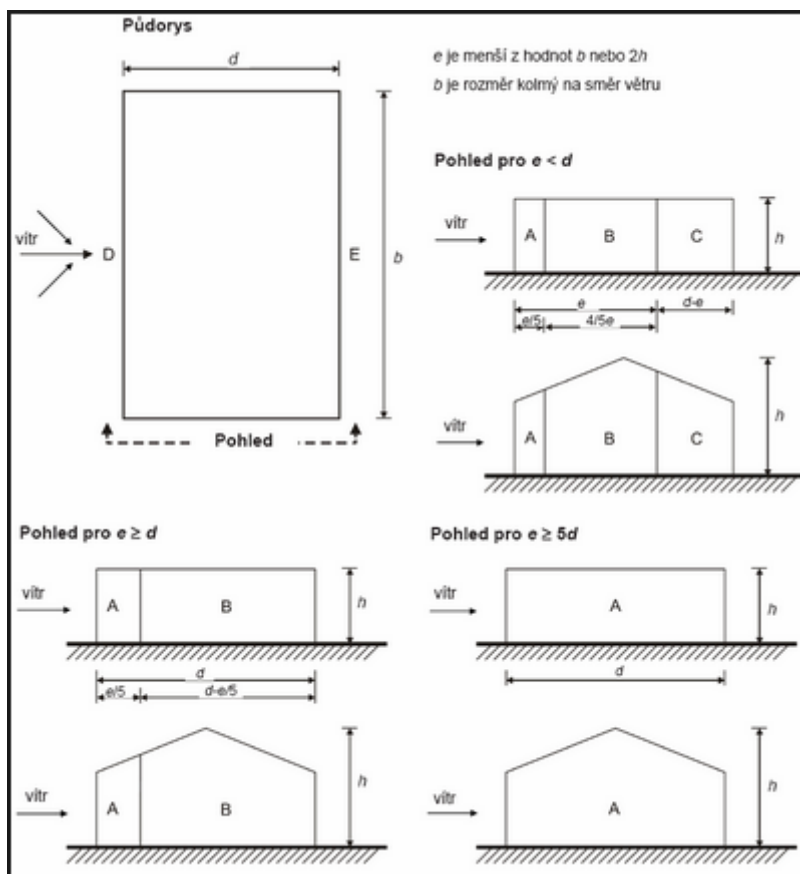
maximální dynamický tlak

$$q_p(z_1) = 0,630 \text{ kN/m}^2 \quad \text{pro směr x}$$

$$q_p(z_1) = 0,627 \text{ kN/m}^2 \quad \text{pro směr y}$$

$$q_p(z_2) = 0,792 \text{ kN/m}^2$$

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



Viz: [3] EN 1991-1-4

Stěny - směr x:

$$d = 17,00 \text{ m}$$

$$b = 17,20 \text{ m}$$

$$h = 29,70 \text{ m}$$

$$e = \min [b; 2h] = 17,2 \text{ m}$$

$$b/d = 1,01$$

$$h/d = 1,75$$

součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$:

oblast A1:	$c_{pe,10} =$	-1,20	oblast A2:	$c_{pe,10} =$	-1,20
oblast B1:	$c_{pe,10} =$	-0,80	oblast B2:	$c_{pe,10} =$	-0,80
oblast C1:	$c_{pe,10} =$	-	oblast C2:	$c_{pe,10} =$	-
oblast D1:	$c_{pe,10} =$	0,80	oblast D2:	$c_{pe,10} =$	0,80
oblast E1:	$c_{pe,10} =$	-0,50	oblast E2:	$c_{pe,10} =$	-0,54

tlak větru - charakteristická hodnota:

oblast A1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} =$	-0,76	kN/m ²
oblast A2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} =$	-0,95	kN/m ²
oblast B1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} =$	-0,50	kN/m ²
oblast B2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} =$	-0,63	kN/m ²
oblast C1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} =$	-	kN/m ²
oblast C2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} =$	-	kN/m ²
oblast D1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} =$	0,50	kN/m ²
oblast D2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} =$	0,63	kN/m ²
oblast E1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} =$	-0,32	kN/m ²
oblast E2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} =$	-0,43	kN/m ²

součinitel spolehlivosti

$$\gamma_f = 1,50$$

tlak větru - návrhová hodnota:

oblast A1:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-1,13	kN/m ²
oblast A2:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-1,43	kN/m ²
oblast B1:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,76	kN/m ²
oblast B2:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,95	kN/m ²
oblast C1:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-	kN/m ²
oblast C2:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-	kN/m ²
oblast D1:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	0,76	kN/m ²

oblast D2: $w_d = w_k \cdot \gamma_f = 0,95 \text{ kN/m}^2$
oblast E1: $w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,47 \text{ kN/m}^2$
oblast E2: $w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,64 \text{ kN/m}^2$

Stěny - směr y:

$d = 17,2 \text{ m}$

$b = 17,00 \text{ m}$

$h = 29,7 \text{ m}$

$e = \min [b; 2h] = 17 \text{ m}$

$b/d = 0,99$

$h/d = 1,73$

součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$:

oblast A1:	$c_{pe,10} = -1,20$	oblast A2:	$c_{pe,10} = -1,20$
oblast B1:	$c_{pe,10} = -0,80$	oblast B2:	$c_{pe,10} = -0,80$
oblast C1:	$c_{pe,10} = -0,50$	oblast C2:	$c_{pe,10} = -0,50$
oblast D1:	$c_{pe,10} = 0,80$	oblast D2:	$c_{pe,10} = 0,80$
oblast E1:	$c_{pe,10} = -0,50$	oblast E2:	$c_{pe,10} = -0,54$

tlak větru - charakteristická hodnota:

oblast A1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} = -0,76 \text{ kN/m}^2$
oblast A2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} = -0,95 \text{ kN/m}^2$
oblast B1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} = -0,50 \text{ kN/m}^2$
oblast B2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} = -0,63 \text{ kN/m}^2$
oblast C1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} = -0,32 \text{ kN/m}^2$
oblast C2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} = -0,40 \text{ kN/m}^2$
oblast D1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} = 0,50 \text{ kN/m}^2$
oblast D2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} = 0,63 \text{ kN/m}^2$
oblast E1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} = -0,31 \text{ kN/m}^2$
oblast E2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} = -0,42 \text{ kN/m}^2$

součinitel spolehlivosti

$$\gamma_f = 1,50$$

tlak větru - návrhová hodnota:

oblast A1:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-1,13 kN/m ²
oblast A2:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-1,43 kN/m ²
oblast B1:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,76 kN/m ²
oblast B2:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,95 kN/m ²
oblast C1:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,47 kN/m ²
oblast C2:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,59 kN/m ²
oblast D1:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	0,75 kN/m ²
oblast D2:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	0,95 kN/m ²
oblast E1:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,47 kN/m ²
oblast E2:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,64 kN/m ²

Stěny nižší budovy

Stěny - směr x:

$$\begin{aligned}d &= 17,20 \text{ m} \\b &= 23,00 \text{ m} \\h &= 9,50 \text{ m}\end{aligned}$$

$$e = \min [b; 2h] = 19 \text{ m}$$

$$b/d = 1,34$$

$$h/d = 0,55$$

tlak větru - charakteristická hodnota:

oblast A1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} =$	-0,76 kN/m ²
oblast A2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} =$	-0,58 kN/m ²
oblast B1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} =$	-0,50 kN/m ²
oblast B2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} =$	-0,39 kN/m ²
oblast C1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} =$	- kN/m ²
oblast C2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} =$	- kN/m ²
oblast D1:	$w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} =$	0,50 kN/m ²
oblast D2:	$w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} =$	0,36 kN/m ²

$$\text{oblast E1: } w_k = q_p(z_1) \cdot c_{pe,10} = -0,33 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast E2: } w_k = q_p(z_2) \cdot c_{pe,10} = -0,18 \text{ kN/m}^2$$

součinitel spolehlivosti

$$\gamma_f = 1,50$$

tlak větru - návrhová hodnota:

$$\text{oblast A1: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -1,13 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast A2: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,87 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast B1: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,76 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast B2: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,58 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast C1: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = - \text{ kN/m}^2$$

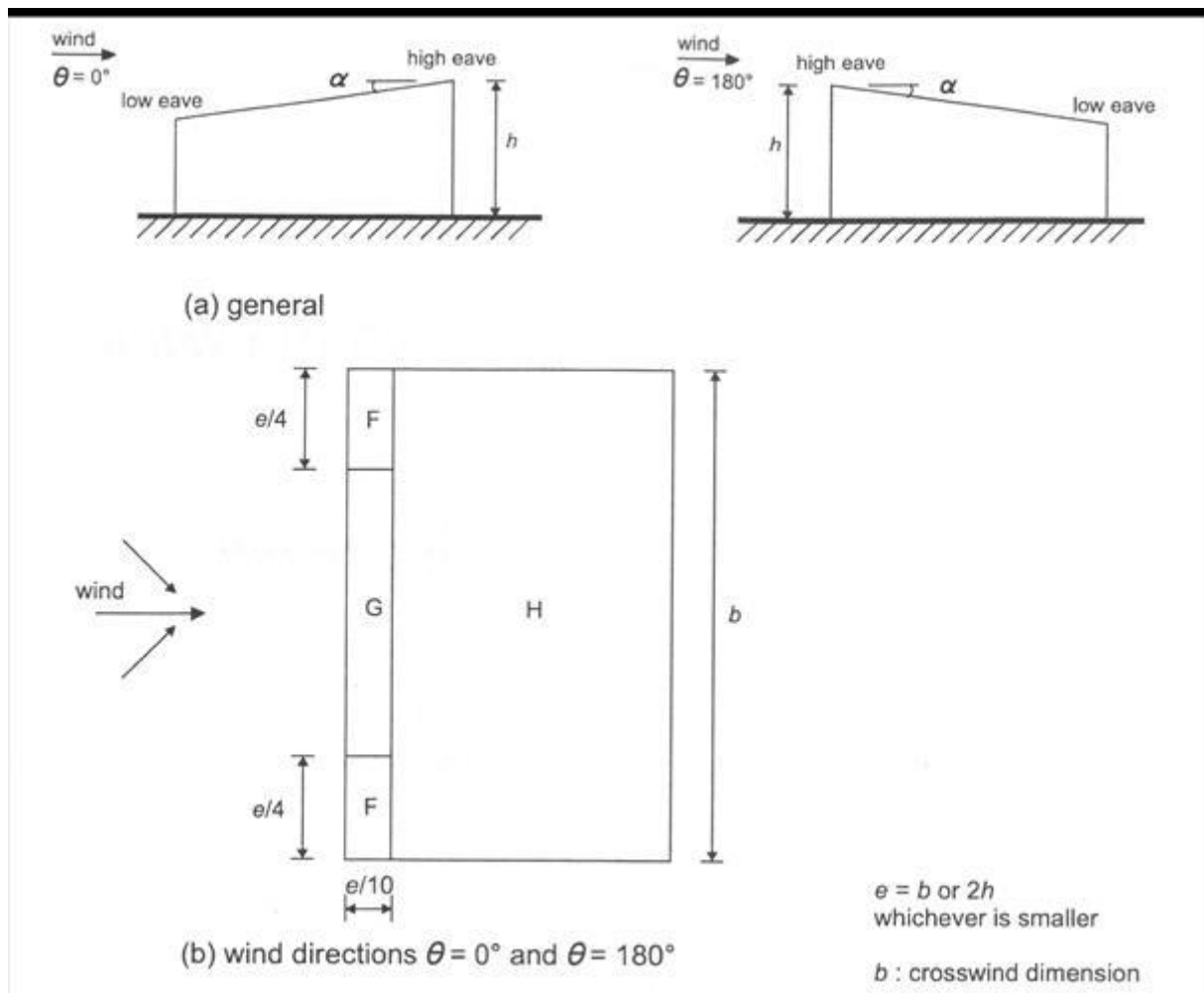
$$\text{oblast C2: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = - \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast D1: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = 0,76 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast D2: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = 0,54 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast E1: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,49 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast E2: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,28 \text{ kN/m}^2$$



Viz: [3] EN 1991-1-4

Pultová střecha - směr x+: (dolní hrana střechy)

d = 6,5 m
b = 17,2 m
h = 26 m

$e = \min [b; 2h] = 17,2$ m
 $\alpha = 35^\circ$

tlak větru - charakteristická hodnota: **záporné hodnoty**

oblast F: $w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = -0,26$ kN/m²

oblast G: $w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = -0,26$ kN/m²

oblast H: $w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = -0,10$ kN/m²

tlak větru - charakteristická hodnota: **kladné hodnoty**

oblast F: $w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,54$ kN/m²

oblast G: $w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,54$ kN/m²

součinitel spolehlivosti

$$\gamma_f = 1,50$$

tlak větru - návrhová hodnota:

$$\text{oblast Fup: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -2,21 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast Flow: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -1,51 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast G: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -1,70 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast H: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -1,16 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast I: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,97 \text{ kN/m}^2$$

Plochá střecha - ostré hrany:

$$d = 10,5 \text{ m}$$

$$b = 17,2 \text{ m}$$

$$h = 29,7 \text{ m}$$

$$e = \min [b; 2h] = 17,2 \text{ m}$$

tlak větru - charakteristická hodnota:

$$\text{oblast F: } w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = -1,35 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast G: } w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = -0,90 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast H: } w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = -0,53 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast I1: } w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast I2: } w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = -0,15 \text{ kN/m}^2$$

součinitel spolehlivosti

$$\gamma_f = 1,50$$

tlak větru - návrhová hodnota:

$$\text{oblast F: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -2,03 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast G: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -1,35 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast H: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,79 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast I1: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = 0,23 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{oblast I2: } w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,23 \text{ kN/m}^2$$

Plochá střecha - atika:

(nižší část budovy)

$$\begin{aligned}
 d &= 23 \text{ m} \\
 b &= 17,2 \text{ m} \\
 h &= 9,5 \text{ m} \\
 h_p &= 10,15 \text{ m} \\
 e = \min [b; 2h] &= 17,2 \text{ m} \\
 h_p/h &= 1,07
 \end{aligned}$$

tlak větru - charakteristická hodnota:

oblast F:	$w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} =$	-0,58 kN/m ²
oblast G:	$w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} =$	-0,39 kN/m ²
oblast H:	$w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} =$	-0,34 kN/m ²
oblast I1:	$w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} =$	0,10 kN/m ²
oblast I2:	$w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} =$	-0,10 kN/m ²

součinitel spolehlivosti

$$\gamma_f = 1,50$$

tlak větru - návrhová hodnota:

oblast F:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,87 kN/m ²
oblast G:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,58 kN/m ²
oblast H:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,51 kN/m ²
oblast I1:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	0,14 kN/m ²
oblast I2:	$w_d = w_k \cdot \gamma_f =$	-0,14 kN/m ²

Plochá střecha - atika:

$$\begin{aligned}
 d &= 23 \text{ m} & b &= 17,2 \text{ m} \\
 h &= 9,5 \text{ m} & h_p &= 10,15 \text{ m} \\
 e = \min [b; 2h] &= 17,2 \text{ m} \\
 h_p/h &= 1,07
 \end{aligned}$$

tlak větru - charakteristická hodnota:

oblast F:	$w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} =$	-0,58 kN/m ²
oblast G:	$w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} =$	-0,39 kN/m ²
oblast H:	$w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} =$	-0,34 kN/m ²
oblast I1:	$w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} =$	0,10 kN/m ²

oblast I2: $w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} = -0,10 \text{ kN/m}^2$

součinitel spolehlivosti

$\gamma_f = 1,50$

tlak větru - návrhová hodnota:

oblast F: $w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,87 \text{ kN/m}^2$

oblast G: $w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,58 \text{ kN/m}^2$

oblast H: $w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,51 \text{ kN/m}^2$

oblast I1: $w_d = w_k \cdot \gamma_f = 0,14 \text{ kN/m}^2$

oblast I2: $w_d = w_k \cdot \gamma_f = -0,14 \text{ kN/m}^2$

Při tvorbě modelu zatížení násobeno zatěžovací šířkou.

Zatěžovací šířka pro hlavní vazbu a vazbu nižší budovy $b = 8,5\text{m}$ (podélná osová vzdálenost sloupů). Pro krajní vazbu $b = 4,25\text{m}$ a pro model ztužení je brána zatěžovací šířka $b = 8,6\text{m}$ (polovina příčného rozměru budovy).

1.2 Stálé:

Střešní konstrukce

Pultovou část střechy stejně tak jako stěny vyšší části budovy tvoří lehký obvodový plášť FWS 35 PD od firmy Schüco: viz. použité zdroje:[12] vlastní tíha $0,3 \text{ kN/m}^2$

Plochou část nižší budovy tvoří zelená střecha „střešní zahrada“ (detailní skladba rozepsána viz. přílohy katedry pozemních staveb) vlastní tíha $3,2 \text{ kN/m}^2$

Stěny které přiléhají k okolním budovám tvoří samonosné stěny ze zdiva a uvažujeme, že ocelovou konstrukci nezatěžují.

Stropní konstrukci a konstrukci ploché střechy vyšší budovy tvoří betonová deska s trapézovým plechem jako ztraceným bedněním. Tíha betonové desky zjištěna z návrhu firmy ArcelorMittal: viz. příloha: ArcelorMittal Cofra 5 vlastní tíha $2,8 \text{ kN/m}^2$

Dále uvažuji nášlapnou vrstnu o tloušce 100mm a vlastní tíze $1,2 \text{ kN/m}^2$

Ostatní stálé:

Započítáváme podhled:

zatížení - $0,15 \text{ kN/m}^2$

Všechny uvedené zatížení jsou charakteristická

1.3 Užité

Vyšší budova je po výšce rozdělena na dvě různá užité zatížení.

První 4 podlaží slouží jako obchodní prostory: užité kategorie D2: $q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2$

Tato užité zatížení je použito i po celé nižší budově.

Vrchní podlaží vyšší budovy slouží jako kancelářská plocha: užité kategorie B: $q_{k1} = 3 \text{ kN/m}^2$

Užité zatížení pro nepochozí střechu $0,75 \text{ kN/m}^2$

Užité zatížení pro střešní zahradu zvoleno $3,0 \text{ kN/m}^2$

1.4 Kombinace:

$$G + \psi Q_{\text{užit.}} + \psi Q_{\text{sníh}} + Q_{\text{vítr}}$$

$$G + \psi Q_{\text{užit.}} + Q_{\text{sníh}} + \psi Q_{\text{vítr}}$$

$$G + Q_{\text{užit.a}} + \psi Q_{\text{sníh}} + \psi Q_{\text{vítr}}$$

$$G + Q_{\text{užit.b}} + \psi Q_{\text{sníh}} + \psi Q_{\text{vítr}}$$

$$G + Q_{\text{užit.c}} + \psi Q_{\text{sníh}} + Q_{\text{vítr}}$$

$$G_{\text{min}} + \psi Q_{\text{užit.}} + \psi Q_{\text{sníh}} + Q_{\text{vítr,podélný, sání}}$$

$$G_{\text{min}} + \psi Q_{\text{užit.}} + \psi Q_{\text{sníh}} + Q_{\text{vítr,příčný}}$$

G_{min} konstrukce bez nášlapných vrstev a podhledu.

Ψ - pro vítr činí 0,6 [-]

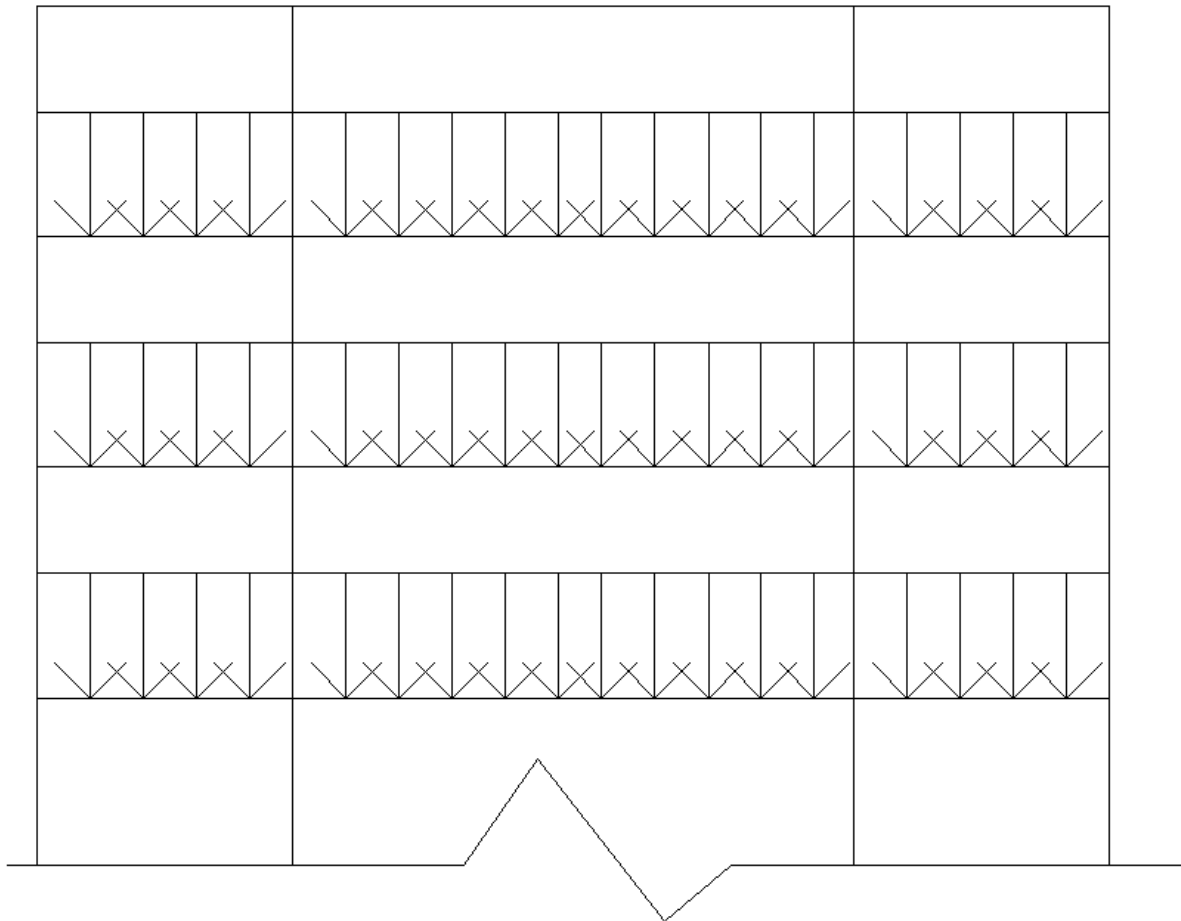
Ψ - pro sních činí 0,5 [-]

Ψ - pro užiténé zatížení činí 0,7 [-]

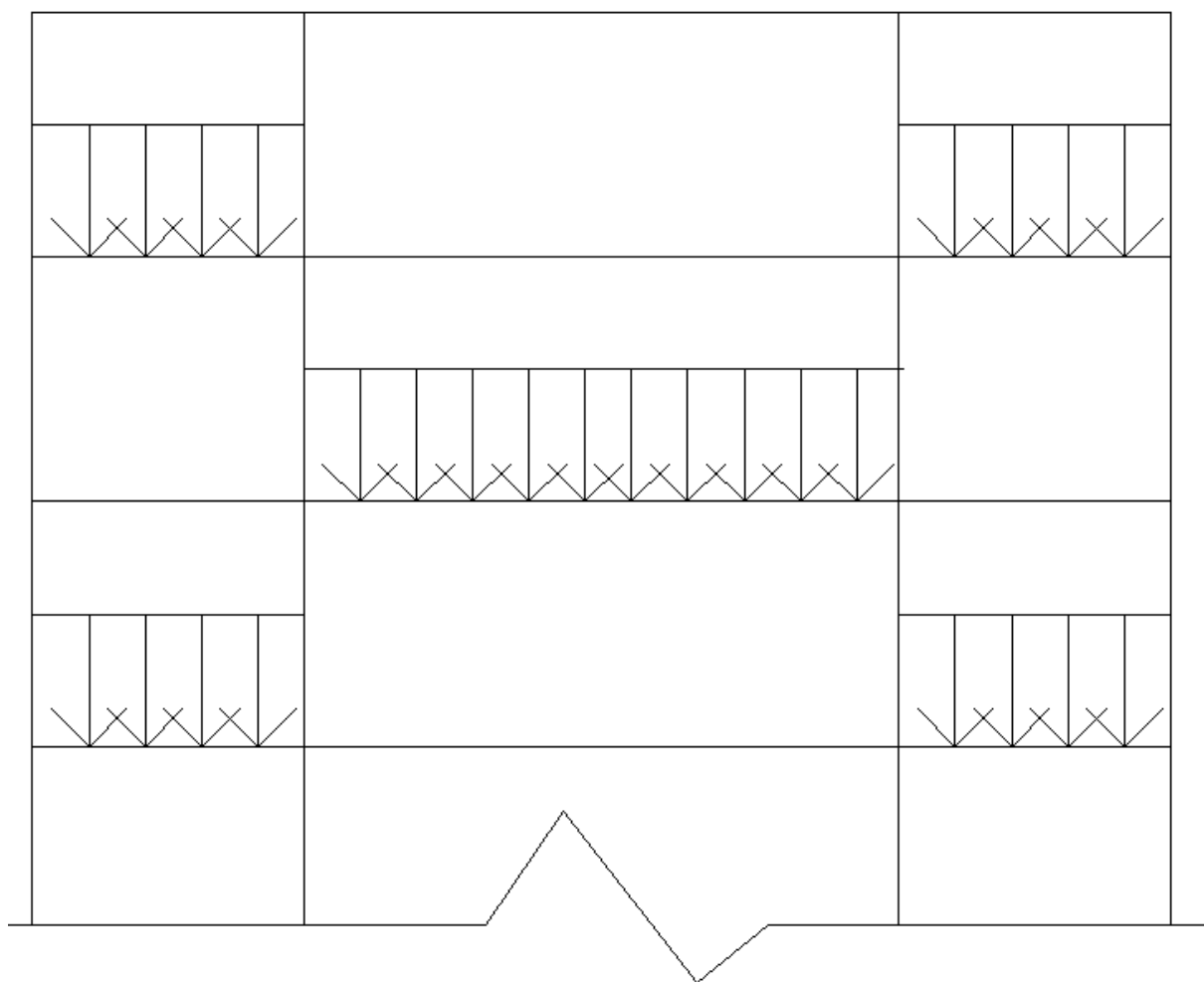
γ_q -činí 1,5 [-]

γ_g - činí 1,35 [-]

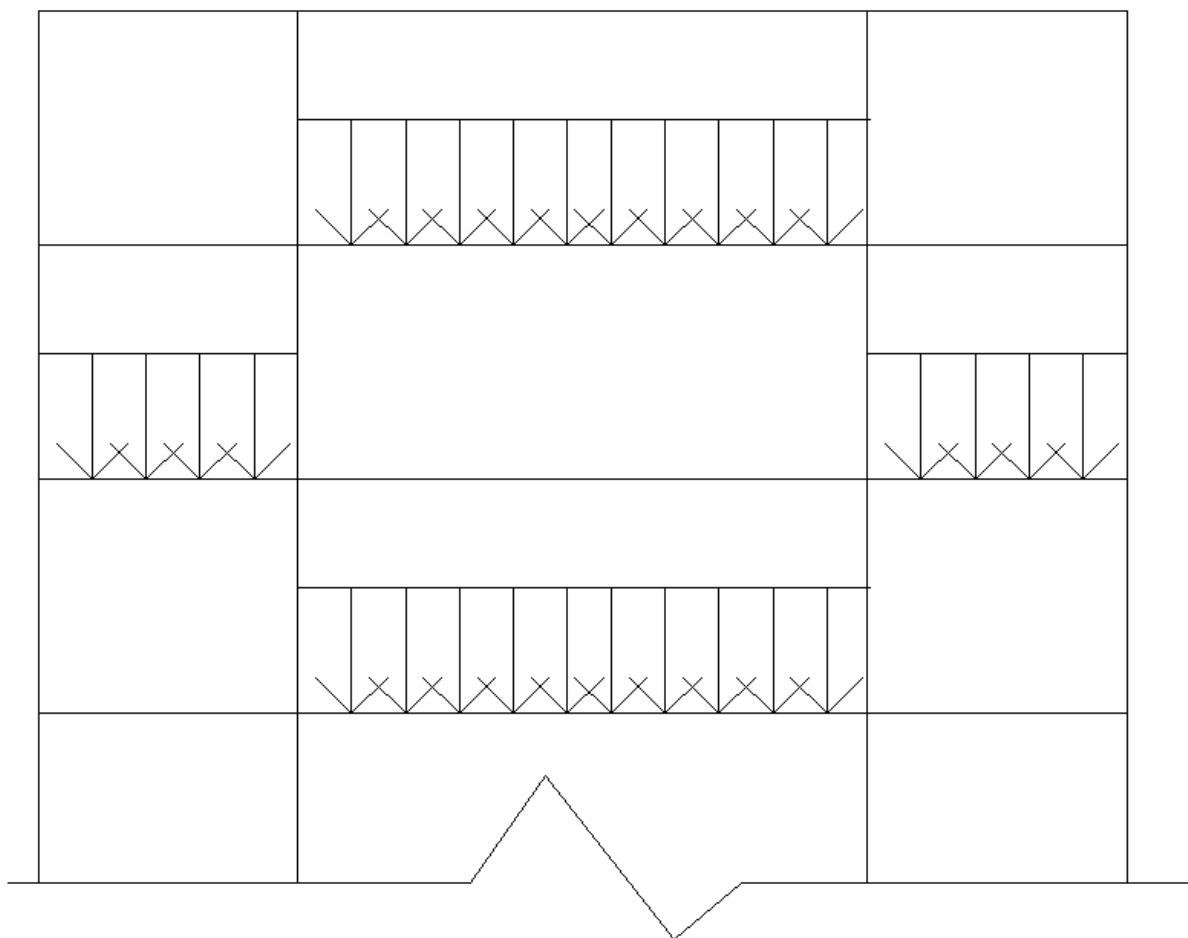
Při návrhu dominantního užiténého zatížení byl model zatížen třemi schémata rozložení užiténého zatížení.



plné užiténé zatížení



šachovnicové rozvržení 1



šachovnicové rozvržení 2

Posouzení konstrukce

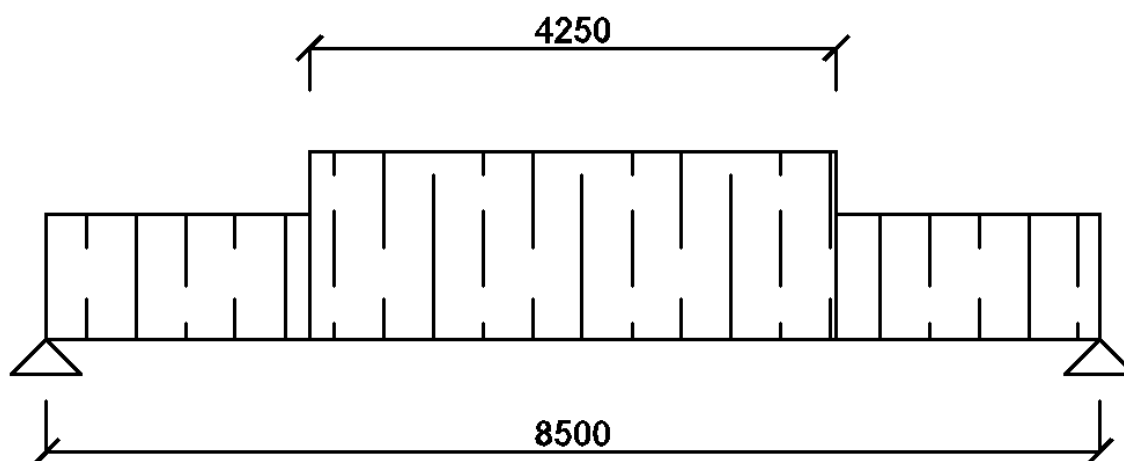
2.1 Stropnice pro kancelářské prostory

Stropnice je během montáže nepodepřená

1. Stálé	tloušťka [mm]	objemová tíha [kN/m ³]	Charakteristické [kN/m]	γ_f	Návrhové [kN/m]
ocelový plech	1,00	78,50	0,18	1,35	0,24
beton*	59,00	25,00	6,14	1,35	8,29
odhad tíhy nosníku			0,45	1,35	0,61
		$g_k =$	6,77	1,35	$g_d =$ 9,13
*Zatížení od betonu zjištěno z protokolu ArcelorMittal					
Zatěžovací šířka					
	b=	2,25 [m]			
2. Montážní					
rovnoměrné	0,75*2,25	$q_k =$	1,69	1,50	$q_d =$ 2,53
zvětšené	1,5*2,25	$qz_k =$	3,38	1,50	$qz_d =$ 5,06
Celkem					
		$g_k + q_k =$	8,45		$g_d + q_d =$ 11,67
		$g_k + qz_k =$	10,14		$g_d + qz_d =$ 14,20

Zatížení na běžný metr	$g_k =$	6,77 [kN/m]	$g_d =$	9,13 [kN/m]
	$q_k =$	1,69 [kN/m]	$q_d =$	2,53 [kN/m]
	$qz_k =$	3,38 [kN/m]	$qz_d =$	5,06 [kN/m]

Montážní stádium



Na krajích rovnoměrné montážní zatížení, uprostřed zvětšené viz. str. 26

Rozpon

$$L = 8,50 \text{ m}$$

Reakce:

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 9,13 \times \frac{8,5}{2} + (2,53 + 5,06) \times \frac{4,25}{2} = 54,96 \text{ kN}$$

Ohybový
moment:

$$\begin{aligned}M_{Ed} &= R_{Ed} \times \frac{L}{2} - (g_d + q_d) \times \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2} - qz_d \times \frac{\left(\frac{L}{4}\right)^2}{2} = \\54,96 \times \frac{8,5}{2} - (9,13 + 2,53) \times \frac{\left(\frac{8,5}{2}\right)^2}{2} - 5,06 \times \frac{\left(\frac{8,5}{4}\right)^2}{2} = \\M_{Ed} &= 116,79 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Potřebný průřezový modul pro ocel S355:

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_y} = \frac{116,79 \times 10^6}{355} = 328\,987,29 \text{ mm}^3$$

IPE 270

$$\begin{aligned}m &= 36,10 \text{ kg/m} & W_{pl,y} &= 484,00 \times 10^3 \text{ mm}^3 \\A &= 4\,595,00 \text{ mm}^2 & I_y &= 5\,790,00 \times 10^4 \text{ mm}^4 \\W_y &= 428,90 \times 10^3 \text{ mm}^3 & A_{vz} &= 2\,214,00 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tíha ocelového nosníku je menší než předpoklad nemusíme zatížení přepočítávat

Posouzení:

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 484\,000 \times 355 = 171\,820\,000,00 \text{ Nmm} = 171,82 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{116,79}{171,82} = 0,68 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2\,214 \times \frac{355}{\sqrt{3}} = 453\,779,99 \text{ N} = 453,78 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{54,96}{453,78} = 0,12 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Stav použitelnosti:

$$w = \frac{5}{384} \times \frac{g_k \times L^4}{EI} = \frac{5}{384} \times \frac{6,77 \times 8\,500^4}{210\,000 \times 57,9 \times 10^6} = 37,83 \text{ mm}$$

$$w = 37,83 \text{ mm}$$

Jelikož je průhyb větší, než desetina tloušťky desky musíme započítat vliv takzvaného rybníkové efektu.

$$w_0 = 0,7 \times w = 0,7 \times 37,83 = 26,48 \text{ mm}$$

Přidané zatížení

$$\Delta q_k = w_0 \times b \times 26 \text{ kN/m}^3 = 0,02648 \times 2,25 \times 26 = 1,55 \text{ kN/m}$$

$$\Delta q_d = \Delta q_k \times \gamma_G = 1,55 \times 1,35 = 2,09 \text{ kN/m}$$

Ohybový moment po započítání vlivu rybníkového efektu

$$M_{Ed} = 116,79 + \frac{1}{8} \times 1,55 \times 8,5^2 = 151,59 \text{ kN/m}$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 484\,000 \times 355 = 171\,820\,000,00 \text{ Nmm} = 171,82 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{151,59}{171,82} = 0,88 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2\,568 \times \frac{355}{\sqrt{3}} = 453\,779,99 \text{ N} = 453,78 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{54,96}{453,78} = 0,12 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Profil IPE 270 v montážním stádiu vyhoví

Provozní stádium

1. Stálé	tloušťka [mm]	objemová tíha [kN/m ³]	Charakteristické [kN/m]	γ_f	Návrhové [kN/m]
ocelový plech	1,00	78,50	0,18	1,35	0,24
beton*	59,00	25,00	6,14	1,35	8,29
tíha nosníku			0,42	1,35	0,57
nášlapná vrstva	1,2x2,25		2,70	1,35	3,65
podhled	0,15x2,25		0,34	1,35	0,46
		$g_k =$	9,78	1,35	$g_d =$ 13,20
Zatěžovací šířka					
	b=	2,25 [m]			
2. Užité					
Kategorie B	2,5x2,25		$q_k =$ 5,63	1,50	$q_d =$ 8,44
		$g_k + q_k = (9,78 + 5,63) + 1,55 =$	16,95 kN/m		Kde 1,55 kN/m je rybníkový efekt
		$g_k + q_k = (13,2 + 8,44) + 2,09 =$	23,73 kN/m		Kde 2,09 kN/m je rybníkový efekt

$$g_k + q_k = (9,78 + 5,63) + 1,55 = 16,95 \text{ kN/m}$$

$$g_k + q_k = (13,2 + 8,44) + 2,09 = 23,73 \text{ kN/m}$$

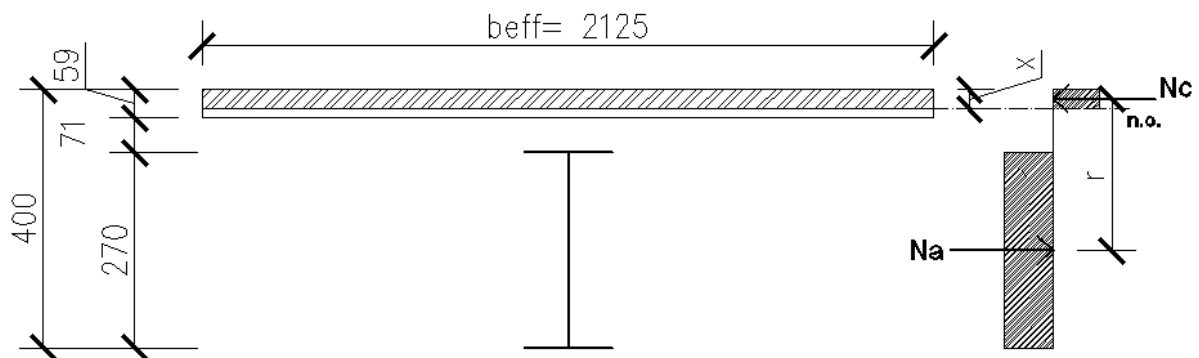
Kde 1,55 kN/m je rybníkový efekt

Kde 2,09 kN/m je rybníkový efekt

Vnitřní síly

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \times f \times L^2 = \frac{1}{8} \times 23,73 \times 8,5^2 = 214,28 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 23,73 \times 8,5 = 100,84 \text{ kN}$$



$$N_a = N_c$$

$$\frac{A_a \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{x \times b_{eff} \times f_{ck} \times 0,85}{\gamma_{Mc}}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0; \gamma_{Mc} = 1,5; f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} = 2 \times b_{e1} = \frac{L}{4} = 2,13 \text{ m}$$

$$b_{eff} = \min(2,13; 2,25)$$

$$b_{eff} = 2,13 \text{ m}$$

$$\frac{4\,595 \times 355}{1} = \frac{x \times 2\,125 \times 25 \times 0,85}{1,5}$$

$$x = 54,19 \text{ mm} < 59 \text{ mm}$$

Předpoklad splněn

Výpočet ramene:

$$r = \frac{h}{2} + h_1 + h_c - \frac{x}{2} = \frac{270}{2} + 71 + 59 - \frac{54,19}{2} = 292,09 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a \times r = N_c \times r$$

$$M_{pl,Rd} = 4,76 \text{E}+08 \text{ Nm} = 476,47 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{214,28}{476,47} = 0,45 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2\,568 \times \frac{355}{\sqrt{3}} = 453\,779,99 \text{ N} = 453,78 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{100,84}{453,78} = 0,22 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení mezní stav použitelnosti

$$\text{stále+ryb.efekt} = g_0 = 6,77+1,55 = 8,32 \text{ kN/m}$$

Provozní zatížení

$$\text{nášlapná vrstva} \quad 2,70 \text{ kN/m}$$

$$\text{podhled} \quad 0,34 \text{ kN/m}$$

$$\text{užitné} \quad 5,63 \text{ kN/m}$$

$$q_p = \frac{5,63}{8,66} \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly:

$$M_0 = \frac{1}{8} \times g_0 \times L^2 = \frac{1}{8} \times 8,32 \times 8,5^2 = 75,10 \text{ kNm}$$

$$M_p = \frac{1}{8} \times q_p \times L^2 = \frac{1}{8} \times 14,29 \times 8,5^2 = 78,23 \text{ kNm}$$

Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15\,500,00 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel

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

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A + \frac{h_c \times b_{eff}}{n} = 4\,595 + \frac{59 \times 2\,125}{13,55} = 13\,848,87 \text{ mm}^2$$

Těžště ideálního průřezu

$$e = \frac{A_a \times r_a + \frac{1}{n} \times A_c \times r_c}{A_a + \frac{1}{n} \times A_c} = \frac{4\,595 \times 150 + \frac{1}{13,55} \times 59 \times 2\,125 \times (270 + 71 + \frac{59}{2})}{4\,595 + \frac{59 \times 2\,125}{13,55}} = 291,69 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$x_a = e - r_a = 291,69 - 135 = 156,69 \text{ mm}$$

$$x_c = r_c - e = 370,5 - 291,69 = 78,81 \text{ mm}$$

$$I_1 = I_a + A_a \times x_a^2 + \frac{1}{n} \times (I_c + A_c \times x_c^2)$$

$$I_1 = 5790 \times 10^4 + 4595 \times 156,69^2 + \frac{1}{13,55} \times \left(\frac{1}{12} \times 2125 \times 59^3 + 2125 \times 59 \times 78,81^2 \right)$$

$$I_1 = 2,31\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

Největší napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \sigma_0 + \sigma_p = \frac{M_0}{W_y} + \frac{M_p}{I_1} \times z_d =$$

$$\sigma_{a,max} = \frac{7,51\text{E}+07}{428\,900,00} + \frac{78\,233\,203,13}{230\,875\,571,07} \times 291,69 = 273,94 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{a,max}}{f_y} = \frac{273,94}{355,00} = 0,77 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Největší napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_p}{n \times I_1} \times z_h =$$

$$\sigma_{c,max} = \frac{7,82\text{E}+07}{3,13\text{E}+09} \times 108,31 = 2,71 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,max}}{0,85 \times f_{ck}} = \frac{2,71}{21,25} = 0,13 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně

Průhyb od proměnného zatížení

$$w = \frac{5}{384} \times \frac{q_k \times L^4}{E \times I_1} = \frac{5}{384} \times \frac{11,25 \times 8500^4}{210\,000 \times 300 \times 10^6} = 7,89 \text{ mm}$$

$$w = 7,89 < w_{max} = 34,00 \text{ Vyhovuje}$$

$$w_{max} = \frac{L}{250} = \frac{8\,500}{250} = 34 \text{ mm}$$

Profil **IPE 270** vyhoví v provozní stádiu

Spřažení

Návrh: přivařený trn 19/100 v jedné vlně

$$d = 19,00 \text{ mm}$$

$$h_{sc} = 100,00 \text{ mm}$$

$$f_u = 360,00 \text{ MPa}$$

Únosnost jednoho trnu:

$$\min = (P_{Rd,1}; P_{Rd,2})$$

$$P_{Rd,1} = 0,8 \times f_u \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{1}{\gamma_v} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 19^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 65\,499,84 \text{ N}$$

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

$$\alpha = 0,2 \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \quad \text{pro } 3 \leq h_{sc}/d \leq 4$$

$$\alpha = 1 \quad \text{pro } h_{sc}/d > 4$$

Rozhoduje $P_{Rd,1} = 65,50 \text{ kN}$

Redukce únosnosti součinitelem k_t

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_t}} \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \times \frac{135}{71} \times \left(\frac{100}{71} - 1 \right) = 0,54$$

$$P_{Rd} = k_t \times P_{Rd,1} = 35,61 \text{ kN}$$

$$F_{cf} = N_a = N_c = 4\,595 \times 355 = 1\,631\,225,00 \text{ N} = 1\,631,23 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů ja jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{1\,631,23}{35,61} = 45,81$$

Návrh neúplného spřažení

$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 484\,000 \times 355 = 171\,820\,000,00 \text{ Nmm} = 171,82 \text{ kNm}$$

$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} \times F_{cf} = \frac{214,28 - 171,82}{476,47 - 171,82} \times 1\,631,23 = 227,34 \text{ kN}$$

$$n_f = \frac{F_c}{P_{rd}} = \frac{227,34}{35,61} = 6,38 \text{ ks}$$

Modulová šířka řebra je 182mm

Počet žeber

$$n = \frac{L}{b} = \frac{8500}{182} = 23,35$$

Počet trnů

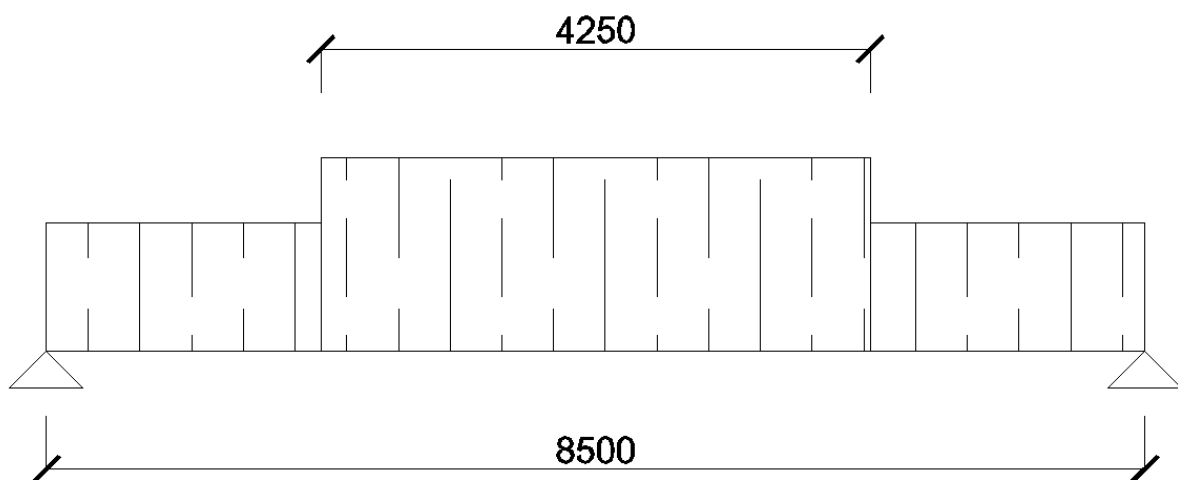
Navrženo Trn 19/100 v každém druhém žebru

2.2 Stropnice pro obchodní prostory

1. Stálé	tloušťka [mm]	objemová tíha [kN/m³]	Charakteristické [kN/m]	γ_f	Návrhové [kN/m]
ocelový plech	1,00	78,50	0,18	1,35	0,24
beton*	59,00	25,00	6,14	1,35	8,29
odhad tíhy nosníku			0,45	1,35	0,61
		$g_k =$	6,77	1,35	$g_d =$ 9,13
*Zatížení od betonu zjištěno z protokolu ArcelorMittal					
Zatěžovací šířka					
	b=	2,25 [m]			
2. Montážní					
rovnoměrné	0,75*2,25	$q_k =$	1,69	1,50	$q_d =$ 2,53
zvětšené	1,5*2,25	$qz_k =$	3,38	1,50	$qz_d =$ 5,06
Celkem					
		$g_k + q_k =$	8,45		$g_d + q_d =$ 11,67
		$g_k + qz_k =$	10,14		$g_d + qz_d =$ 14,20

Zatížení na běžný metr	$g_k =$	6,77 [kN/m]	$g_d =$	9,13
	$q_k =$	1,69 [kN/m]	$q_d =$	2,53
	$qz_k =$	3,38 [kN/m]	$qz_d =$	5,06

Montážní stádium



Na krajích rovnoměrné montážní zatížení, uprostřed zvětšené viz. str. viz výše

Rozpon

$$L = 8,50 \text{ m}$$

Reakce:

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 9,13 \times \frac{8,5}{2} + (2,53 + 5,06) \times \frac{4,25}{2} = 54,96 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Ohybový moment: } M_{Ed} &= R_{Ed} \times \frac{L}{2} - (g_d + q_d) \times \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2} - q_{zd} \times \frac{\left(\frac{L}{4}\right)^2}{2} = \\ &= 54,96 \times \frac{8,5}{2} - (9,13 + 2,53) \times \frac{\left(\frac{8,5}{2}\right)^2}{2} - 5,06 \times \frac{\left(\frac{8,5}{4}\right)^2}{2} = \\ M_{Ed} &= 116,79 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Potřebný průřezový modul pro ocel S355:

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_y} = \frac{116,79 \times 10^6}{355} = 328\,987,29 \text{ mm}^3$$

IPE 270

$$\begin{aligned} m &= 36,10 \text{ kg/m} & W_{pl,y} &= 484,00 \times 10^3 \text{ mm}^3 \\ A &= 4\,595,00 \text{ mm}^2 & I_y &= 5\,790,00 \times 10^4 \text{ mm}^4 \\ W_y &= 428,90 \times 10^3 \text{ mm}^3 & A_{vz} &= 2\,214,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tíha ocelového nosníku je menší než předpoklad nemusíme zatížení přepočítávat

Posouzení:

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 484\,000 \times 355 = 171\,820\,000,00 \text{ Nmm} = 171,82 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{116,79}{171,82} = 0,68 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2\,214 \times \frac{355}{\sqrt{3}} = 453\,779,99 \text{ N} = 453,78 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{54,96}{453,78} = 0,12 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Stav použitelnosti:

$$w = \frac{5}{384} \times \frac{g_k \times L^4}{EI} = \frac{5}{384} \times \frac{6,77 \times 8\,500^4}{210\,000 \times 57,9 \times 10^6} = 37,83 \text{ mm}$$

Jelikož je průhyb větší, než desetina tloušťky desky musíme započítat vliv tzv. rybníkového efektu

$$w_0 = 0,7 \times w = 0,7 \times 37,83 = 26,48 \text{ mm}$$

Přidané zatížení

$$\Delta q_k = w_0 \times b \times 26 \text{ kN/m}^3 = 0,02648 \times 2,25 \times 26 = 1,55 \text{ kN/m}$$

$$\Delta q_d = \Delta q_k \times \gamma_G = 1,55 \times 1,35 = 2,09 \text{ kN/m}$$

Ohybový moment po započítání vlivu rybníkového efektu

$$M_{Ed} = 116,79 + \frac{1}{8} \times 1,55 \times 8,5^2 = 151,59 \text{ kN/m}$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 484\,000 \times 355 = 171\,820\,000,00 \text{ Nmm} = 171,82 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{151,59}{171,82} = 0,88 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2\,568 \times \frac{355}{\sqrt{3}} = 453\,779,99 \text{ N} = 453,78 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{54,96}{453,78} = 0,12 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Profil IPE 270 v montážním stádiu vyhoví

Provozní zatížení

1. Stálé	tloušťka [mm]	objemová tíha [kN/m ³]	Charakteristické [kN/m]	γ_f	Návrhové [kN/m]
ocelový plech	1,00	78,50	0,18	1,35	0,24
beton*	59,00	25,00	6,14	1,35	8,29
tíha nosníku			0,42	1,35	0,57
nášlapná vrstva	1,2x2,25		2,70	1,35	3,65
podhled	0,15x2,25		0,34	1,35	0,46
		$g_k =$	9,78	1,35	$g_d =$ 13,20
Zatěžovací šířka					
	b=	2,25 [m]			
2. Užité					
Kategorie D2	5,00x2,25	$q_k =$	11,25	1,50	$q_d =$ 16,88

$$g_k + q_k = (9,78 + 11,25) + 1,55 = 22,58 \text{ kN/m}$$

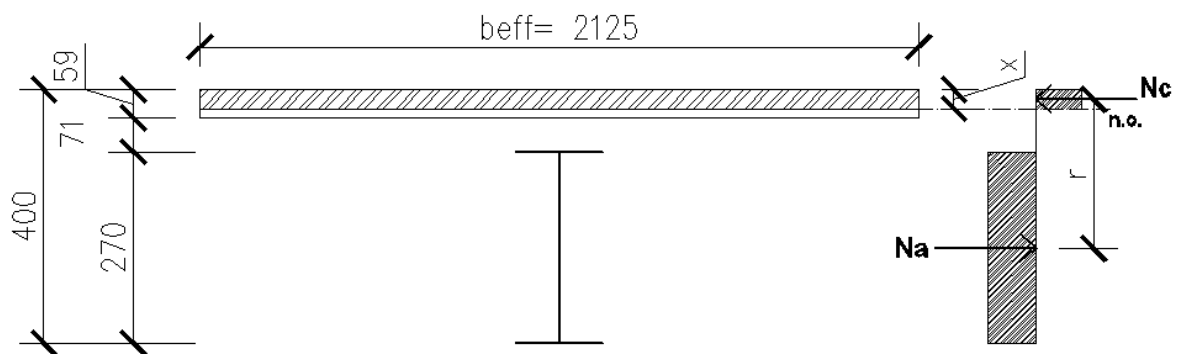
$$g_k + q_k = (13,2 + 16,88) + 2,09 = 32,17 \text{ kN/m}$$

Kde 1,55 kN/m je rybníkový efekt
Kde 2,09 kN/m je rybníkový efekt

Vnitřní síly

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \times f \times L^2 = \frac{1}{8} \times 32,17 \times 8,5^2 = 290,54 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 32,17 \times 8,5 = 136,72 \text{ kN}$$



Předpoklad n.o. v betonové desce

$$\text{tl. bet. desky} = h_c =$$

$$59,00 \text{ mm}$$

$$\frac{A_a \times f_y}{\chi_{M0}} = \frac{N_a = N_c}{\chi_{Mc} \times b_{eff} \times f_{ck} \times 0,85}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0; \gamma_{Mc} = 1,5; f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} = 2 \times b_{e1} = \frac{L}{4} = 2,13 \text{ m}$$

$$b_{eff} = \min(2,13; 2,25)$$

$$b_{eff} = 2,13 \text{ m}$$

$$\frac{4\,595 \times 355}{1} = \frac{x \times 2\,125 \times 25 \times 0,85}{1,5}$$

$$x = 54,19 \text{ mm} < 59 \text{ mm}$$

Předpoklad splněn

Výpočet ramene:

$$r = \frac{h}{2} + h_1 + h_c - \frac{x}{2} = \frac{270}{2} + 71 + 59 - \frac{54,19}{2} = 292,09 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a \times r = N_c \times r$$

$$M_{pl,Rd} = 4,76E+08 \text{ Nm} = 476,47 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{290,54}{476,47} = 0,61 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2\,568 \times \frac{355}{\sqrt{3}} = 453\,779,99 \text{ N} = 453,78 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{136,72}{453,78} = 0,30 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Pouzení mezní stav použitelnosti

montážní zatížení

$$\text{stálé+ryb. efekt} = g_0 = 6,77+1,55 = 8,32 \text{ kN/m}$$

Provozní zatížení

$$\text{nášlapná vrstva} \quad 2,70 \text{ kN/m}$$

$$\text{podhled} \quad 0,34 \text{ kN/m}$$

$$\text{užitné} \quad 11,25 \text{ kN/m}$$

$$q_p = \frac{11,25}{14,29} \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly:

$$M_0 = \frac{1}{8} \times g_0 \times L^2 = \frac{1}{8} \times 8,32 \times 8,5^2 = 75,10 \text{ kNm}$$

$$M_p = \frac{1}{8} \times q_p \times L^2 = \frac{1}{8} \times 14,29 \times 8,5^2 = 129,03 \text{ kNm}$$

Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15\,500,00 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel

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

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A + \frac{h_c \times b_{eff}}{n} = 4\,595 + \frac{59 \times 2\,125}{13,55} = 13\,848,87 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{A_a \times r_a + \frac{1}{n} \times A_c \times r_c}{A_a + \frac{1}{n} \times A_c} = \frac{4\,595 \times 150 + \frac{1}{13,55} \times 59 \times 2\,125 \times (270 + 71 + \frac{59}{2})}{4\,595 + \frac{59 \times 2\,125}{13,55}} = 291,69 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$x_a = e - r_a = 291,69 - 135 = 156,69 \text{ mm}$$

$$x_c = r_c - e = 370,5 - 291,69 = 78,81 \text{ mm}$$

$$I_1 = I_a + A_a \times x_a^2 + \frac{1}{n} \times (I_c + A_c \times x_c^2)$$

$$I_1 = 5790 \times 10^4 + 4595 \times 156,69^2 + \frac{1}{13,55} \times \left(\frac{1}{12} \times 2125 \times 59^3 + 2125 \times 59 \times 78,81^2 \right)$$

$$I_1 = 2,31\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

Největší napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \sigma_0 + \sigma_p = \frac{M_0}{W_y} + \frac{M_p}{I_1} \times z_d =$$

$$\sigma_{a,max} = \frac{7,51\text{E}+07}{428900,00} + \frac{129033984,38}{230875571,07} \times 291,69 = 338,12 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{a,max}}{f_y} = \frac{338,12}{355,00} = 0,95 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Největší napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_p}{n \times I_1} \times z_h =$$

$$\sigma_{c,max} = \frac{1,29\text{E}+08}{3,13\text{E}+09} \times 108,31 = 4,47 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,max}}{0,85 \times f_{ck}} = \frac{4,47}{21,25} = 0,21 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně

Průhyb od proměnného zatížení

$$w = \frac{5}{384} \times \frac{q_k \times L^4}{E \times I_1} = \frac{5}{384} \times \frac{11,25 \times 8500^4}{210000 \times 300 \times 10^6} = 15,77 \text{ mm}$$

$$w = 15,77 < w_{max} = 34,00 \text{ Vyhovuje}$$

$$w_{max} = \frac{L}{250} = \frac{8500}{250} = 34 \text{ mm}$$

Profil **IPE 270** vyhoví v provozní stádiu

Spražení

Návrh: přivařený trn 19/100 v jedné vlně

$$d = 19,00 \text{ mm} \quad h_{sc} = 100,00 \text{ mm}$$

$$f_u = 360,00 \text{ MPa}$$

Únosnost jednoho trnu:

$$\min = (P_{Rd,1}; P_{Rd,2})$$

$$P_{Rd,1} = 0,8 \times f_u \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{1}{\gamma_v} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 19^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 65\,499,84 \text{ N}$$

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

$$\alpha = 0,2 \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \quad \text{pro } 3 \leq h_{sc}/d \leq 4$$

$$\alpha = 1 \quad \text{pro } h_{sc}/d > 4$$

Rozhoduje $P_{Rd,1} = 65,50 \text{ kN}$

Redukce únosnosti součinitelem k_t

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{r_t}} \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \times \frac{135}{71} \times \left(\frac{100}{71} - 1 \right) = 0,54$$

$$P_{Rd} = k_t \times P_{Rd,1} = 35,61 \text{ kN}$$

$$F_{cf} = N_a = N_c = 4\,595 \times 355 = 1\,631\,225,00 \text{ N} = 1\,631,23 \text{ kN}$$

Potřený počet trnů ja jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{rd}} = \frac{1\,631,23}{35,61} = 45,81$$

Modulová šířka žebra je 182mm

Počet žeber

$$n = \frac{L}{h} = \frac{8500}{182} = 23,35$$

Návrh neúplného sprážení

$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 484\,000 \times 355 = 171\,820\,000\,00\text{Nmm} = 171,82\text{ kNm}$$

$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} \times F_{cf} = \frac{291,48 - 171,82}{476,47 - 171,82} \times 1\,631,23 = 635,65\text{ kN}$$

$$n_f = \frac{F_c}{P_{rd}} = \frac{635,36}{35,61} = 17,85\text{ ks}$$

Počet trnů

Navrženo Trn 19/100 v každém žeburu

2.3 Zatížení od imperfekcí

hlavní vazba vyšší budovy

Uvažujeme počáteční natočení konstrukce

$$\phi = \phi_0 \times \alpha_h \times \alpha_m$$

$$\phi_0 = \frac{1}{200}$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{37,37}} = 0,327166 < 2/3 \Rightarrow 0,67$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \times \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \times \left(1 + \frac{1}{4}\right)} = 0,8165$$

$$\phi = \phi_0 \times \alpha_h \times \alpha_m = \frac{1}{200} \times 1 \times 0,8165 = 0,002722$$

$$H_{imv} = \phi \times \sum N_{Ed}$$

$\sum N_{Ed} \Rightarrow$ Součet normálových sil od všech slouplů v rámu v jednotlivých podlaží

$N_{Ed1} =$	18575,25 kN	$\Delta N_{Ed1} =$	1737,75 kN	$H_{imp1} =$	4,73 kN
$N_{Ed2} =$	16837,5 kN	$\Delta N_{Ed2} =$	2307,2 kN	$H_{imp2} =$	6,28 kN
$N_{Ed3} =$	14530,3 kN	$\Delta N_{Ed3} =$	1980,18 kN	$H_{imp3} =$	5,39 kN
$N_{Ed4} =$	12550,12 kN	$\Delta N_{Ed4} =$	2633,92 kN	$H_{imp4} =$	7,17 kN
$N_{Ed5} =$	9916,2 kN	$\Delta N_{Ed5} =$	1737,7 kN	$H_{imp5} =$	4,73 kN
$N_{Ed6} =$	8178,5 kN	$\Delta N_{Ed6} =$	1737,6 kN	$H_{imp6} =$	4,73 kN
$N_{Ed7} =$	6440,9 kN	$\Delta N_{Ed7} =$	1737,8 kN	$H_{imp7} =$	4,73 kN
$N_{Ed8} =$	4703,1 kN	$\Delta N_{Ed8} =$	1737,7 kN	$H_{imp8} =$	4,73 kN
$N_{Ed9} =$	2965,4 kN	$\Delta N_{Ed9} =$	1737,72 kN	$H_{imp9} =$	4,73 kN
$N_{Ed10} =$	1227,68 kN	$\Delta N_{Ed10} =$	1227,68 kN	$H_{imp10} =$	3,34 kN

*síla by měla být stanovena ze svislého zatížení pro dané podlaží - tedy lze uvažovat z rozdílu sil mezi jednotlivými patry

Krajní vazba vyšší budovy

Uvažujeme počáteční natočení konstrukce

$$\phi = \phi_0 \times \alpha_h \times \alpha_m$$

$$\phi_0 = \frac{1}{200}$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{33,3}} = 0,35 < 2/3 \Rightarrow 0,67$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \times \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \times \left(1 + \frac{1}{4}\right)} = 0,8165$$

$$\phi = \phi_0 \times \alpha_h \times \alpha_m = \frac{1}{200} \times 0,35 \times 0,8165 = 0,002722$$

$$H_{imp} = \phi \times \sum N_{Ed}$$

$\sum N_{Ed} \Rightarrow$ Součet normálových sil od všech sloupů v rámu v jednotlivých podlaží

$N_{Ed1} =$	8726,65 kN	$\Delta N_{Ed1} =$	938,95 kN	$H_{imp1} =$	2,56 kN
$N_{Ed2} =$	7787,7 kN	$\Delta N_{Ed2} =$	1208,2 kN	$H_{imp2} =$	3,29 kN
$N_{Ed3} =$	6579,5 kN	$\Delta N_{Ed3} =$	1204,2 kN	$H_{imp3} =$	3,28 kN
$N_{Ed4} =$	5375,3 kN	$\Delta N_{Ed4} =$	1192,3 kN	$H_{imp4} =$	3,25 kN
$N_{Ed5} =$	4183 kN	$\Delta N_{Ed5} =$	901,9 kN	$H_{imp5} =$	2,45 kN
$N_{Ed6} =$	3281,1 kN	$\Delta N_{Ed6} =$	897,96 kN	$H_{imp6} =$	2,44 kN
$N_{Ed7} =$	2383,14 kN	$\Delta N_{Ed7} =$	899,73 kN	$H_{imp7} =$	2,45 kN
$N_{Ed8} =$	1483,41 kN	$\Delta N_{Ed8} =$	883,61 kN	$H_{imp8} =$	2,40 kN
$N_{Ed9} =$	599,8 kN	$\Delta N_{Ed9} =$	599,8 kN	$H_{imp9} =$	1,63 kN

Nižší část budovy

$$\phi = \phi_0 \times \alpha_h \times \alpha_m$$

$$\phi_0 = \frac{1}{200}$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{17}} = 0,49 < 2/3 \Rightarrow 0,67$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \times \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \times \left(1 + \frac{1}{4}\right)} = 0,8165$$

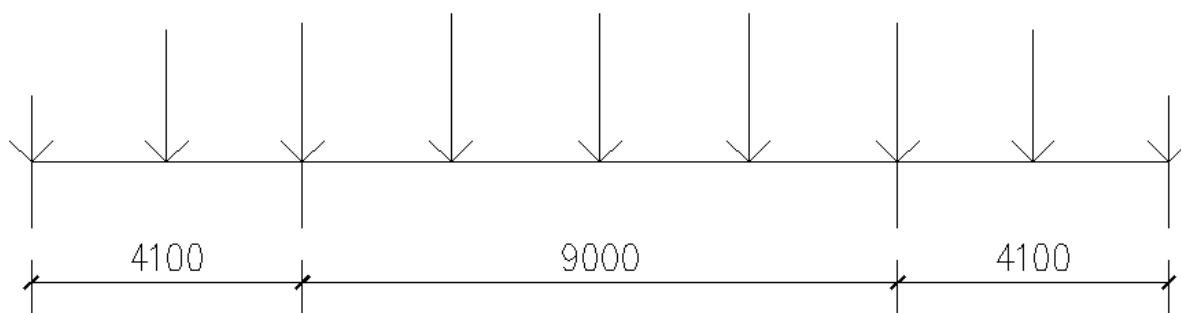
$$\phi = \phi_0 \times \alpha_h \times \alpha_m = \frac{1}{200} \times 0,49 \times 0,8165 = 0,002722$$

$$H_{imp} = \phi \times \sum N_{Ed}$$

$\sum N_{Ed} \Rightarrow$ Součet normálových sil od všech slouplů v rámu v jednotlivých podlaží

$N_{Ed1} =$	9331,2 kN	$\Delta N_{Ed1} =$	2344,2 kN	$H_{imp1} =$	6,38 kN
$N_{Ed2} =$	6987 kN	$\Delta N_{Ed2} =$	2235,86 kN	$H_{imp2} =$	6,09 kN
$N_{Ed3} =$	4751,14 kN	$\Delta N_{Ed3} =$	2387,44 kN	$H_{imp3} =$	6,50 kN
$N_{Ed4} =$	2363,7 kN	$\Delta N_{Ed4} =$	2363,7 kN	$H_{imp4} =$	6,43 kN

2.4 Průvlak pro kancelářské prostory hlavní rám



$$L_1 = 9,00 \text{ m}$$

$$L_2 = 4,10 \text{ m}$$

$$f_y = 355,00 \text{ Mpa}$$

Montážní stadium:

Zatížení:

Stálé:

Vlastní tíha nosníku 0,80 kN/m

Bodové síly od stropnic

$$V_{Ek} = (6,77 + 1,55) \times \frac{8,5}{2} + (1,69 + 3,38) \times \frac{4,25}{2} = 44,33 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = (9,13 + 2,09) \times \frac{8,5}{2} + (2,53 + 5,06) \times \frac{4,25}{2} = 63,81 \text{ kN}$$

1,55 kN/m a 2,09 kN/m je připočítání rybníkového efektu

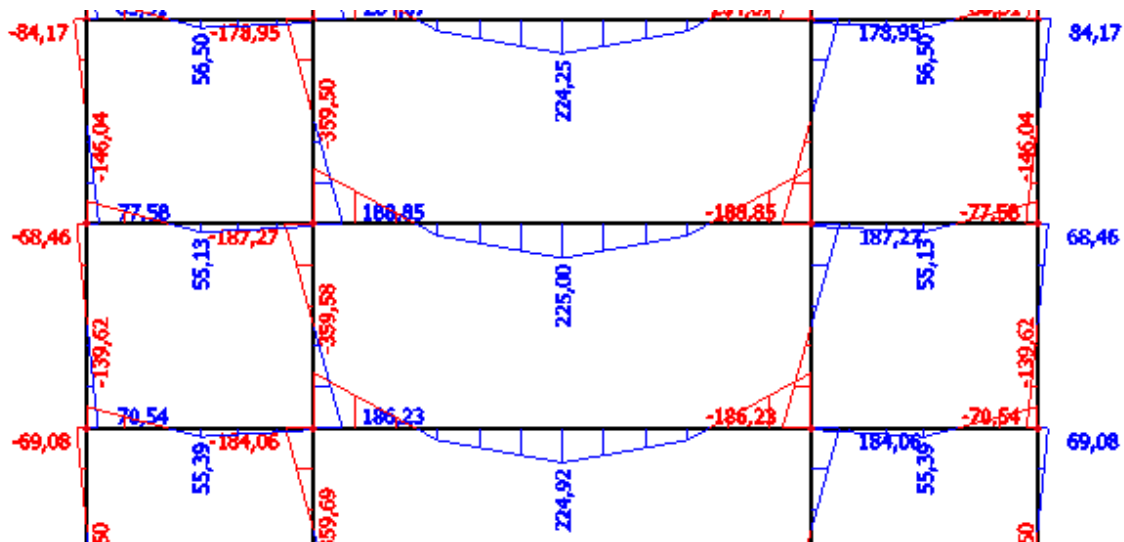
Protože jsou stropnice připojeny na průvlak z obou stran

$$2 \times V_{Ek} = 88,66 \text{ kN}$$

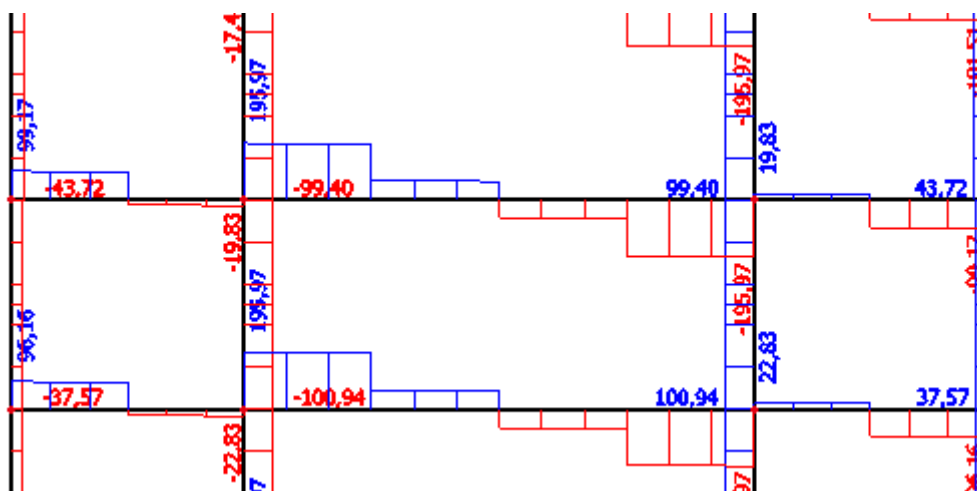
$$2 \times V_{Ed} = 127,62 \text{ kN}$$

Mezní stav únosnosti

Průběh ohybových momentů



Průběh smykových sil



$$R_{Ed} = 195,97 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 225,00 \text{ kNm}$$

Výsledky viz. scia

Potřebný průřezový modul pro ocel S355:

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_y} = \frac{225,0 \times 10^6}{355} = 633\,802,82 \text{ mm}^3$$

Prvek IPE 360

$$m = 57,10 \text{ kg/m}$$

$$A = 7\,273,00 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 903,60 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 1\,019,00 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 16\,270,00 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 3\,514,00 \text{ mm}^2$$

Posouzení:

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 1\,019\,000 \times 355 = 361\,745\,000 \text{ Nmm} = 361,75 \text{ kNm}$$

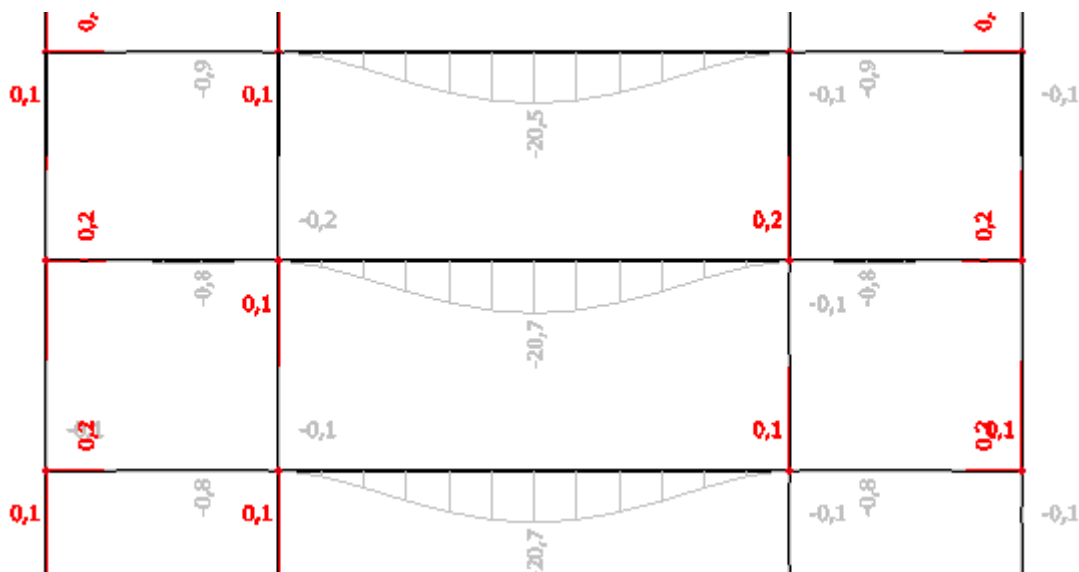
$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{225,00}{361,75} = 0,62 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 3\,514 \times \frac{355}{\sqrt{3}} = 720\,227,14 \text{ N} = 720,23 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{195,97}{720,23} = 0,27 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Mezní stav použitelnosti



$$\delta = 20,70 \text{ mm} \quad \text{viz. scia}$$

$$\delta_{max} = \frac{L}{250} = \frac{9\,000}{250} = 36,00 \text{ mm}$$

$$\delta = 20,70 < \delta_{max} = 36,00 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

Jelikož je průhyb větší než desetina tloušťky betonové desky musíme započítat vliv tzv. rybníkového efektu

$$\delta_0 = 0,7 \times \delta = 0,7 \times 22,30 = 14,49 \text{ mm}$$

Přidané zatížení

$$\Delta q_k = \delta_0 \times b \times 26 \text{ kN/m}^3 = 0,01561 \times 9,0 \times 26 = 3,39 \text{ kN/m}$$

$$\Delta q_d = \Delta q_k \times \gamma_G = 3,65 \times 1,35 = 4,58 \text{ kN/m}$$

Ohybový moment po započítání vlivu rybníkového efektu

$$M_{Ed} = 252,49 \text{ kN/m}$$

viz. Scia

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 1019\,000 \times 355 = 3,6\text{E}+08 \text{ Nmm} = 361,75 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{\chi_{lt} \times M_{pl,Rd}} = \frac{252,49}{343,66} = 0,73 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Profil IPE 360 v montážním stádiu vyhoví

Provozní stadium

Reakce od stropnic

$$g_k + q_k = (9,78 + 5,63) + 1,55 = 16,96 \text{ kN/m}$$

$$g_k + q_k = (13,2 + 8,44) + 2,09 = 23,73 \text{ kN/m}$$

Kde 1,55 kN/m je rybníkový efekt

Kde 2,09 kN/m je rybníkový efekt

$$V_{Ek} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 16,96 \times 8,5 = 76,32 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 23,73 \times 8,5 = 106,79 \text{ kN}$$

Protože jsou stropnice připojeny na průvlak z obou stran

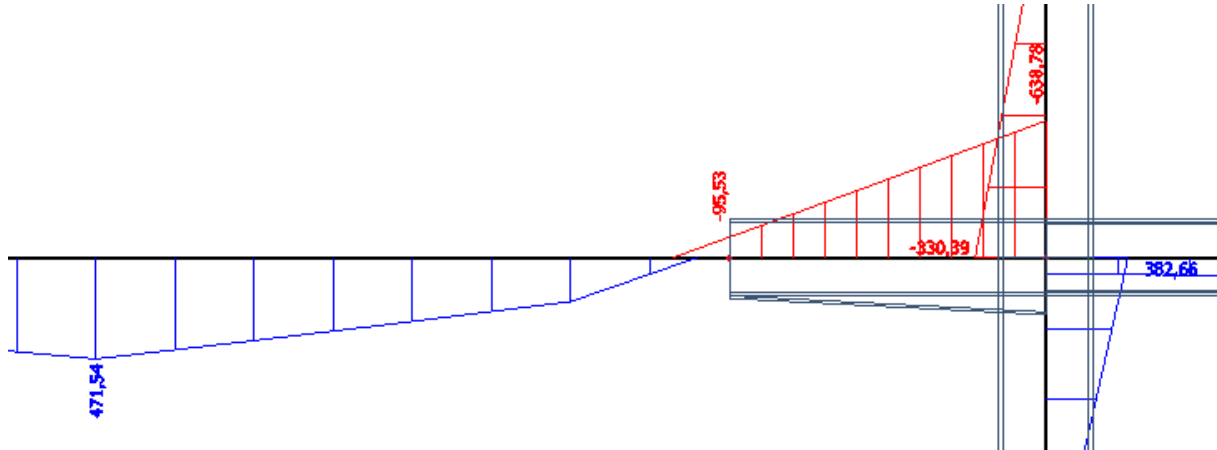
$$2 \times V_{Ek} = 152,64 \text{ kN}$$

$$2 \times V_{Ed} = 213,57 \text{ kN}$$

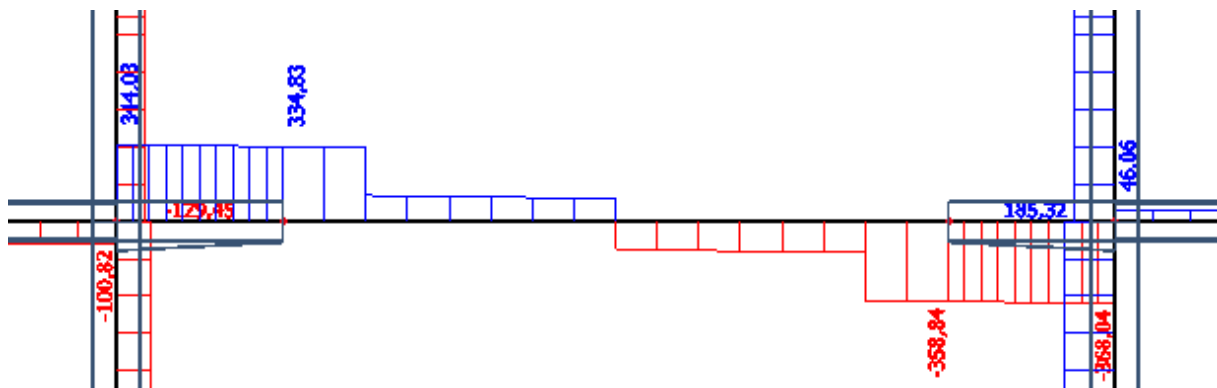
Pro provozní stadium byl model upraven o profil uprostřed rozpětí na profil spřaženého ocelo-betonového nosníku kvůli přesnějším tuhostem konstrukce, které ovlivňují vnitřní průběh sil.

Průběh ohybového momentu

Mezní stav při kombinaci plně dominantní užité zátěží



Průběh smykových sil



$$R_{Ed} = 368,00 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 471,54 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,p} = 638,80 \text{ kNm}$$

Výsledky viz. scia

Předpoklad n.o. v betonové desce

tl. Bet.desky $h_c = 59,00 \text{ mm}$

$$N_a = N_c$$

$$\frac{A_a \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{x \times b_{eff} \times f_{ck} \times 0,85}{\gamma_{Mc}}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0; \gamma_{Mc} = 1,5; f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} = \left(2 \times \frac{L_1}{8}\right) \times 0,7 = \left(2 \times \frac{9}{8}\right) \times 0,7 = 1,58 \text{ m}$$

$$b_{eff} = \min(1,58; 9,00)$$

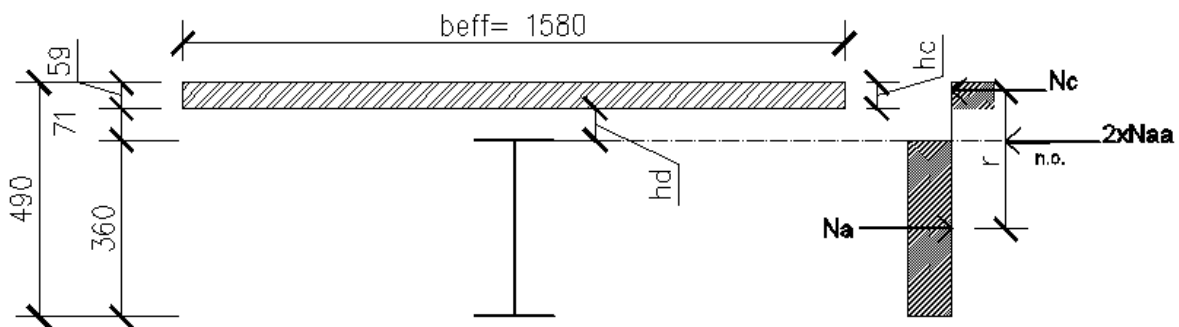
$$b_{eff} = 1,58 \text{ m}$$

$$\frac{7\,273 \times 355}{1} = \frac{x \times 1\,580 \times 25 \times 0,85}{1,5}$$

$$x = 115,72 \text{ mm} < 59 \text{ mm}$$

Předpoklad nesplněn

Nový předpoklad n.o. je v horní pásnici



$$N_c + N_{aa} = N_a$$

$$N_c = b_{eff} \times h_c \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \times 0,85$$

$$N_{aa} = A_p \times f_y = \frac{2 \times x \times f_y \times b_p}{\gamma_{M0}}$$

Kde A_p je plocha pásnice

$$N_a = A \times f_y$$

$$1\,580 \times 59 \times \frac{25}{1,5} \times 0,85 + \frac{2 \times x \times 355 \times 170}{1,0} = 7\,273 \times 355$$

$$x = 10,48 \text{ mm}$$

Výpočet momentové únosnosti

$$M_{Rd} = N_a \times \left(\frac{h_l}{2} + h_d - \frac{h_c}{2} \right) - 2 \times N_{aa} \times \left(h_d - \frac{h_c}{2} + \frac{x}{2} \right)$$

$$= 2\,581\,915 \times \left(\frac{360}{2} + 130 - \frac{59}{2} \right) - 2 \times 632\,468 \times \left(130 - \frac{59}{2} + \frac{10,48}{2} \right) = 590\,472\,824,86 \text{ Nmm}$$

$$M_{Rd} = 590,47 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{471,54}{590,47} = 0,80 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Průřez nad podporou

$$M_{Ed,p} = 638,80 \text{ kNm}$$

Beton v tahu neuvažujeme

Profil IPE 360+úpalek 90

$$\begin{aligned} m &= 77,60 \text{ kg/m} & W_{pl,y} &= 1\,497,00 \text{ mm}^2 \\ A &= 10\,197,00 \text{ mm}^2 & I_y &= 29\,811,00 \times 10^4 \text{ mm}^4 \\ W_y &= 1\,180,20 \times 10^3 \text{ mm}^3 & A_{vz} &= 3\,752,90 \times 10^3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Předpoklad n.o. v dolní pásnici profilu

$$\begin{aligned} N_s + 2 \times N_{a1} &= N_a \\ f_{sk} &= 500,00 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0; \gamma_{Mc} = 1,5; f_{ck} = 25 \text{ MPa}; \gamma_s = 1,15$$

$$\begin{aligned} b_{eff} &= 0,25 \times \frac{(L_1 + L_2)}{4} = \\ &= 0,25 \times \frac{9,0 + 4,1}{4} = 0,82 \text{ m} \\ b_{eff} &= \min(0,82, 9,00) \\ b_{eff} &= 0,82 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_s &= A_s \times \frac{f_{sk}}{\gamma_s} \\ N_{a1} &= (b \times t_f + d \times t_w + x \times t_w) \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \\ N_a &= A \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \end{aligned}$$

$$188 \times \frac{500}{1,15} + 2 \times (180 \times 13,5 + 373 \times 8,6 + x \times 180) \times \frac{355}{1} = 11\,992 \times \frac{355}{1}$$

$$x = 0,87 \text{ mm}$$

Předpoklad splněn

Plocha výztuže zjištěna viz. příloha ArcelorMittal Cofra 5

těžiště pásnice a stojiny

$$t_1 = \frac{\left(\frac{t_f}{2} \times t_f \times b_p + \left(t_f + \frac{d}{2}\right) \times t_w \times d + \left(t_f + d + \frac{x}{2}\right) \times x \times b_p}{t_f \times b_p + t_w \times d + b_p \times x}\right. \\ = \frac{\frac{12,7}{2} \times 12,7 \times 170 + \left(12,7 + \frac{334,6}{2}\right) \times 8,0 \times 334,6 + \left(12,7 + 334,6 + \frac{0,87}{2}\right) \times 0,87 \times 170}{12,7 \times 170 + 8,0 \times 334,6 + 170 \times 0,87} = \\ = 109,75 \text{ mm}$$

$$z_a = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} + t_1 = 130 - 35 - \frac{6}{2} + 197 = 289,00 \text{ mm}$$

$$z_{a1} = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} + t_1 = 130 - 35 - \frac{6}{2} + 109,75 = 201,75 \text{ mm}$$

Kde: c je krytí výztuže, d je výška stojiny, \emptyset je průměr výztuže, těžiště profilu s úpalkem zjištěn pomocí Scia t_1

$$M_{pl,Rd} = N_a \times z_a - N_{a1} \times z_{a1}$$

$$M_{pl,Rd} = 10197 \times 355 \times 289 - (170 \times 12,7 + 334,6 \times 8,0 + 0,87 \times 170) \times 355 \times 201,75$$

$$M_{pl,Rd} = 685\,726\,422,87 \text{ Nmm} = 685,73 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{pl,Rd}} = \frac{638,80}{663,78} = 0,96 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Kde $\chi_{Lt} = 0,968$ Průřez vyhoví

Posouzení průvlaku na ztrátu stability za ohybu kancelářské prostory

Profil u vnitřní podpory IPE 360+90

Vzpěrné délky: - vzpěrná délka z roviny rámu: $L_{cr,z} = 9,00 \text{ m}$

..... - vzpěrná délka v rovině rámu: $L_{cr,y} = 2,25 \text{ m}$

Vnitřní síly:

$N_{Ed} =$ Prakticky 0,00 nulovou hodnotu také uvažujeme

$M_{y,Ed} = 638,8 \text{ kNm}$

Štíhlosti:

$$L_{cr,z} = 9,00 \text{ m} \Rightarrow \bar{\lambda}_z = (L_{cr,z}/i_z) \cdot (1/\lambda_1) = x$$

Kvůli 0 normálové síle štíhlost v rovině nepotřebujeme

Klopené: M_{cr} zjištěn pomocí softwaru LTBeam N
Uvažujeme příčné držení stropnicí, beton neuvažujeme
Uvažuji v úrovni horní pásnice rotační tuhost k_s

$$k_s = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \quad k_1 = \alpha(EI)_2/a \quad k_2 = \frac{E_a t_w^3}{4(1-\nu_a^2)h_s}$$

$\alpha = 3$ pro vnitřní nosník

a je vzdálenost mezi rovnoběžnými nosníky

$$k_1 = 3 \times (31\,000 \times \frac{1}{12} \times \frac{9 \times 0,059^3}{3}) = 0,53 \text{ MN/m}$$

$$k_2 = \frac{210\,000 \times 0,008^3}{4 \times (1 - 0,3^2) \times 0,45} = 0,0656 \text{ MN/m}$$

$$k_s = \frac{0,53 \times 0,0656}{0,53 + 0,0656} = 0,0584 \text{ MN/m}$$

$$M_{cr} = 6\,253,0 \text{ kNm}$$

$$\mu_{cr} = 9,65$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}$$

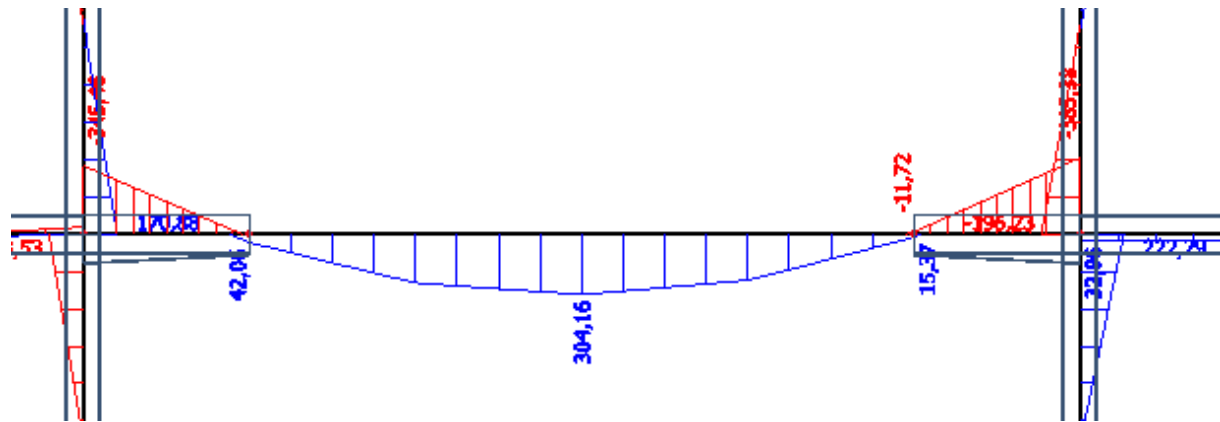
Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{((1,497 \times 10^{-3} \times 355) / 6,213)} = 0,29$$

$h/b = 450/170 = 2,647 > 1,2 \Rightarrow$ křivka klopení **b**

$\chi_{LT} = 0,968$ pro křivku klopení b , viz. [6] použité zdroje

Mezní stav použitelnosti



Kombinace s plným užitným zatížením

$$M_p = 304,16 \text{ kNm}$$

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31\,000}{2} = 15\,500,00$$

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

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A + \frac{h_c \times b_{eff}}{n} = 7\,273 + \frac{59 \times 1\,580}{13,55} = 14\,131,75 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{A_a \times r_a + \frac{1}{n} \times A_c \times r_c}{A_a + \frac{1}{n} \times A_c} = \frac{7\,273 \times 180 + \frac{1}{13,55} \times 59 \times 1\,580 \times (360 + 71 + \frac{59}{2})}{7\,273 + \frac{59 \times 1\,580}{13,55}} =$$
$$e = 316,36 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$x_a = e - r_a = 334,9 - 180 = 136,36 \text{ mm}$$

$$x_c = r_c - e = 460,5 - 316,36 = 144,14 \text{ mm}$$

$$I_1 = I_a + A_a \times x_a^2 + \frac{1}{n} \times (I_c + A_c \times x_c^2)$$

$$I_1 = 16\,270 \times 10^4 + 7\,273 \times 136,36^2 + \frac{1}{13,55} \times (\frac{1}{12} \times 1\,580 \times 59^3 + 1\,580 \times 59 \times 144,14^2)$$

$$I_1 = 4,43\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

Největší napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_p}{I_1} \times z_d =$$

$$\sigma_{a,max} = \frac{3,04\text{E}+08}{4,43\text{E}+08} \times 316,36 = 217,27 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{a,max}}{f_y} = \frac{217,27}{355,00} = 0,61 < 1,0 \text{ Vyhovuje}$$

Největší napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_p}{n \times I_1} \times z_h =$$

$$\sigma_{c,max} = \frac{3,04\text{E}+08}{6,00\text{E}+09} \times 173,64 = 8,80 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,max}}{0,85 \times f_{ck}} = \frac{8,80}{21,25} = 0,41 < 1,0 \text{ Vyhovuje}$$

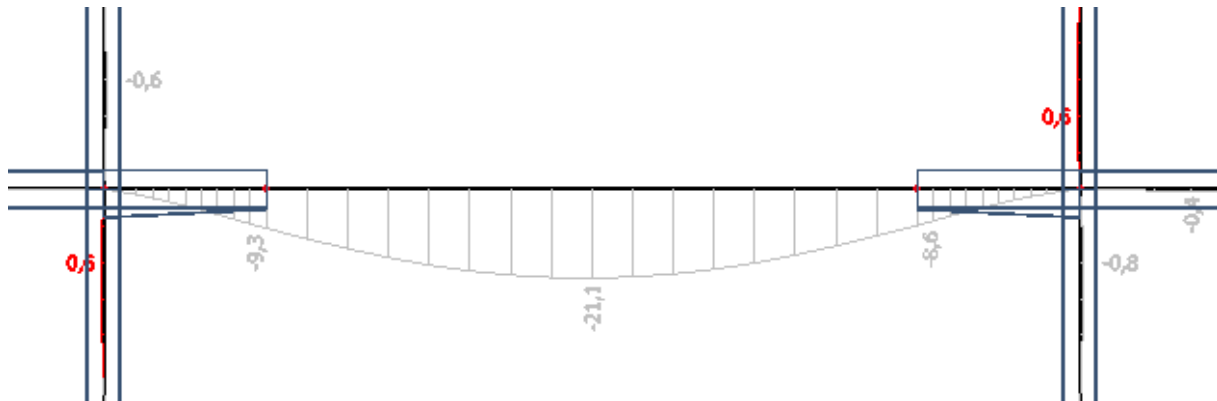
Nosník při provozním zatížení působí pružně

Průhyb od charakteristického zatížení zatížení

$$w = 21,10 \text{ mm}$$

$$w = 21,10 < w_{max} = 36,00$$

$$w_{max} = \frac{L}{250} = \frac{9000}{250} = 36,00 \text{ mm}$$



Profil IPE 360 vyhoví na mezní stav použitelnosti.

Spřažení

Návrh: přivařený trn 19/100 po 100mm

$$d = 19,00 \text{ mm} \quad h_{sc} = 100,00 \text{ mm} \quad f_u = 360,00 \text{ MPa}$$

Únosnost jednoho trnu:

$$\min = (P_{Rd,1}; P_{Rd,2})$$

$$P_{Rd,1} = 0,8 \times f_u \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{1}{\gamma_v} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 19^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 6,55E+04 \text{ N}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \times \alpha \times d^2 \times \sqrt{f_{ck} \times E_{cm}} \times \frac{1}{\gamma_v}$$

$$= 0,29 \times 1 \times 19^2 \times \sqrt{25 \times 31\,000} \times \frac{1}{1,25} = 73\,730,31 \text{ N}$$

$$\alpha = 0,2 \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \quad \text{pro } 3 \leq h_{sc}/d \leq 4$$

$$\alpha = 1 \quad \text{pro } h_{sc}/d > 4$$

$$\text{Rozhoduje } P_{Rd,1} = 65,50 \text{ kN}$$

Redukce únosnosti součinitelem k_t

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_t}} \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \times \frac{135}{71} \times \left(\frac{100}{71} - 1 \right) = 0,54$$

$$P_{Rd} = k_t \times P_{rd,1} = 35,61 \text{ kN}$$

$$F_{cf} = N_a = N_c = 7268 \times 355 = 2,58E+06 \text{ N} = 2\,580,14 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů ja jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{rd}} = \frac{2\,580}{35,61} = 72,46$$

Modulová délka 100 mm

$$n = \frac{\frac{L}{2}}{l} = \frac{\frac{9000}{2}}{100} = 45,00$$

Návrh neúplného sprážení

$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 1\,019\,000 \times 355 = 3,62E+08 \text{ Nmm} = 361,75 \text{ kNm}$$

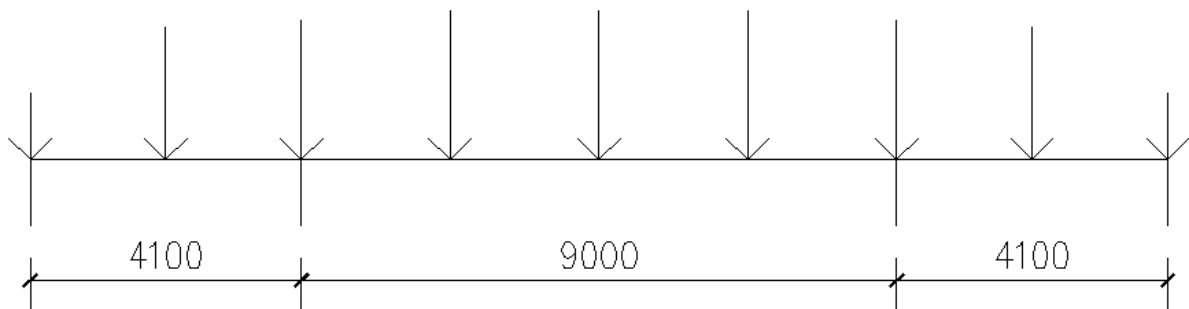
$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} \times F_{cf} = \frac{467,7 - 361,75}{590,47 - 361,75} \times 2\,580 = 1\,195,23 \text{ kN}$$

$$n_f = \frac{F_c}{P_{rd}} = \frac{1\,195,23}{35,61} = 33,57 \text{ ks}$$

Počet trnů

Navrženo Trn 19/100 po 100 mm

2.5 Průvlak pro obchodní prostory hlavní rám



$$L_1 = 9,00 \text{ m} \quad f_y = 355,00 \text{ Mpa}$$

$$L_2 = 4,10 \text{ m}$$

Montážní stadium:

Zatížení:

Stálé:

Vlastní tíha nosníku 0,80 kN/m

Bodové síly od stropnic

$$V_{Ek} = (6,77 + 1,55) \times \frac{8,5}{2} + (1,69 + 3,38) \times \frac{4,25}{2} = 44,23 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = (9,13 + 2,09) \times \frac{8,5}{2} + (2,53 + 5,06) \times \frac{4,25}{2} = 63,81 \text{ kN}$$

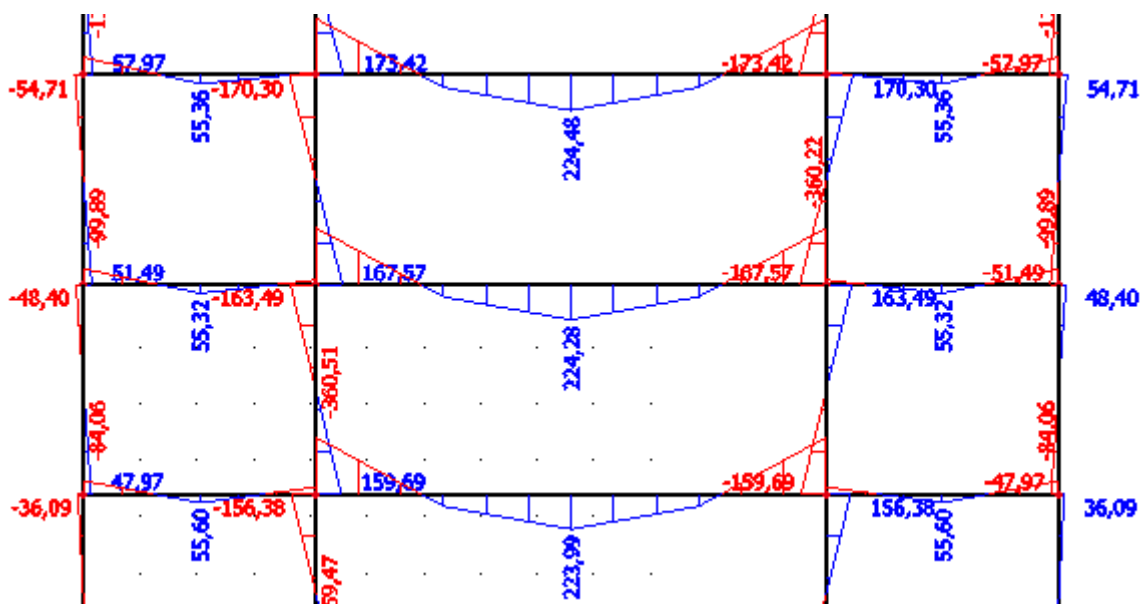
1,55 kN/m a 2,09 kN/m je připočítání rybníkového efektu

Protože jsou stropnice připojeny na průvlak z obou stran

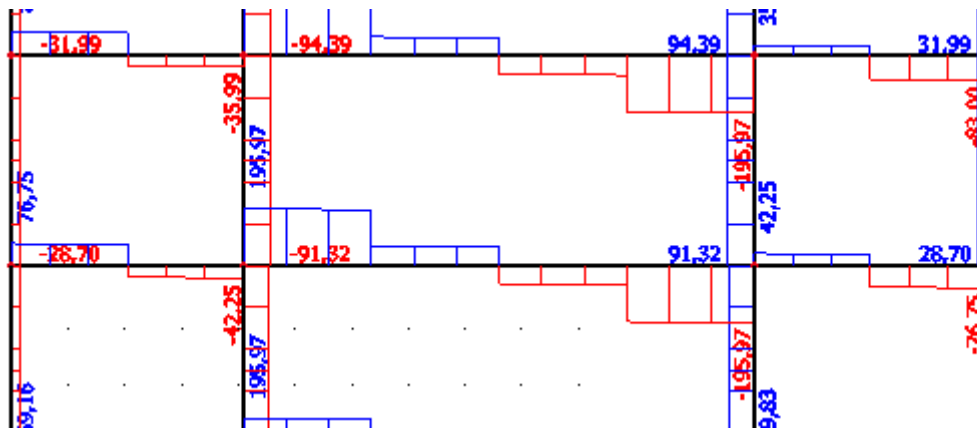
$$2 \times V_{Ek} = 88,46 \text{ kN}$$

$$2 \times V_{Ed} = 127,62 \text{ kN}$$

Průběh ohybových momentů



Průběh posouvajících sil



$$R_{Ed} = 195,97 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 224,48 \text{ kNm}$$

Výsledky viz. scia

Potřebný průřezový modul pro ocel S355:

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_y} = \frac{224,48 \times 10^6}{355} = 632\,338,03 \text{ mm}^3$$

Prvek

IPE 360

$$m = 57,10 \text{ kg/m}$$

$$A = 7\,273,00 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 903,60 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 1\,019,00 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 16\,270,00 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 3\,514,00 \text{ mm}^2$$

Posouzení:

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 1\,019\,000 \times 355 = 3,6E+08 \text{ Nmm} = 361,75 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{224,48}{361,75} = 0,62 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 3\,514 \times \frac{355}{\sqrt{3}} = 720\,227,14 \text{ N} = 720,23 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{195,97}{720,23} = 0,27 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 1019\,000 \times 355 = 3,6E+08 \text{ Nmm} = 361,75 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{\chi_{lt} \times M_{pl,Rd}} = \frac{239,51}{347,28} = 0,69 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Kde } \chi_{lt} = 0,96$$

Profil IPE 360 v montážním stádiu vyhoví

Profil uprostřed rozpětí

Klopení: $L_{cr,LT} = 9,0 \text{ m}$

$h/b=360/170=2,12 \Rightarrow h/b < 2 \Rightarrow \mathbf{b}$ ($\alpha_{LT} = 0,34$)

průběh momentu je $M_{kraj} = 383,74 \text{ kNm}$, $M_{pole} = 252,49 \text{ kNm}$

$$M_{cr} = 1339 \text{ kNm}$$

M_{cr} spočten pomocí programu LT Beam

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_{lt} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1019 \times 10^3 \times 355}{1\,339 \times 10^6}} = 0,508$$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\phi_{lt} = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,508 - 0,4) + 0,75 \times 0,508^2] = 0,615$$

Kde: $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40$; $\beta = 0,75$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\chi_{lt} = \frac{1}{0,615 + \sqrt{0,615^2 - 0,75 \times 0,508^2}} = 0,96$$

Provozní stádium

Reakce od stropnic

$$g_k + q_k = (9,78 + 11,25) + 1,55 = 22,58 \text{ kN/m}$$

$$g_k + q_k = (13,2 + 16,88) + 2,09 = 32,17 \text{ kN/m}$$

Kde 1,55 kN/m je rybníkový efekt

Kde 2,09 kN/m je rybníkový efekt

$$V_{Ek} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 22,58 \times 8,5 = 95,97 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 32,17 \times 8,5 = 136,72 \text{ kN}$$

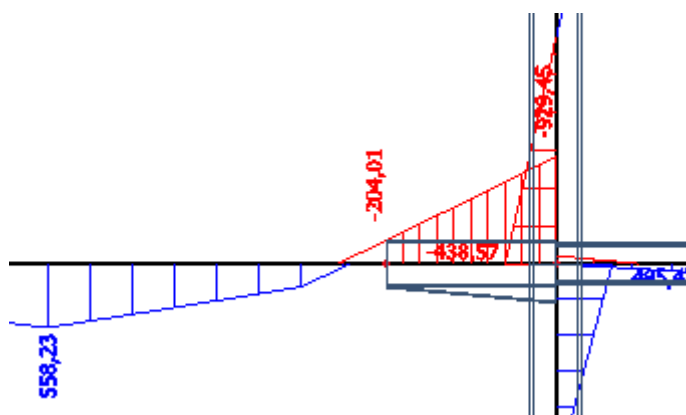
Protože jsou stropnice připojeny na průvlak z obou stran

$$2 \times V_{Ek} = 191,93 \text{ kN}$$

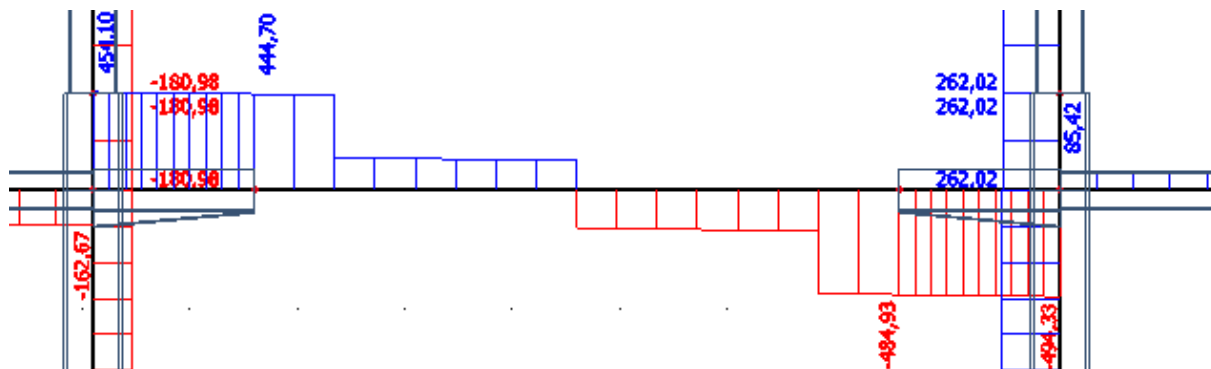
$$2 \times V_{Ed} = 273,45 \text{ kN}$$

Mezní stav při kombinaci plně dominantní užitého zatížení

Průběh ohybového momentu



Průběh posouvajících sil



$$R_{Ed} = 494,33 \text{ kN}$$

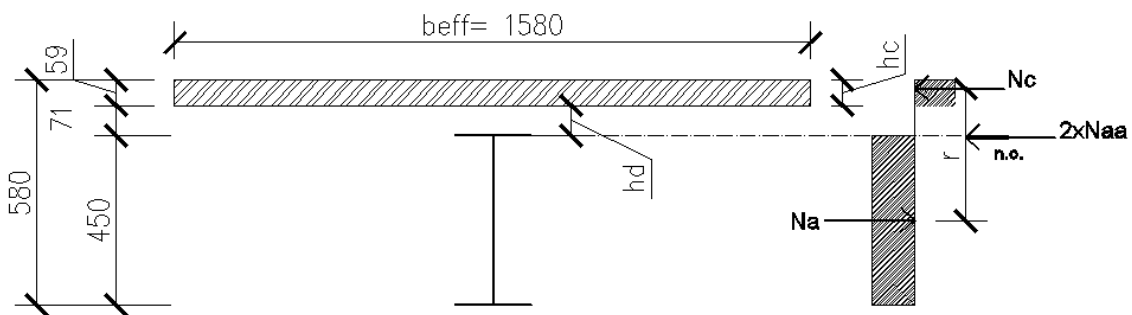
$$M_{Ed} = 558,24 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,p} = 929,45 \text{ kNm}$$

Výsledky viz. scia

Průřez v poli

$$M_{Ed} = 558,24 \text{ kNm}$$



Profil IPE 450

$$\begin{aligned} m &= 66,30 \text{ kg/m} & W_{pl,y} &= 1\,702,00 \times 10^3 \text{ mm}^3 \\ A &= 9\,882,00 \text{ mm}^2 & I_y &= 33\,740,00 \times 10^4 \text{ mm}^4 \\ W_y &= 1\,500,00 \times 10^3 \text{ mm}^3 & A_{vz} &= 5\,085,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

předpoklad n.o. v horní pásnici

$$N_c + N_{aa} = N_a$$

$$N_c = b_{eff} \times h_c \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \times 0,85$$

$$N_{aa} = A_p \times f_y = \frac{2 \times x \times f_y \times b_p}{\gamma_{M0}}$$

Kde A_p je plocha pásnice

$$N_a = A \times f_y$$

$$1\,580 \times 59 \times \frac{25}{1,5} \times 0,85 + \frac{2 \times x \times 355 \times 190}{1,0} = 9\,882 \times 355$$

$$x = 16,25 \text{ mm} \quad t_f = 14,6 \text{ mm}$$

Předpoklad nesplněn

Předpoklad n.o. v stojně profilu

$$N_{a1} = (b \times t_f + x \times t_w) \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_a = A \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$1\,580 \times 59 \times \frac{25}{1,5} \times 0,85 + 2 \times (190 \times 14,6 + x \times 9,4) \times \frac{355}{1,0} = 9\,882 \times \frac{355}{1}$$

$$x = 32,66 \text{ mm}$$

Předpoklad splněn

Výpočet těžiště pásnice a stojiny

$$t_1 = \frac{\left(\frac{t_f}{2} \times t_f \times b_p + \left(t_f + \frac{x}{2}\right) \times t_w \times x\right)}{t_f \times b_p + t_w \times x} = \frac{\frac{14,6}{2} \times 14,6 \times 190 + \left(14,6 + \frac{32,66}{2}\right) \times 9,4 \times 32,66}{14,6 \times 190 + 9,4 \times 32,66} = 9,65 \text{ mm}$$

$$z_a = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} + \frac{h_I}{2} = 130 - 35 - \frac{6}{2} + \frac{450}{2} = 317,00 \text{ mm}$$

$$z_{a1} = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} + \frac{t_1}{2} = 130 - 35 - \frac{6}{2} + \frac{9,65}{2} = 87,17 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a \times z_a - N_{a1} \times z_{a1}$$

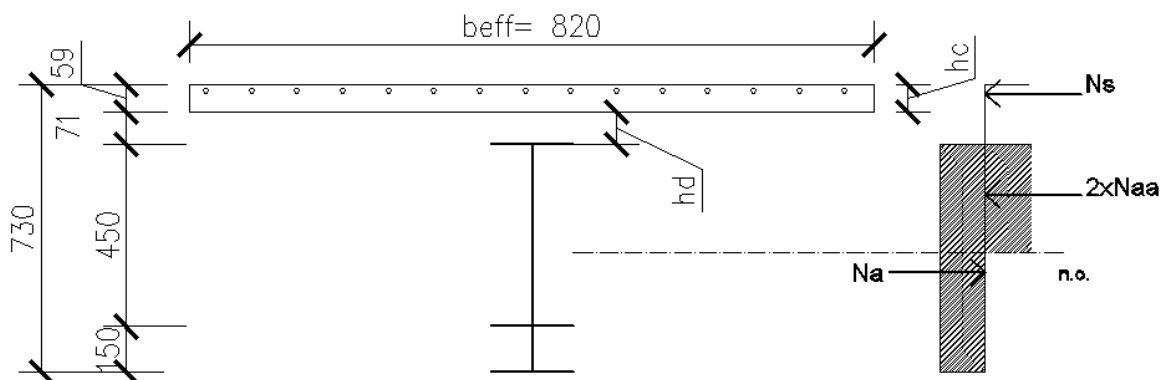
$$M_{pl,Rd} = 9\,882 \times 355 \times 317 - (190 \times 14,6 + 32,66 \times 9,4) \times 355 \times 87,17$$

$$M_{pl,Rd} = 1\,018\,140\,696,86 \text{ Nmm} = 1\,018,14 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{558,24}{1\,018,14} = 0,55 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Průřez IPE 450 v poli vyhoví

Průřez nad podporou



IPE 450+150

Posouzení

Předpoklad n.o. v stojině profilu

$$N_s + 2 \times N_{a1} = N_a$$

$$f_{sk} = 500,00 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0; \gamma_{Mc} = 1,5; f_{ck} = 25 \text{ MPa}; \gamma_s = 1,15$$

$$b_{eff} = 0,25 \times \frac{L_1 + L_2}{4} =$$

$$0,25 \times \frac{9,0 + 4,1}{4} = 0,82 \text{ m}$$

$$b_{eff} = \min(0,82, 9,00)$$

$$b_{eff} = 0,82 \text{ m}$$

$$N_s = A_s \times \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

$$N_{a1} = (b \times t_f + x \times t_w) \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_a = A \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$188 \times \frac{500}{1,15} + 2 \times (190 \times 14,6 + x \times 9,4) \times \frac{355}{1} = 14\,129 \times \frac{355}{1}$$

$$x = 444,19 \text{ mm}$$

Předpoklad nesplněn

Předpoklad n.o. v dolní pásnici profilu

$$N_s + 2 \times N_{a1} = N_a$$

$$f_{sk} = 500,00 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0; \gamma_{Mc} = 1,5; f_{ck} = 25 \text{ MPa}; \gamma_s = 1,15$$

$$b_{eff} = 0,25 \times \frac{(L_1 + L_2)}{4} =$$

$$0,25 \times \frac{9,0 + 4,1}{4} = 0,82 \text{ m}$$

$$b_{eff} = \min(0,82, 9,00)$$

$$b_{eff} = 0,20 \text{ m}$$

$$N_s = A_s \times \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

$$N_{a1} = (b \times t_f + d \times t_w + x \times t_w) \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_a = A \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$188 \times \frac{500}{1,15} + 2 \times (190 \times 14,6 + 420,8 \times 9,4 + x \times 190) \times \frac{355}{1} = 14\,129 \times \frac{355}{1}$$

$$x = 1,16 \text{ mm}$$

Předpoklad splněn

Výpočet těžiště pásnice a stojiny

$$t_1 = \frac{(\frac{t_f}{2} \times t_f \times b_p + (t_f + \frac{d}{2}) \times t_w \times d + (t_f + d + \frac{x}{2}) \times x \times b_p}{t_f \times b_p + t_w \times x + t_f \times x}}$$

$$= \frac{\frac{14,6}{2} \times 14,6 \times 190 + (14,6 + \frac{420,8}{2}) \times 9,4 \times 420,8 + (14,6 + 420,8 + \frac{1,16}{2}) \times 1,16 \times 190}{14,6 \times 190 + 9,4 \times 420,8 + 1,16 \times 190} = 144,77 \text{ mm}$$

$$z_a = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} + t_I = 130 - 35 - \frac{6}{2} + 272 = 364,00 \text{ mm}$$

$$z_{a1} = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} + t_1 = 130 - 35 - \frac{6}{2} + 144,77 = 236,77 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a \times z_a - N_{a1} \times z_{a1}$$

$$M_{pl,Rd} = 14129 \times 355 \times 364 - (190 \times 14,6 + 420,8 \times 9,4 + 1,16 \times 190) \times 355 \times 236,77$$

$$M_{pl,Rd} = 1\,024\,874\,721,90 \text{ Nmm} = 1\,024,87 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{pl,Rd}} = \frac{929,45}{976,71} = 0,95 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Průřez vyhoví

Kde $\chi_{LT} = 0,953$

Stanoveno pomocí LT Beam

Posouzení průvlaku na ztrátu stability za ohybu obchodní plocha

Profil u vnitřní podpory IPE450+150

Vzpěrné délky: - vzpěrná délka z roviny rámu: $L_{cr,z} = 9,00 \text{ m}$

..... - vzpěrná délka v rovině rámu: $L_{cr,y} = 2,25 \text{ m}$

Vnitřní síly:

$N_{Ed} =$ Prakticky 0,00 nulovou hodnotu také uvažujeme

$M_{y,Ed} = 929,45 \text{ kNm}$

Štíhlosti:

$L_{cr,z} = 9,00 \text{ m} \Rightarrow \bar{\lambda}_z = (L_{cr,z}/i_z) * (1/\lambda_1) = x$

Kvůli 0 normálové síle štíhlost v rovině nepotřebujeme

Klopené:

M_{cr} zjištěn pomocí softwaru LTBeam N

Uvažujeme příčné držení stropnicí, beton neuvažujeme

Uvažuji v úrovni horní pásnice rotační tuhost k_s

$$k_s = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \quad k_1 = \alpha (EI)_2 / a \quad k_2 = \frac{E_a t_w^3}{4(1 - \nu_a^2) h_s}$$

$$k_1 = 3 \times (31\,000 \times \frac{1}{12} \times \frac{9 \times 0,059^3}{3}) = 0,53 \text{ MN/m}$$

$\alpha = 3$ pro vnitřní nosník

a je vzdálenost mezi rovnoběžnými nosníky

$$k_2 = \frac{210\,000 \times 0,0086^3}{4 \times (1 - 0,3^2) \times 0,49} = 0,075$$

$$k_s = \frac{0,53 \times 0,075}{0,53 + 0,075} = 0,0657$$

$$M_{cr} = 8,69 \times 10^3 \text{ kNm}$$

$$\mu_{cr} = 8,67$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{(2.6902 \cdot 10^{-3} \cdot 355)}{8.69}} = 0,33$$

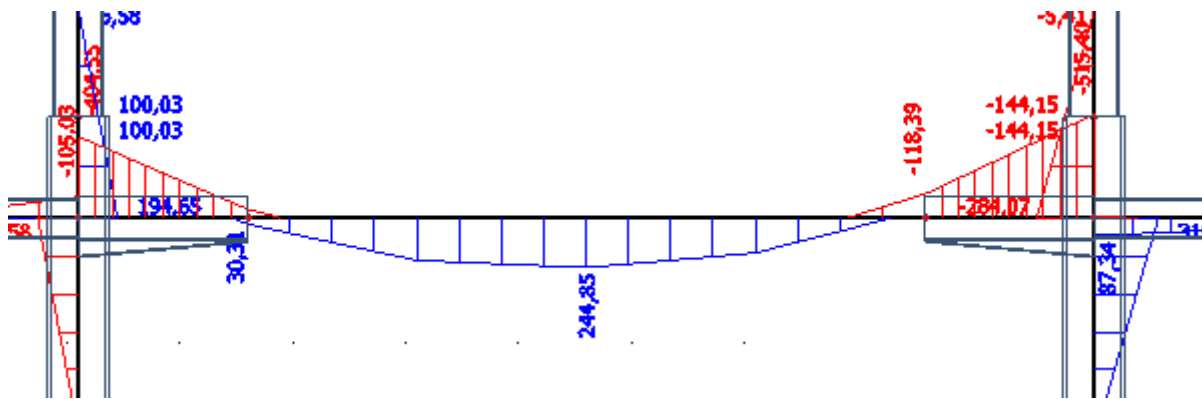
$h/b = 600/190 = 3.15 > 1,2 \Rightarrow$ křivka klopení **b**

$\chi_{LT} = 0,953$ pro křivku klopení **b**, viz. [6] použité zdroje

Mezní stav použitelnosti

Průběh ohybových momentů

Mezní kombinace plné užitné



$$M_p = 244,85 \text{ kNm}$$

Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 1,55E+04 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel

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

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A + \frac{h_c \times b_{eff}}{n} = 9\,882 + \frac{59 \times 1\,580}{13,55} = 16\,761,70 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{A_a \times r_a + \frac{1}{n} \times A_c \times r_c}{A_a + \frac{1}{n} \times A_c} = \frac{9\,882 \times 225 + \frac{1}{13,55} \times 59 \times 1\,580 \times (450 + 71 + \frac{59}{2})}{9\,882 + \frac{59 \times 1\,580}{13,55}}$$

$$e = 358,61 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$x_a = e - r_a = 358,61 - 225 = 133,61 \text{ mm}$$

$$x_c = r_c - e = 550,5 - 358,61 = 191,89 \text{ mm}$$

$$I_1 = I_a + A_a \times x_a^2 + \frac{1}{n} \times (I_c + A_c \times x_c^2)$$

$$I_1 = 33\,740 \times 10^4 + 9\,882 \times 133,61^2 + \frac{1}{13,55} \times \left(\frac{1}{12} \times 1\,580 \times 59^3 + 1\,580 \times 59 \times 191,89^2 \right)$$

$$I_1 = 7,69\text{E}+08 \text{ mm}^4$$

Největší napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_p}{I_1} \times z_d =$$

$$\sigma_{a,max} = \frac{2,45\text{E}+08}{7,69\text{E}+08} \times 358,61 = 114,16 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{a,max}}{f_y} = \frac{114,16}{355,00} = 0,32 < 1,0 \text{ Vyhovuje}$$

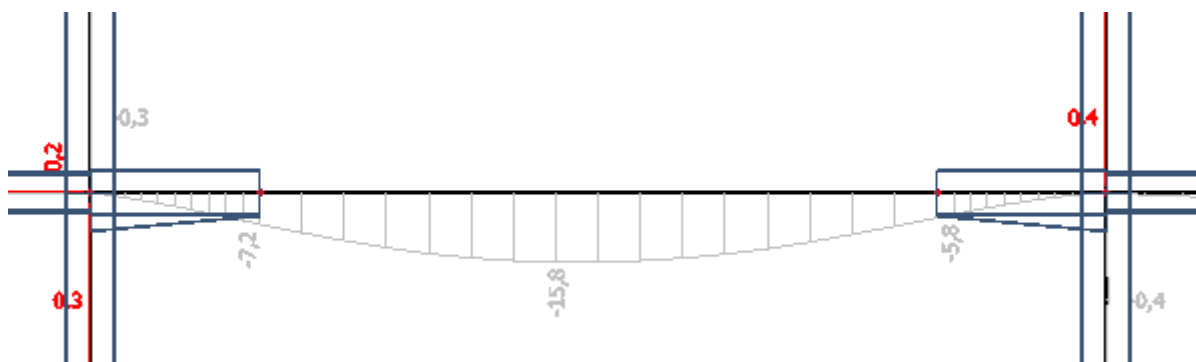
Největší napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_p}{n \times I_1} \times z_h =$$

$$\sigma_{c,max} = \frac{2,45\text{E}+08}{1,04\text{E}+10} \times 221,39 = 5,20 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,max}}{0,85 \times f_{ck}} = \frac{5,20}{21,25} = 0,24 < 1,0 \text{ Vyhovuje}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně



$$w = 15,80 \text{ mm}$$

$$w = 15,80 < w_{max} = 36,00$$

$$w_{max} = \frac{L}{250} = \frac{9000}{250} = 36,00 \text{ mm}$$

Profil IPE vyhoví na mezní stav použitelnosti

Spražení

Návrh: přivařený trn 19/100 po 100mm

$$d = 19,00 \text{ mm} \quad h_{sc} = 100,00 \text{ mm} \quad f_u = 360,00 \text{ MPa}$$

Únosnost jednoho trnu:

$$\min = (P_{Rd,1}; P_{Rd,2})$$

$$P_{Rd,1} = 0,8 \times f_u \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{1}{\gamma_v} = 0,8 \times 360 \times \frac{\pi \times 19^2}{4} \times \frac{1}{1,25} = 6,55E+04 \text{ N}$$

$$P_{rd,2} = 0,29 \times \alpha \times d^2 \times \sqrt{f_{ck} \times E_{cm}} \times \frac{1}{\gamma_v}$$

$$= 0,29 \times 1 \times 19^2 \times \sqrt{25 \times 31\,000} \times \frac{1}{1,25} = 73\,730,31 \text{ N}$$

$$\alpha = 0,2 \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \quad \text{pro } 3 \leq h_{sc}/d \leq 4$$

$$\alpha = 1 \quad \text{pro } h_{sc}/d > 4$$

$$\text{Rozhoduje } P_{Rd,1} = 65,50 \text{ kN}$$

Redukce únosnosti součinitelem k_t

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_t}} \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \times \frac{135}{71} \times \left(\frac{100}{71} - 1 \right) = 0,54$$

$$P_{Rd} = k_t \times P_{rd,1} = 35,61 \text{ kN}$$

$$F_{cf} = N_a = N_c = 6\,800 \times 355 = 2,41\text{E}+06 \text{ N} = 2\,414,00 \text{ kN}$$

Potřený počet trnů ja jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{rd}} = \frac{2\,414}{35,61} = 67,79$$

Modulová délka 100 mm

$$n = \frac{\frac{L}{2}}{l} = \frac{\frac{9000}{2}}{100} = 45,00$$

Návrh neúplného sprážen

$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 1\,702\,000 \times 355 = 6,04\text{E}+08 \text{ Nmm} = 604,21 \text{ kNm}$$

$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} \times F_{cf} = \frac{577,24 - 604,21}{1018,14 - 604,21} \times 2\,414 = -157,29 \text{ kN}$$

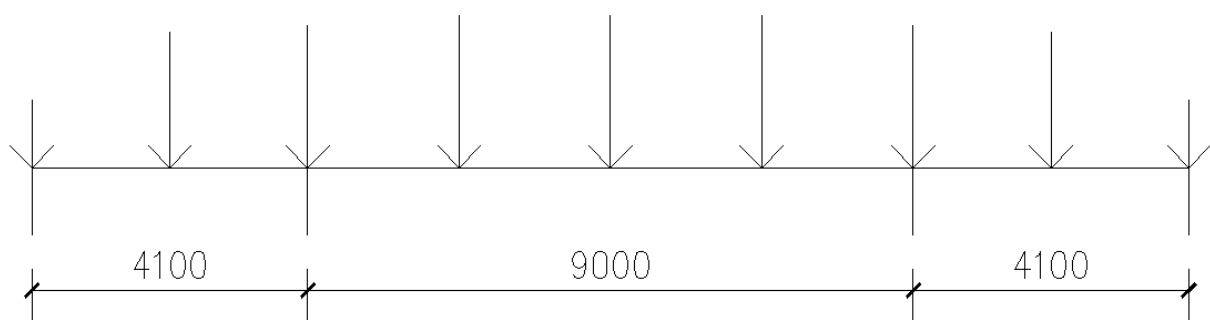
Trny pouze konstrukční

Počet trnů

Navrženo Trn 19/100 po 200 mm

2.6 Průvlak nižší budova obchodní plocha

Montážní stav totožný s průvlakem hlavního rámu obchodní plochy. Vyhověl i profil IPE 360. Nicméně níže bude dopočet provozního stavu, který byl rozhodující.



Provozní stádium

Reakce od stropnic

$$g_k + q_k = (9,78 + 11,25) + 1,55 = 22,58 \text{ kN/m}$$

$$g_k + q_k = (13,2 + 16,88) + 2,09 = 32,17 \text{ kN/m}$$

Kde 1,55 kN/m je rybníkový efekt

Kde 2,09 kN/m je rybníkový efekt

$$V_{Ek} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 22,58 \times 8,5 = 101,61 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 32,17 \times 8,5 = 144,77 \text{ kN}$$

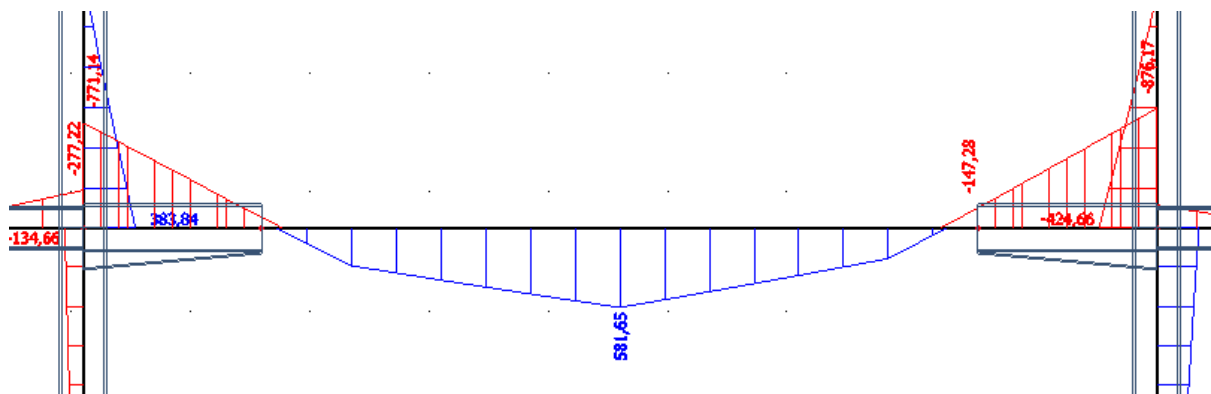
Protože jsou stropnice připojeny na průvlak z obou stran

$$2 \times V_{Ek} = 203,22 \text{ kN}$$

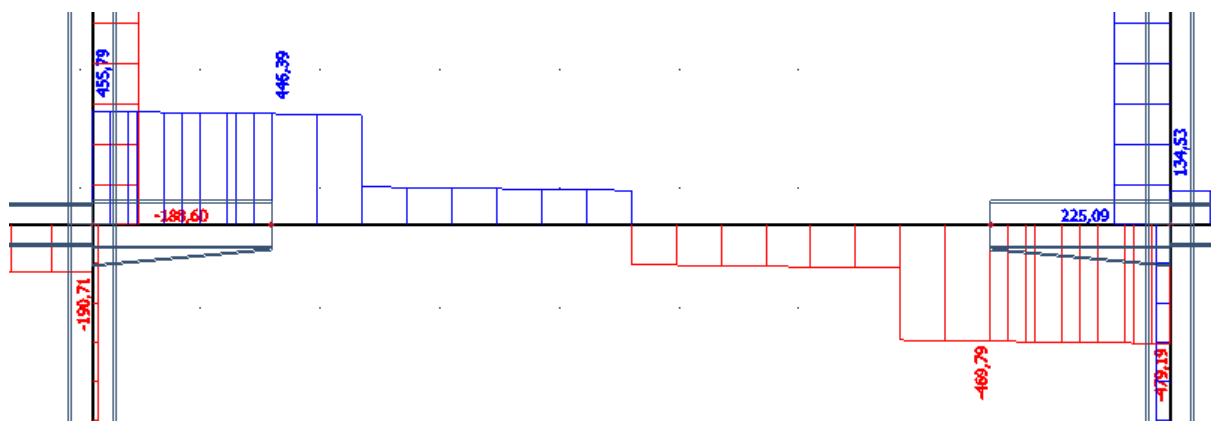
$$2 \times V_{Ed} = 289,53 \text{ kN}$$

Rozhodující kombinace dominantní plné užité zatížení.

Průběh ohybových momentů



Průběh posouvajících sil



$$R_{Ed} = 478,22 \text{ kN}$$

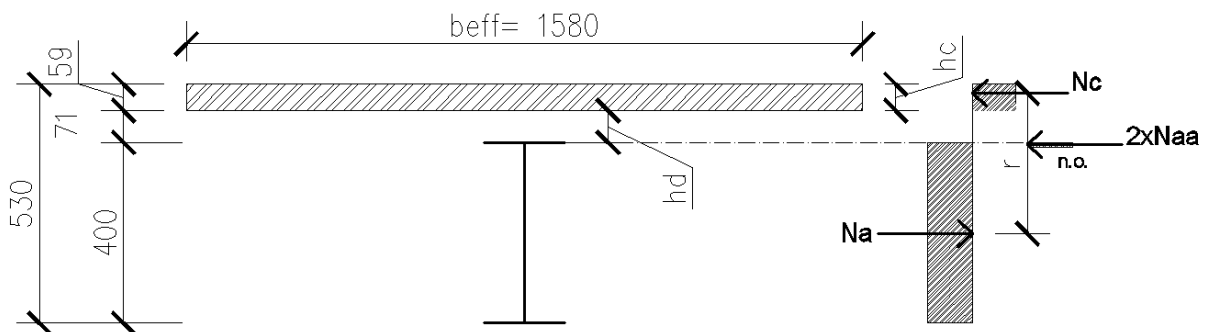
$$M_{Ed} = 581,65 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,p} = 867,17 \text{ kNm}$$

Výsledky viz. scia

Průřez v poli

$$M_{Ed} = 581,65 \text{ kNm}$$



profil IPE 400

$$m = 66,30 \text{ kg/m}$$

$$A = 8\,446,00 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 1\,156,00 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 1\,307,00 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 23\,130,00 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 4\,269,00 \text{ mm}^2$$

Předpoklad n.o. v horní pásnici

$$N_c + N_{aa} = N_a$$

$$N_c = b_{eff} \times h_c \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \times 0,85$$

$$N_{aa} = A_p \times f_y = \frac{2 \times x \times f_y \times b_p}{\gamma_{M0}}$$

Kde A_p je plocha pásnice

$$N_a = A \times f_y$$

$$1\,580 \times 59 \times \frac{25}{1,5} \times 0,85 + \frac{2 \times x \times 355 \times 180}{1,0} = 8\,446 \times 355$$

$$x = 13,16 \text{ mm} \quad t_f = 13,5 \text{ mm}$$

Výpočet momentové únosnosti

$$M_{Rd} = N_a \times \left(\frac{h_l}{2} + h_d - \frac{h_c}{2} \right) - N_{aa} \times \left(h_d - \frac{h_c}{2} + \frac{x}{2} \right)$$

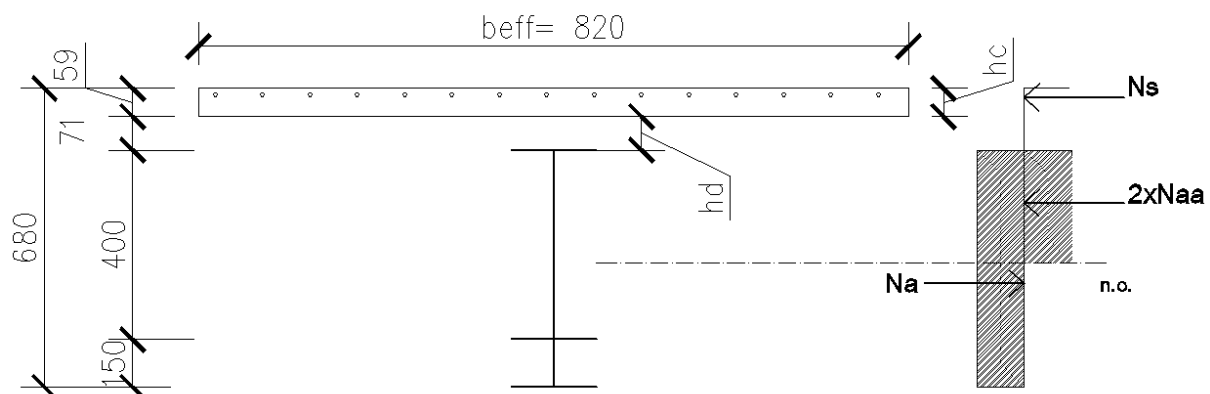
$$= 8\,446 \times 355 \times \left(\frac{400}{2} + 130 - \frac{59}{2} \right) - 1\,681\,848 \times \left(130 - \frac{59}{2} + \frac{13,16}{2} \right) = 7,21E+08 \quad \text{Nmm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{581,65}{720,91} = 0,81 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Průřez IPE 400 v poli vyhoví

Průřez nad podporou

$$M_{Ed,p} = 867,17 \text{ kNm}$$



profil IPE 400+150

Posouzení

Předpoklad n.o. v stojině profilu

$$N_s + 2 \times N_{a1} = N_a$$

$$f_{sk} = 500,00 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0; \gamma_{Mc} = 1,5; f_{ck} = 25 \text{ MPa}; \gamma_s = 1,15$$

$$b_{eff} = 0,25 \times \frac{L_1 + L_2}{4} =$$

$$0,25 \times \frac{9,0 + 4,1}{4} = 0,82 \text{ m}$$

$$b_{eff} = \min(0,82; 9,00)$$

$$b_{eff} = 0,82 \text{ m}$$

$$N_s = A_s \times \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

$$N_{a1} = (b \times t_f + x \times t_w) \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_a = A \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$188 \times \frac{500}{1,15} + 2 \times (180 \times 13,5 + x \times 8,6) \times \frac{355}{1} = 12\,250 \times \frac{355}{1}$$

$$x = 416,26 \text{ mm}$$

Plocha výztuže viz. příloha ArcelorMittal Cofra 5

Předpoklad nesplněn

Předpoklad n.o. v dolní pásnici profilu

$$N_s + 2 \times N_{a1} = N_a$$

$$f_{sk} = 500,00 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0; \gamma_{Mc} = 1,5; f_{ck} = 25 \text{ MPa}; \gamma_s = 1,15$$

$$b_{eff} = 0,25 \times \frac{(L_1 + L_2)}{4} =$$

$$0,25 \times \frac{9,0 + 4,1}{4} = 0,82 \text{ m}$$

$$b_{eff} = \min(0,82, 9,00)$$

$$b_{eff} = 0,20 \text{ m}$$

$$N_s = A_s \times \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

$$N_{a1} = (b \times t_f + d \times t_w + x \times t_w) \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_a = A \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$188 \times \frac{500}{1,15} + 2 \times (180 \times 13,5 + 373 \times 8,6 + x \times 180) \times \frac{355}{1} = 12\,250 \times \frac{355}{1}$$

$$x = 2,07 \text{ mm}$$

Předpoklad splněn

těžiště pásnice a stojiny

$$t_1 = \frac{\left(\frac{t_f}{2} \times t_f \times b_p + \left(t_f + \frac{d}{2}\right) \times t_w \times d + \left(t_f + d + \frac{x}{2}\right) \times x \times b_p\right)}{t_f \times b_p + t_w \times x + t_f \times x}$$

$$= \frac{\frac{13,5}{2} \times 13,5 \times 180 + \left(13,5 + \frac{373}{2}\right) \times 8,6 \times 373 + \left(13,5 + 373 + \frac{1,35}{2}\right) \times 1,35 \times 180}{13,5 \times 180 + 8,6 \times 373 + 1,35 \times 180} = 133,47 \text{ mm}$$

$$z_a = h_d - c - \frac{v}{2} + t_1 = 130 - 35 - \frac{v}{2} + 251 = 343,00 \text{ mm}$$

$$z_{a1} = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} + t_1 = 130 - 35 - \frac{6}{2} + 133,47 = 225,47 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a \times z_a - N_{a1} \times z_{a1}$$

$$M_{pl,Rd} = 12\,250 \times 355 \times 343 - (180 \times 13,5 + 373 \times 8,6 + 2,07 \times 180) \times 355 \times 225,47$$

$$M_{pl,Rd} = 947\,743\,398,82 \text{ Nmm} = 947,74 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{pl,Rd}} = \frac{867,17}{888,98} = 0,98 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Průřez vyhoví

Kde $\chi_{LT} = 0,938$

Stanoveno pomocí LT Beam

Posouzení průvlaku na ztrátu stability za ohybu obchodní plocha budova B

Profil u vnitřní podpory IPE400+150

Vzpěrné délky: - vzpěrná délka z roviny rámu: $L_{cr,z} = 9,00$ m

..... - vzpěrná délka v rovině rámu: $L_{cr,y} = 2,25$ m

Vnitřní síly:

$N_{Ed} =$ Prakticky 0,00 nulovou hodnotu také uvažujeme

$M_{y,Ed} = 867,17$ kNm

Štíhlosti:

$L_{cr,z} = 9,00$ m $\Rightarrow \bar{\lambda}_z = (L_{cr,z}/i_z) * (1/\lambda_1) = x$

Kvůli 0 normálové síle štíhlost v rovině nepotřebujeme

Klopené: M_{cr} zjištěn pomocí softwaru LTBeam N

Uvažujeme příčné držení stropnicí, beton neuvažujeme

Uvažují v úrovni horní pásnice rotační tuhost k_s

$$k_s = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \quad k_1 = \alpha (EI)_2 / a \quad k_2 = \frac{E_a t_w^3}{4(1 - \nu_a^2) h_s}$$

$$k_1 = 3 \times (31\,000 \times \frac{1}{12} \times \frac{9 \times 0,059^3}{3}) = 0,53 \text{ MN/m}$$

$\alpha = 3$ pro vnitřní nosník

a je vzdálenost mezi rovnoběžnými nosníky

$$k_2 = \frac{210\,000 \times 0,0086^3}{4 \times (1 - 0,3^2) \times 0,49} = 0,075$$

$$k_s = \frac{0,53 \times 0,075}{0,53 + 0,075} = 0,0657$$

$M_{cr} = 5,525 \times 10^3$ kNm

$\mu_{cr} = 6,308$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

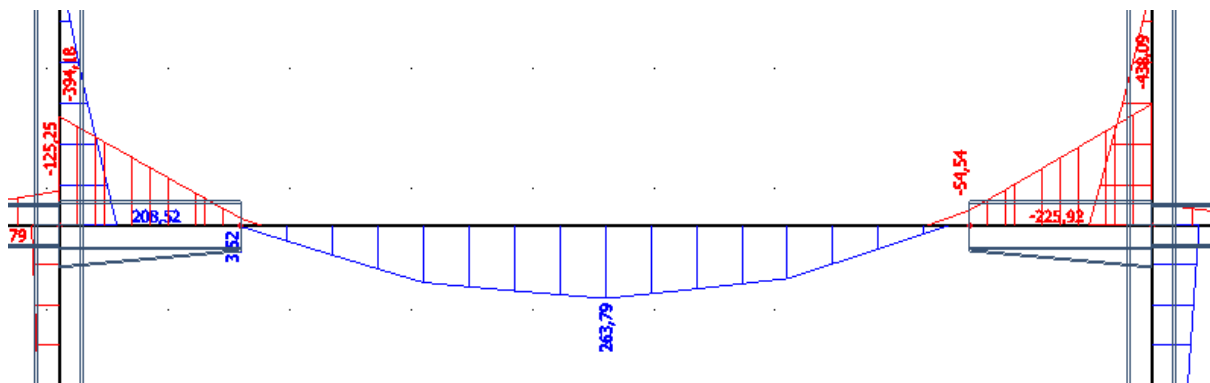
$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{((2,1124 \times 10^{-3} \times 355) / 5,525)} = 0,37$

$h/b = 550/190 = 2,368 > 1,2 \Rightarrow$ křivka klopení **b**

$\chi_{LT} = 0,938$ pro křivku klopení b , viz. [6] použité zdroje

Mezní stav použitelnosti

Průběh ohybových momentů



Mezní hodnota při kombinaci s plným užitným zatížením

$$M_p = 263,80 \text{ kNm}$$

Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 1,55E+04 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel

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

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = A + \frac{h_c \times b_{eff}}{n} = 8\,447 + \frac{59 \times 1\,580}{13,55} = 14\,131,75 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{A_a \times r_a + \frac{1}{n} \times A_c \times r_c}{A_a + \frac{1}{n} \times A_c} = \frac{8\,447 \times 200 + \frac{1}{13,55} \times 59 \times 1\,580 \times (400 + 71 + \frac{59}{2})}{8\,447 + \frac{59 \times 1\,580}{13,55}} = 334,90 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$x_a = e - r_a = 334,9 - 200 = 134,90 \text{ mm}$$

$$x_c = r_c - e = 500,5 - 334,9 = 165,60 \text{ mm}$$

$$I_1 = I_a + A_a \times x_a^2 + \frac{1}{n} \times (I_c + A_c \times x_c^2)$$

$$I_1 = 23\,130 \times 10^4 + 8\,446 \times 134,90^2 + \frac{1}{13,55} \times (\frac{1}{12} \times 1\,580 \times 59^3 + 1\,580 \times 59 \times 165,60^2)$$

$$I_1 = 5,76E+08 \text{ mm}^4$$

Největší napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_0}{W_y} + \frac{M_p}{I_1} \times z_d =$$

$$\sigma_{a,max} = \frac{1,19E+08}{903\,600,00} + \frac{2,64E+08}{5,76E+08} \times 334,90 = 285,35 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{a,max}}{f_y} = \frac{285,35}{355,00} = 0,80 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Největší napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_p}{n \times I_1} \times z_h =$$

$$\sigma_{c,max} = \frac{2,64E+08}{7,80E+09} \times 131,39 = 4,44 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,max}}{0,85 \times f_{ck}} = \frac{4,44}{21,25} = 0,21 < 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně

Průhyb od charakteristického zatížení

$$w = 17,10 \text{ mm}$$

$$w = 17,10 < w_{max} = 36,00$$

$$w_{max} = \frac{L}{250} = \frac{9000}{250} = 36,00 \text{ mm}$$

Profil IPE vyhoví na mezní stav použitelnosti

Spřažení

Navrhujeme stejný profil jako u jiných průvlaků

$$\text{Rozhoduje } P_{Rd,1} = 65,50 \text{ kN}$$

Viz. str. 65

$$F_{cf} = N_a = N_c = 8\,446 \times 355 = 3,00E+06 \text{ N} = 2998,33 \text{ kN}$$

Potřeba počet trnů ja jedné polovině nosníku

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{rd}} = \frac{2998,33}{35,61} = 84,20$$

Modulová délka 100 mm

$$n = \frac{L}{l} = \frac{9000}{100} = 45,00$$

Návrh neúplného sprážení

$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 1\,307 \times 355 = 4,64E+08 Nmm = 463,99 \text{ kNm}$$

$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} \times F_{cf} = \frac{558 - 463,99}{888,98 - 463,99} \times 2\,998,33 = 663,27 \text{ kN}$$

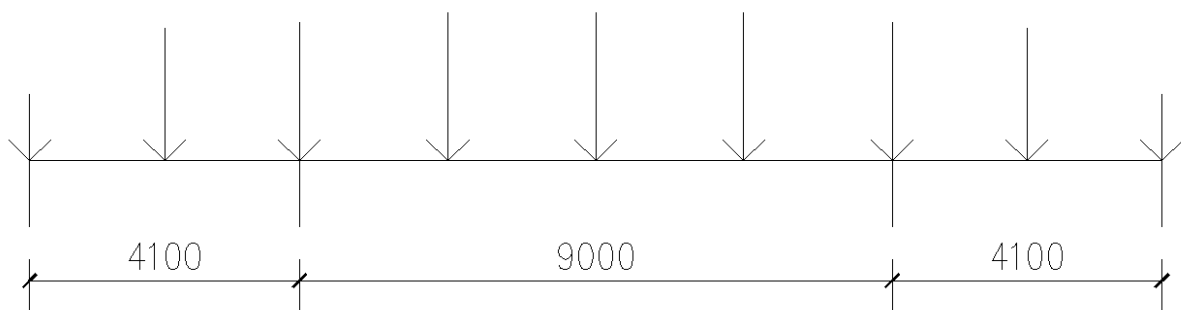
$$n_f = \frac{F_c}{P_{rd}} = \frac{663,27}{35,61} = 18,63 \text{ ks}$$

Počet trnů

Navrženo Trn 19/100 po 225 mm

2.7 Průvlak pro kancelářské prostory krajní vazba

Kvůli opakování postupu, jsem zkrátil podrobný výpočet pouze na provozní stádium, které je rozhodující. Na montážní stádium vyhověl už profil IPE 300, nicméně v provozní stádiu nevyhověl. V krajní vazbě také neuvažuji sprážení.



Rozměry jsou shodné s klasickou vazbou, je zde navíc zatížení od lehkého obvodového pláště.

Viz. str. 23

Konstrukční výška je 3,7m

Provozní stadium

Reakce od stropnic

$$\begin{aligned}g_k + q_k &= (9,78 + 5,63) + 1,55 = & 16,96 \text{ kN/m} \\g_k + q_k &= (13,2 + 8,44) + 2,09 = & 23,73 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

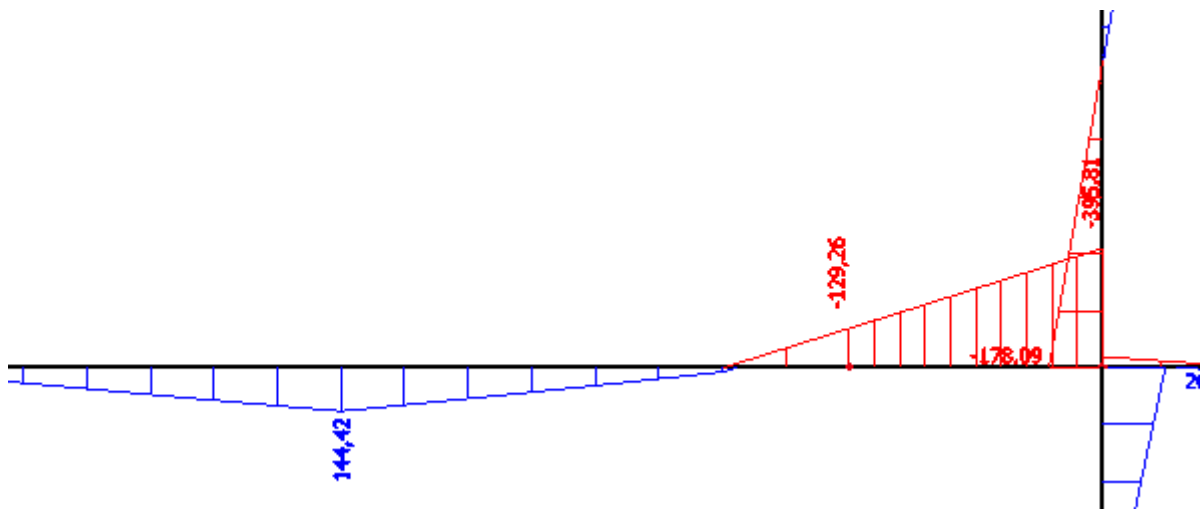
Kde 1,55 kN/m je rybníkový efekt

Kde 2,09 kN/m je rybníkový efekt

$$V_{Ek} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 16,96 \times 8,5 = 76,32 \text{ kN}$$

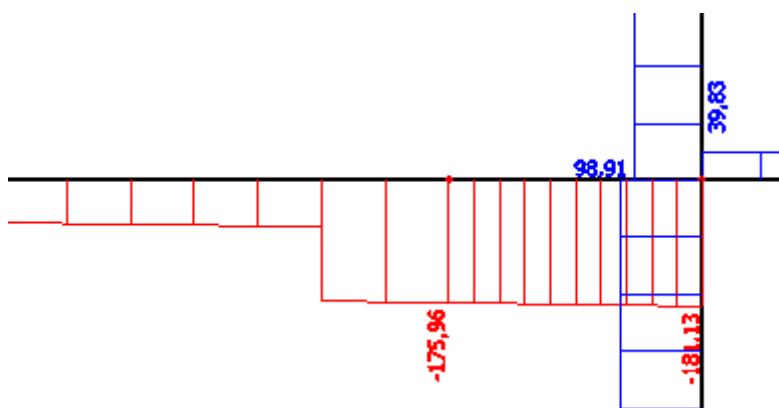
$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 23,73 \times 8,5 = 106,79 \text{ kN}$$

Průběh ohybového momentu



Mezní stav je při dominantním plném užitném zatížení

Průběh posouvajících sil



$$R_{Ed} = 181,13 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 144,42 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,p} = 396,81 \text{ kNm}$$

Prvek

IPE 360

$$m = 57,10 \text{ kg/m}$$

$$A = 7\,273,00 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 903,60 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 1\,019,00 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 16\,270,00 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 3\,514,00 \text{ mm}^2$$

Posouzení:

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 1\,019\,000 \times 355 = 361\,745\,000 \text{ Nmm} = 361,75 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{144,42}{361,75} = 0,40 < 1$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 3\,514 \times \frac{355}{\sqrt{3}} = 720\,227,14 \text{ N} = 720,23 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 720,23 \text{ kN} > 2 \times V_{Ed} = 2 \times 175,6 = 362,26 \text{ kN}$$

Jde o malý smyk není potřeba posuzovat interakci momentu se smykem

Průřez nad podporou

$$M_{Ed,p} = 396,81 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 361,75 \text{ kNm}$$

viz. montážní stádium

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{396,81}{361,75} = 1,10 < 1$$

Průřez nevyhoví

Profil IPE 360+90

$$\begin{array}{ll} m = & 77,60 \text{ kg/m} & W_{pl,y} = & 1\,497,00 \text{ mm}^2 \\ A = & 10\,197,00 \text{ mm}^2 & I_y = & 29\,811,00 \times 10^4 \text{ mm}^4 \\ W_y = & 1\,180,20 \times 10^3 \text{ mm}^3 & A_{vz} = & 6\,443,70 \times 10^3 \text{ mm}^3 \end{array}$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 1\,497 \times 355 = 5,3E+08 \text{ Nmm} = 531,44 \text{ kNm}$$

Kde $x = 0,842$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{396,81}{447,47} = 0,89 < 1$$

Posouzení průvlnaku na ztrátu stability za ohybu kancelářské prostory

Profil u vnitřní podpory IPE 360+90

Vzpěrné délky: - vzpěrná délka z roviny rámu: $L_{cr,z} = 9,00 \text{ m}$
..... - vzpěrná délka v rovině rámu: $L_{cr,y} = 2,25 \text{ m}$

Vnitřní síly:

$N_{Ed} =$ Prakticky 0,00 nulovou hodnotu také uvažujeme

$M_{y,Ed} = 396,81 \text{ kNm}$

Štíhlosti:

$$L_{cr,z} = 9,00 \text{ m} \Rightarrow \bar{\lambda}_z = (L_{cr,z}/i_z) * (1/\lambda_1) = x$$

Kvůli 0 normálové síle štíhlost v rovině nepotřebujeme

Klopené: M_{cr} zjištěn pomocí softwaru LTBeam N
Uvažujeme příčné držení stropnicí, beton neuvažujeme
 $M_{cr} = 1528 \text{ kNm}$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{((1,497 * 10^3 * 355) / 1,528)} = 0,59$$

$h/b = 450/150 = 3 > 1,2 \Rightarrow$ křivka klopení **b**

$\chi_{LT} = 0,842$ pro křivku klopení **b**, viz. [6] použité zdroje

Průhyb od charakteristického zatížení

Dominantní při plném užitném zatížení

$$w = 21,60 \text{ mm}$$

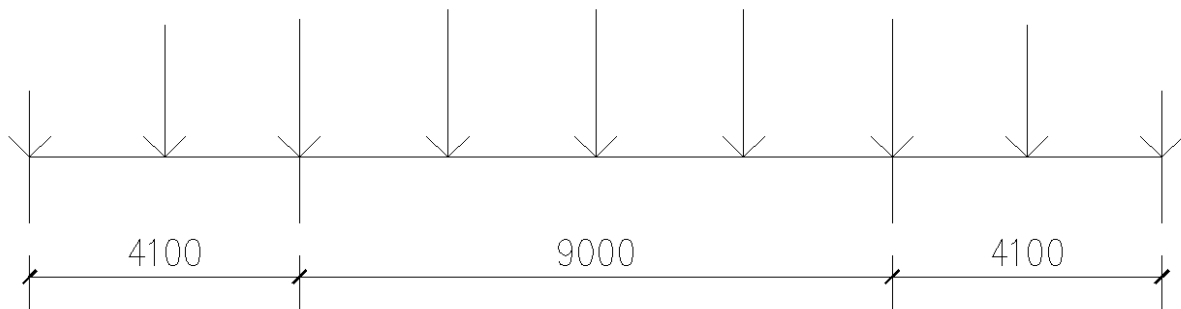
$$w = 21,60 < w_{max} = 36,00 \text{ mm}$$

$$w_{max} = \frac{L}{250} = \frac{9000}{250} = 36,00 \text{ mm}$$

Profil IPE vyhoví na mezní stav použitelnosti

2.8 Průvlak pro obchodní prostory krajní vazba

Kvůli opakování postupu, jsem zkrátil podrobný výpočet pouze na provozní stádium, které je rozhodující. Na montážní stádium vyhověl už profil IPE 300, nicméně v provozní stádiu nevyhověl. V krajní vazbě také neuvažuji spřažení.



Rozměry jsou shodné s klasickou vazbou, je zde navíc zatížení od lehkého obvodového pláště.

Viz. str. 23

Konstrukční výška je 3,7m

Provozní stádium

Reakce od stropnic

$$g_k + q_k = (9,78 + 11,25) + 1,55 = 22,58 \text{ kN/m}$$

$$g_k + q_k = (13,2 + 16,88) + 2,09 = 32,17 \text{ kN/m}$$

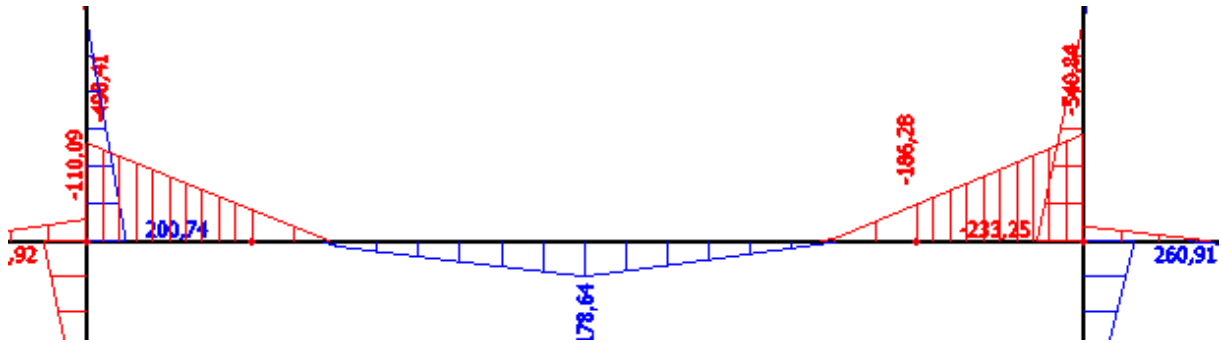
Kde 1,55 kN/m je rybníkový efekt

Kde 2,09 kN/m je rybníkový efekt

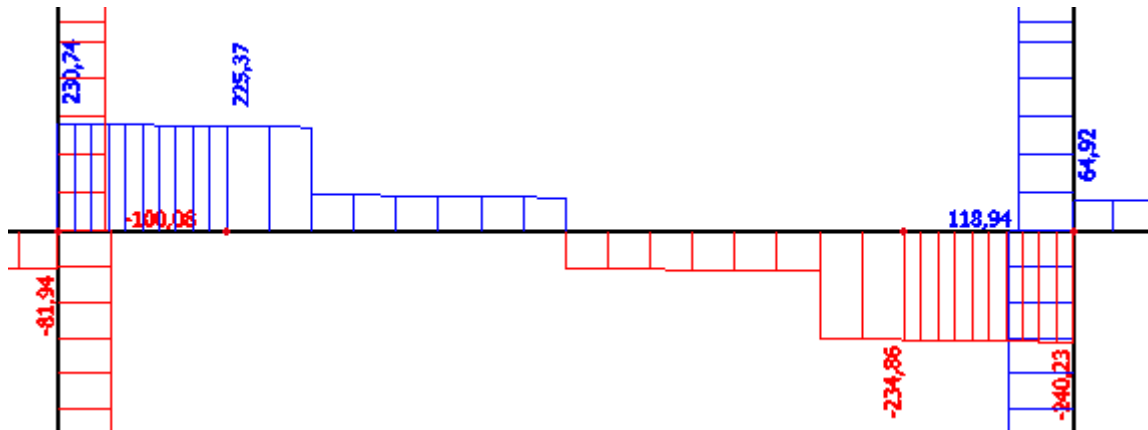
$$V_{Ek} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 22,58 \times 8,5 = 101,61 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 32,17 \times 8,5 = 144,77 \text{ kN}$$

Průběh ohybového momentu



Průběh posouvajících sil



Mezní stav je při plném dominantním užitém zatížení

Prvek

IPE 400

$$\begin{aligned}
 m &= 66,30 \text{ kg/m} & W_{pl,y} &= 1\,307,00 \times 10^3 \text{ mm}^3 \\
 A &= 8\,446,00 \text{ mm}^2 & I_y &= 23\,130,00 \times 10^4 \text{ mm}^4 \\
 W_y &= 1\,156,00 \times 10^3 \text{ mm}^3 & A_{vz} &= 4\,269,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Posouzení:

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 1\,307 \times 355 = 463\,985\,000 \text{ Nmm} = 463,99 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{240,23}{463,99} = 0,52 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \times \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 4\,269 \times \frac{355}{\sqrt{3}} = 874\,971,45 \text{ N} = 874,97 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{240,23}{874,97} = 0,27 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

Jde o malý smyk není potřeba posuzovat interakci momentu se smykem

Průřez nad podporou

$$M_{Ed,p} = 571,00 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 463,99 \text{ kNm}$$

viz. montážní stadium

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{571,00}{463,99} = 1,23 < 1$$

Průřez nevyhoví

Profil IPE 400+150

$$m = 77,60 \text{ kg/m}$$

$$A = 12\,250,00 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 1\,689,80 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 2\,114,20 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 50\,526,00 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 4\,952,20 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 1\,497 \times 355 = 7,5E+08 \text{ Nmm} = 750,54 \text{ kNm}$$

$$\text{Kde } x = 0,894$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{571,00}{670,98} = 0,85 < 1$$

Posouzení průvlaku na ztrátu stability za ohybu obchodní plocha

Profil u vnitřní podpory IPE400+150

Vzpěrné délky: - vzpěrná délka z roviny rámu: $L_{cr,z} = 9,00 \text{ m}$

..... - vzpěrná délka v rovině rámu: $L_{cr,y} = 2,25 \text{ m}$

Vnitřní síly:

$N_{Ed} =$ Prakticky 0,00 nulovou hodnotu také uvažujeme

Průběh normálových sil



20 kN můžeme zanedbat

$$M_{y,Ed} = 571 \text{ kNm}$$

Štíhlosti:

$$L_{cr,z} = 9,00 \text{ m} \Rightarrow \bar{\lambda}_z = (L_{cr,z}/i_z) * (1/\lambda_1) = x$$

Kvůli 0 normálové síle štíhlost v rovině nepotřebujeme

Klopené: M_{cr} zjištěn pomocí softwaru LTBeam N
Uvažujeme příčné držení stropnicí, beton neuvažujeme

$$M_{cr} = 1,702 \times 10^3 \text{ kNm}$$

$$\mu_{cr} = 3,1$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{(1,692 \cdot 10^{-3} \cdot 355)}{1,702}} = 0,59$$

$h/b = 550/170 = 3,2 > 1,2 \Rightarrow$ křivka klopení **b**

$\chi_{LT} = 0,84$ pro křivku klopení *b*, viz. [6] použité zdroje

Stav použitelnosti:

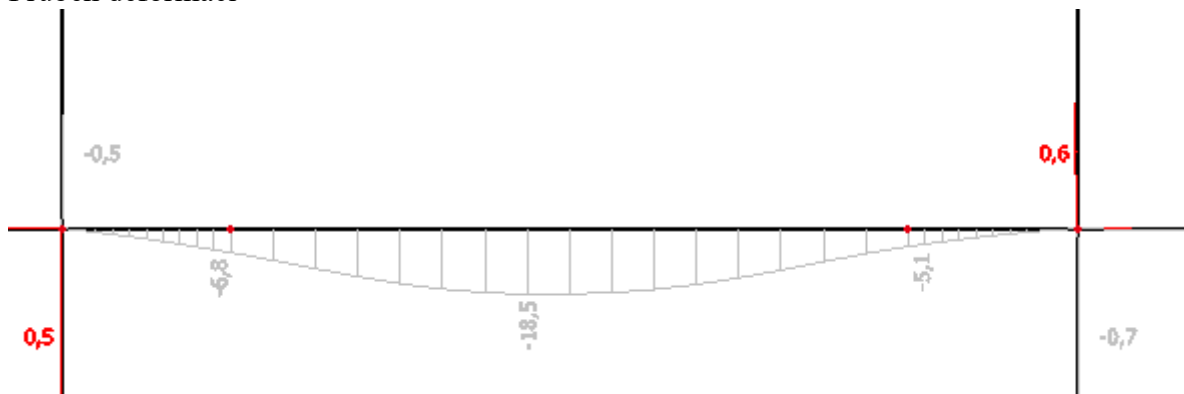
$$\delta = 18,50 \text{ mm} \quad \text{viz. scia}$$

$$\delta_{max} = \frac{L}{250} = \frac{9\,000}{250} = 36,00 \text{ mm}$$

$$\delta = 18,50 < \delta_{max} = 36,00 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

Mezní stav při kombinaci plného užitého zatížení

Průběh deformací



Profil vyhoví na mezní stav použitelnosti

2.9 Posouzení svislých konstrukcí

Pro opakující se výpočet jsou podrobně vypsány posouzení sloupů krajní vazby rámu.

Ostatní jsou vypsány v tabulce

2.9.1 Sloup krajní vazby

1. Stálé	Plocha [m ²]/délka [m]	objemová tíha [kN/m ³]	Charakteristické [kN]	γ_f	Návrhové [kN]
ocelový plech	27,84	78,50	2,18	1,35	2,94
beton*	27,84	25,00	76,11	1,35	102,75
tíha stropnic	12,75 m		$0,6 \cdot 12,75 = 7,65$	1,35	10,33
tíha průvlaku	6,55 m		$1,1 \cdot 6,55 = 7,21$	1,35	9,73

nášlapná vrstva	27,84	1,2	33,41	1,35		45,1
podhled	27,84	0,15	4,17	1,35		5,64
tíha sloupu	3,7 m	1,7	3,7*1,7=6,29	1,35		8,50
		$\Sigma =$	137,02		$G_d =$	184,99
2. Užité						
Kategorie B	27,84		2,5*27,84= $Q_{k2} = 69,6$	1,50	$Q_{d2} =$	104,4
Kategorie D2	27,84		5,0*27,84= $Q_{k1} = 139,2$	1,50	$Q_{d1} =$	208,8

*Zatížení od betonu zjištěno dle podkladu ArcelorMittal viz. přílohy

Konstrukci střechy uvažujeme stejnou jako konstrukci podlaží

Dále využijeme redukční součinitel α_n s ohledem na počet stropů n

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2) \times \psi_0}{n}; \psi_0 = 0,7; n = 3 \text{ pro D2}; n = 5 \text{ pro B}$$

$$\alpha_{n1} = \frac{2 + (3 - 2) \times 0,7}{3} = 0,9$$

$$\alpha_{n2} = \frac{2 + (5 - 2) \times 0,7}{5} = 0,82$$

$$N_{Ed} = (G_d \times 10 + Q_{d1} \times \alpha_{n1} \times 3 + Q_{d2} \times \alpha_{n2} \times 6 + Q_{d2}) =$$

$$N_{Ed} = (184,99 \times 9 + 208,8 \times 0,9 \times 3 + 104,4 \times 0,82 \times 5 + 104,4) =$$

$$N_{Ed} = 2761,11 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 227,56 \text{ kNm (ve vrcholu sloupu)}$$

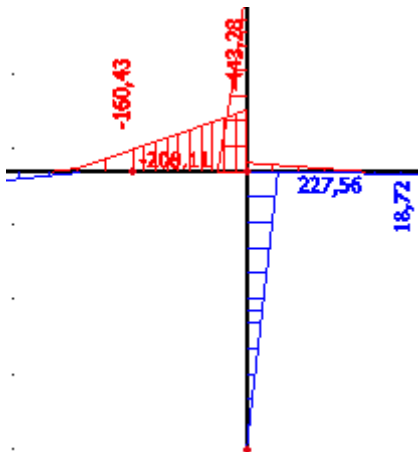
$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm (u paty sloupu)}$$

$$V_{Ed} = 61,5 \text{ kN}$$

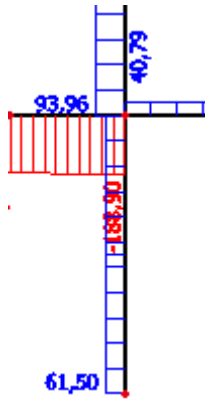
Ohybové momenty a smyková síla zjištěny z výsledků scia viz. přílohy

Mezní moment a posouvající síla jsou při návrhové kombinaci dominantní šachovnicové užité zatížení

Průběh ohybového momentu [kNm]



Průběh posouvajících sil [kN]



Posouzení Sloupu

Profil:

HEB320 – S355

Výška

$h=320 \text{ mm}$

Šířka

$b=300 \text{ mm}$

Plocha průřezu

$A=16\,130 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti /yy

$I_y=30\,820 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Moment setrvačnosti /zz

$I_z=9\,239 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Plastický modul průřezu /yy

$W_{pl,y}=2\,149 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Plastický modul průřezu /zz

$W_{pl,z}=939,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Únosnost profilu:

Únosnost ve smyku

Smyková plocha: $A_{vz} = 5\,177 \text{ mm}^2$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{5\,177 \times 355}{\sqrt{3} \times 1,0} =$$

$$V_{pl,Rd} = 1\,061\,074,0 \text{ N} = 1\,061 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{61,5}{1\,061} = 0,058 < 0,50$$

Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.

Vzpěr a klopení

Únosnost sloupu je dostačující, pokud jsou splněny následující podmínky (uvažují, že sloup není ohýbán v rovině menší tuhosti, $M_{z,Ed0} = 0$):

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

Uvažuji, že je prvek zajištěn jen na obou koncích

$$L_{cr,z} = 3,7 \text{ m}$$

$L_{cr,z} = 3,7 \text{ m}$ pro vybočení kolmo k měkké ose

$L_{cr,T} = 3,7 \text{ m}$ pro vybočení v krutu

$L_{cr,LT} = 3,7 \text{ m}$ pro klopení

Vybočení kolmo k **yy**:

Křivka vzpěrné pevnosti: **b** ($\alpha_y = 0,34$)

$$N_{cr,y} = \pi^2 \times \frac{E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \times \frac{210\,000 \times 30\,820 \times 10^4}{3700^2} = 46\,660\,375 \text{ N}$$

$$N_{cr,y} = 46,460 \text{ MN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{16\,130 \times 355}{46\,460\,375}} = 0,35$$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,35 - 0,2) + 0,35^2] = 0,587$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\chi_y = \frac{1}{0,587 + \sqrt{0,587^2 - 0,35^2}} = 0,945$$

Vybočení kolmo k **zz**: $L_{cr,z} = 3,7 \text{ m}$

Křivka vzpěrné pevnosti: **c** ($\alpha_z = 0,49$)

$$N_{cr,z} = \pi^2 \frac{EI_z}{L_{cr,z}^2}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$N_{cr,z} = \pi^2 \times \frac{E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \pi^2 \times \frac{210\,000 \times 9\,239 \times 10^4}{3700^2} = 13\,987\,514\text{N}$$

$$N_{cr,y} = 13,99\text{MN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,z}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{16\,130 \times 355}{13\,987\,514}} = 0,64$$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\phi_z = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,64 - 0,2) + 0,64^2] = 0,813$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\chi_z = \frac{1}{0,813 + \sqrt{0,813^2 - 0,64^2}} = 0,76$$

Klopení: $L_{cr,LT} = 3,7\text{ m}$

$h/b=320/300=1,067 \Rightarrow h/b < 2 \Rightarrow \alpha$ ($\alpha_{LT} = 0,34$)

průběh momentu je lineární $M_{pata} = 0\text{ kNm}$, $M_{styk} = 227,56\text{ kNm}$

$$M_{cr} = 5\,574\text{ kNm}$$

M_{cr} spočten pomocí programu LT Beam

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_{lt} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2\,149 \times 10^3 \times 355}{5\,574 \times 10^6}} = 0,37$$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\phi_{lt} = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,37 - 0,4) + 0,75 \times 0,37^2] = 0,548$$

Kde: $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40$; $\beta = 0,75$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\chi_{lt} = \frac{1}{0,548 + \sqrt{0,548^2 - 0,75 \times 0,37^2}} = 1,00$$

$\psi = 0$
 $C_{my} = 0,9; C_{mLT} = 0,6$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 16\,130 \cdot 355 = 5\,726\,150 \text{ N} = 5\,726,15 \text{ kN}$$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$k_{yy} = 0,9 \left(1 + 0,6 \times 0,35 \times \frac{2761}{0,945 \times 5\,726,15 / 1} \right) = 0,996$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy}; \bar{\lambda}_{lt} < 0,4$$

$$k_{zy} = 0,6 \times 0,996 = 0,598$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 2\,149 \times 10^3 \times 355 = 762\,895\,000 \text{ Nmm} = 762,895 \text{ kNm}$$

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

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\frac{2761}{0,945 \times 5\,726,15} + 0,996 \times \frac{227,56}{1,00 \times \frac{762,895}{1,0}} = 0,807 < 1,0$$

$$\frac{2761}{0,76 \times 5\,726,15} + 0,598 \times \frac{227,56}{1,00 \times \frac{762,895}{1,0}} = 0,813 < 1,0$$

Sloup o profilu HEB 320 na mezní stav únosnosti vyhoví

2.9.2 Posouzení sloupu první zúžení

$$N_{Ed} = (G_d \times 6 + Q_{d1} \times 1 + Q_{d2} \times \alpha_{n2} \times 5) =$$

$$N_{Ed} = (184,99 \times 6 + 208,8 \times 1 + 104,4 \times 0,82 \times 5) =$$

$$N_{Ed} = 1\,746,8 \text{ kN}$$

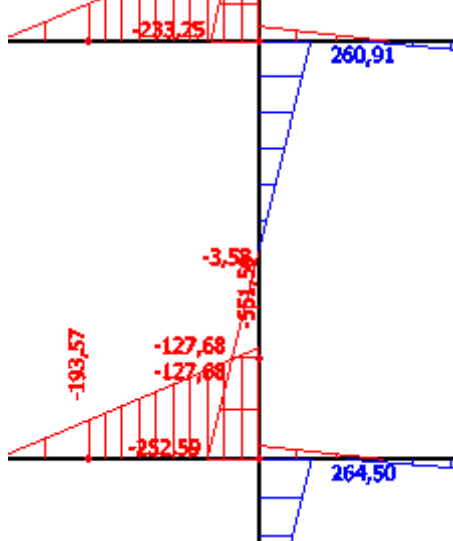
$$M_{Ed} = 260,9 \text{ kNm (ve vrcholu sloupu)}$$

$$M_{Ed} = 252,6 \text{ kNm (u paty sloupu)}$$

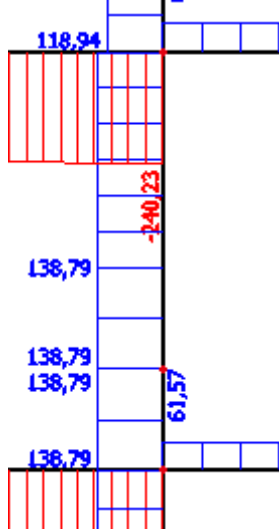
$$V_{Ed} = 138,8 \text{ kN}$$

Ohybové momenty a smyková síla zjištěny z výsledků scia

Průběh ohybových momentů



Průběh posouvajících sil



Mezní hodnoty vznikly při dominantním plném užitém zatížení

Profil:

HEB300 – S355

Výška

$h=300 \text{ mm}$

Šířka

$b=300 \text{ mm}$

Plocha průřezu

$A=14\,910 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti /yy

$I_y=25\,170 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Moment setrvačnosti /zz

$I_z=8\,563 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Plastický modul průřezu /yy

$W_{pl,y}=1869 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Plastický modul průřezu /zz

$W_{pl,z}=870,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Únosnost profilu:

Únosnost ve smyku

Smyková plocha: $A_{vz} = 4\,743 \text{ mm}^2$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{4\,743 \times 355}{\sqrt{3} \times 1,0} =$$
$$V_{pl,Rd} = 972\,122 \text{ N} = 972,12 \text{ kN}$$
$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{138,8}{972,12} = 0,14 < 0,50$$

Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.

Vzpěr a klopení

Únosnost sloupu je dostačující, pokud jsou splněny následující podmínky (uvažuji, že sloup není ohýbán v rovině menší tuhosti, $M_{z,Ed0} = 0$):

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

Uvažuji, že je prvek zajištěn jen na obou koncích

$L_{cr,z} = 3,7 \text{ m}$

$L_{cr,z} = 3,7 \text{ m}$ pro vybočení kolmo k měkké ose

$L_{cr,T} = 3,7 \text{ m}$ pro vybočení v krutu

$L_{cr,LT} = 3,7 \text{ m}$ pro klopení

Vybočení kolmo k **yy**:

Křivka vzpěrné pevnosti: **b** ($\alpha_y = 0,34$)

$$N_{cr,y} = \pi^2 \times \frac{E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \times \frac{210\,000 \times 25\,170 \times 10^4}{3700^2} = 38\,106\,477 \text{ N}$$
$$N_{cr,y} = 38,1 \text{ MN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{14\,910 \times 355}{38\,106\,477}} = 0,37$$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,37 - 0,2) + 0,37^2] = 0,6$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\chi_y = \frac{1}{0,6 + \sqrt{0,6^2 - 0,37^2}} = 0,932$$

Vybočení kolmo k **zz**: $L_{cr,z} = 3,7$ m

Křivka vzpěrné pevnosti: **c** ($\alpha_z = 0,49$)

$$N_{cr,z} = \pi^2 \frac{EI_z}{L_{cr,z}^2}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$N_{cr,z} = \pi^2 \times \frac{E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \pi^2 \times \frac{210\,000 \times 8\,563 \times 10^4}{3700^2} = 12\,964\,075 \text{ N}$$
$$N_{cr,y} = 12,96 \text{ MN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,z}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{14\,910 \times 355}{12\,964\,075}} = 0,64$$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\phi_z = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,64 - 0,2) + 0,64^2] = 0,813$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\chi_z = \frac{1}{0,813 + \sqrt{0,813^2 - 0,64^2}} = 0,76$$

Klopení: $L_{cr,LT} = 3,7$ m

$h/b=300/300=1 \Rightarrow h/b < 2 \Rightarrow \mathbf{b}$ ($\alpha_{LT} = 0,34$)

průběh momentu je lineární $M_{pata} = 252,6$ kNm, $M_{styk} = 260,9$ kNm

$$M_{cr} = 6\,359,6 \text{ kNm}$$

M_{cr} spočten pomocí programu LT Beam

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_{lt} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1869 \times 10^3 \times 355}{6\,359,6 \times 10^6}} = 0,323$$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\phi_{lt} = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,323 - 0,4) + 0,75 \times 0,286^2] = 0,517$$

Kde: $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40$; $\beta = 0,75$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\chi_{lt} = \frac{1}{0,517 + \sqrt{0,517^2 - 0,75 \times 0,323^2}} = 1,05 < 1,00$$

$C_{my} = 0,9$; $C_{mLT} = 0,6$

$N_{Rk} = A \cdot f_y = 14\,910 \cdot 355 = 5\,293\,050 \text{ N} = 5\,293 \text{ kN}$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$k_{yy} = 0,9 \left(1 + 0,6 \times 0,37 \times \frac{1746,8}{0,932 \times 5\,293/1} \right) = 0,971$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy}; \bar{\lambda}_{lt} < 0,4$$

$$k_{zy} = 0,6 \times 0,971 = 0,583$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 1\,869 \times 10^3 \times 355 = 663\,495\,000 \text{ Nmm} = 663,5 \text{ kNm}$$

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

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\frac{1746,8}{0,932 \times 5\,293} + 0,971 \times \frac{260,9}{1,00 \times \frac{663,5}{1,0}} = 0,74 < 1,0$$

$$\frac{1746,8}{0,76 \times 5\,293} + 0,583 \times \frac{260,9}{1,00 \times \frac{663,5}{1,0}} = 0,66 < 1,0$$

Sloup o profilu HEB 300 na mezní stav únosnosti vyhoví

2.9.3 Posouzení sloupu druhé zúžení

$$N_{Ed} = (G_d \times 3 + Q_{d2} \times 3) =$$

$$N_{Ed} = (184,99 \times 4 + 104,4 \times 4) =$$

$$N_{Ed} = 1\,157,56 \text{ kN}$$

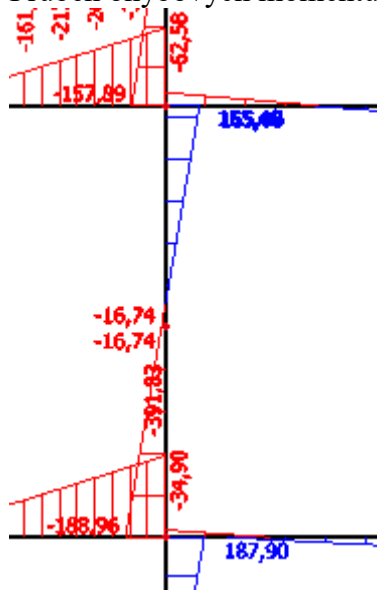
$$M_{Ed} = 166,06 \text{ kNm (ve vrcholu sloupu)}$$

$$M_{Ed} = 188,9 \text{ kNm (u paty sloupu)}$$

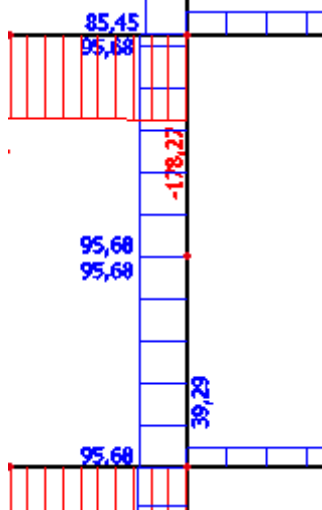
$$V_{Ed} = 95,7 \text{ kN}$$

Ohybové momenty a smyková síla zjištěny z výsledků scia

Průběh ohybových momentů



Průběh posouvajících sil



Mezní stav nastal při kombinaci s dominantním plným užitným zatížením

Profil:

HEB240 – S355

Výška

$h=240$ mm

Šířka

$b=240$ mm

Plocha průřezu

$A=10\,600$ mm²

Moment setrvačnosti /yy

$I_y=11\,260 \cdot 10^4$ mm⁴

Moment setrvačnosti /zz

$I_z=3\,923 \cdot 10^4$ mm⁴

Plastický modul průřezu /yy

$W_{pl,y}=1\,053 \cdot 10^3$ mm³

Plastický modul průřezu /zz

$W_{pl,z}=498,4 \cdot 10^3$ mm³

Únosnost profilu:

Únosnost ve smyku

Smyková plocha: $A_{vz} = 3\,323$ mm²

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{3\,323 \times 355}{\sqrt{3} \times 1,0} =$$
$$V_{pl,Rd} = 681\,079\text{N} = 681,08\text{kN}$$
$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{95,7}{681,08} = 0,14 < 0,50$$

Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.

Vzpěr a klopení

Únosnost sloupu je dostačující, pokud jsou splněny následující podmínky (uvažují, že sloup není ohýbán v rovině menší tuhosti, $M_{z,Ed0} = 0$):

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{yEd}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

Uvažuji, že je prvek zajištěn jen na obou koncích

$$L_{cr,z} = 3,7 \text{ m}$$

$L_{cr,z} = 3,7 \text{ m}$ pro vybočení kolmo k měkké ose

$L_{cr,T} = 3,7 \text{ m}$ pro vybočení v krutu

$L_{cr,LT} = 3,7 \text{ m}$ pro klopení

Vybočení kolmo k **yy**:

Křivka vzpěrné pevnosti: **b** ($\alpha_y = 0,34$)

$$N_{cr,y} = \pi^2 \times \frac{E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \times \frac{210\,000 \times 11\,260 \times 10^4}{3700^2} = 17\,047\,236 \text{ N}$$

$$N_{cr,y} = 17,05 \text{ MN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{10\,600 \times 355}{17\,047\,236}} = 0,47$$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,47 - 0,2) + 0,47^2] = 0,656$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\chi_y = \frac{1}{0,656 + \sqrt{0,656^2 - 0,47^2}} = 0,898$$

Vybočení kolmo k **zz**: $L_{cr,z} = 3,7 \text{ m}$

Křivka vzpěrné pevnosti: **c** ($\alpha_z = 0,49$)

$$N_{cr,z} = \pi^2 \frac{EI_z}{L_{cr,z}^2}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$N_{cr,z} = \pi^2 \times \frac{E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \pi^2 \times \frac{210\,000 \times 3\,923 \times 10^4}{3700^2} = 5\,939\,281\text{N}$$

$$N_{cr,y} = 5,94\text{MN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,z}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{10\,600 \times 355}{5\,939\,281}} = 0,796$$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\phi_z = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,796 - 0,2) + 0,796^2] = 0,963$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\chi_z = \frac{1}{0,963 + \sqrt{0,963^2 - 0,796^2}} = 0,664$$

Klopení: $L_{cr,LT} = 3,7\text{ m}$

$h/b=240/240=1 \Rightarrow h/b < 2 \Rightarrow \mathbf{b}$ ($\alpha_{LT} = 0,34$)

průběh momentu je lineární $M_{pata} = 188,9\text{ kNm}$, $M_{styk} = 166,06\text{ kNm}$

$$M_{cr} = 2\,740,3\text{ kNm}$$

M_{cr} spočten pomocí programu LT Beam

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\bar{\lambda}_{lt} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1\,053 \times 10^3 \times 355}{2\,740,3 \times 10^6}} = 0,37$$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\phi_{lt} = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,37 - 0,4) + 0,75 \times 0,37^2] = 0,546$$

Kde: $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40$; $\beta = 0,75$

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$\chi_{lt} = \frac{1}{0,546 + \sqrt{0,546^2 - 0,75 \times 0,37^2}} = 1,01 < 1,00$$

$C_{my} = 0,9$; $C_{mLT} = 0,6$

$N_{Rk} = A \cdot f_y = 10\,600 \cdot 355 = 3\,763\,000 \text{ N} = 3\,763,0 \text{ kN}$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

$$k_{yy} = 0,9 \left(1 + 0,6 \times 0,47 \times \frac{1157,56}{0,898 \times 3\,763/1} \right) = 0,987$$

$\lambda_{lt} < 0,4 \Rightarrow k_{zy} = 0,6 \times k_{yy}$
 $k_{zy} = 0,6 \times 0,987$
 $k_{zy} = 0,592$

$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 1\,053 \times 10^3 \times 355 = 373\,815\,000 \text{ Nmm} = 373,815 \text{ kNm}$

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

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

Viz. [4] ČSN EN 1993-1-1

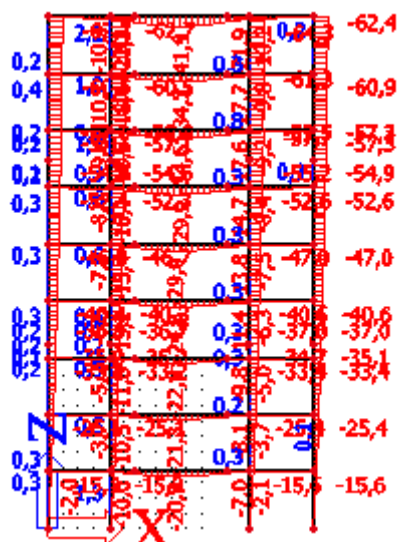
$$\frac{1\,157,56}{0,898 \times 3\,763 / 1,0} + 0,987 \times \frac{188,9}{1,00 \times \frac{373,815}{1,0}} = 0,84 < 1,0$$

$$\frac{1\,157,56}{0,664 \times 3\,763 / 1,0} + 0,592 \times \frac{188,9}{1,00 \times \frac{373,815}{1,0}} = 0,76 < 1,0$$

Sloup o profilu HEB 240 na mezní stav únosnosti vyhoví

Krajní sloupy krajní vazby jsou stejných profilů jako sloupy krajní vazby hlavního rámu.

Důvodem je podmínka pro mezní stav použitelnosti vodorovných posunutí.



$$w = 62,4 \text{ mm}$$

$$w_{max} = \frac{h}{500} = \frac{37\,000}{500} = 74 \text{ mm}$$

h= konstrukční výška x počet pater = 3 700* 10 = 37 000 mm

Tabulka posuzovaných sloupů

Označení	Profil	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	χ_z	χ_y	χ_{lt}	k_{yy}, k_{zy}	Posouzení k ose y	Posouzení k ose z
Aa1	HEB 550	5898	504,23	0,85	0,99	1,00	0,975;0,585	0,86	0,90
Aa2	HEB 450	3 201	465,2	0,806	0,989	1,00	0,956;0,574	0,74	0,83
Aa3	HEB 320	2 257	395,12	0,815	0,966	1,00	0,9;0,54	0,875	0,76
Ab1	HEB 320	1 866	209,6	0,815	0,966	1,00	0,964;0,578	0,6	0,56
Ab2	HEB 300	1 836	144	0,81	0,961	1,00	0,968;0,581	0,57	0,55
Ca1	HEB 400	3 557	166	0,63	0,94	0,93	1,00;0,775	0,69	0,925
Ca2	HEB 320	1 823	113	0,815	0,966	1,00	0,963;0,578	0,47	0,48
Cb1	HEB 300	1 091	140	0,81	0,961	1,00	0,98;0,59	0,3	0,31

A značí prvek hlavního rámu, B značí prvek krajní vazby, C značí prvek nižší budovy

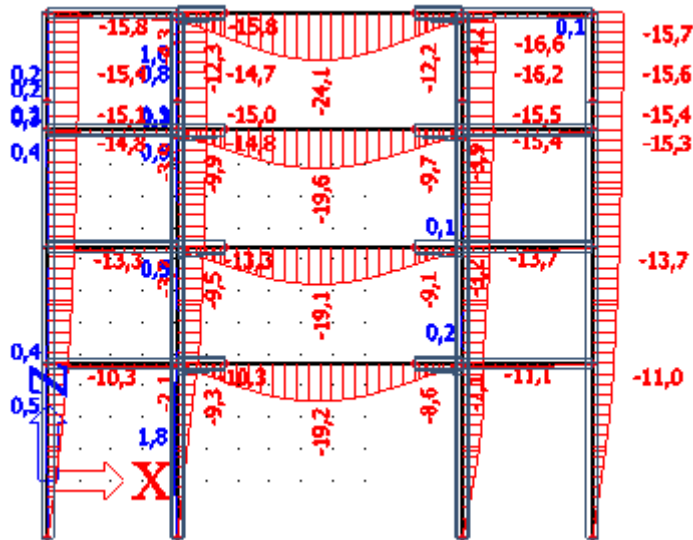
a značí více zatížený sloup, b méně zatížený sloup

1,2,3 značí zúžení sloupu po výšce

Ab2 Sloupy po výšce neměním kvůli meznímu stavu použitelnosti

Krajní sloupy nižší budovy nezmenšují a jsou takto předimenzované kvůli tomu, že při uvažování menších průřezů vznikal větší moment u vnitřní podpory hlavního rámu a čímž bych musel navrhovat ještě větší profil. Neekonomické a začal by vznikat problém se světlou výškou.

Mezní stav použitelnosti vodorovných deformací nižší budovy.

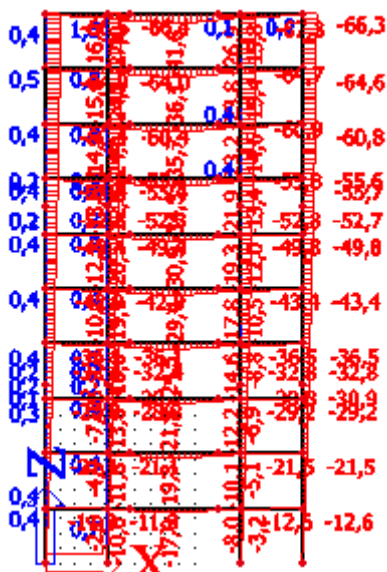


$$w = 15,8 \text{ mm}$$

$$w_{max} = \frac{h}{500} = \frac{16\,650}{500} = 33,3 \text{ mm}$$

$$h = \text{konstrukční výška} \times \text{počet pater} = 3\,700 \times 3 + 3700/2 = 16\,650 \text{ mm}$$

Mezní stav použitelnosti vodorovných deformací vyšší budovy.



$$w = 66,3 \text{ mm}$$

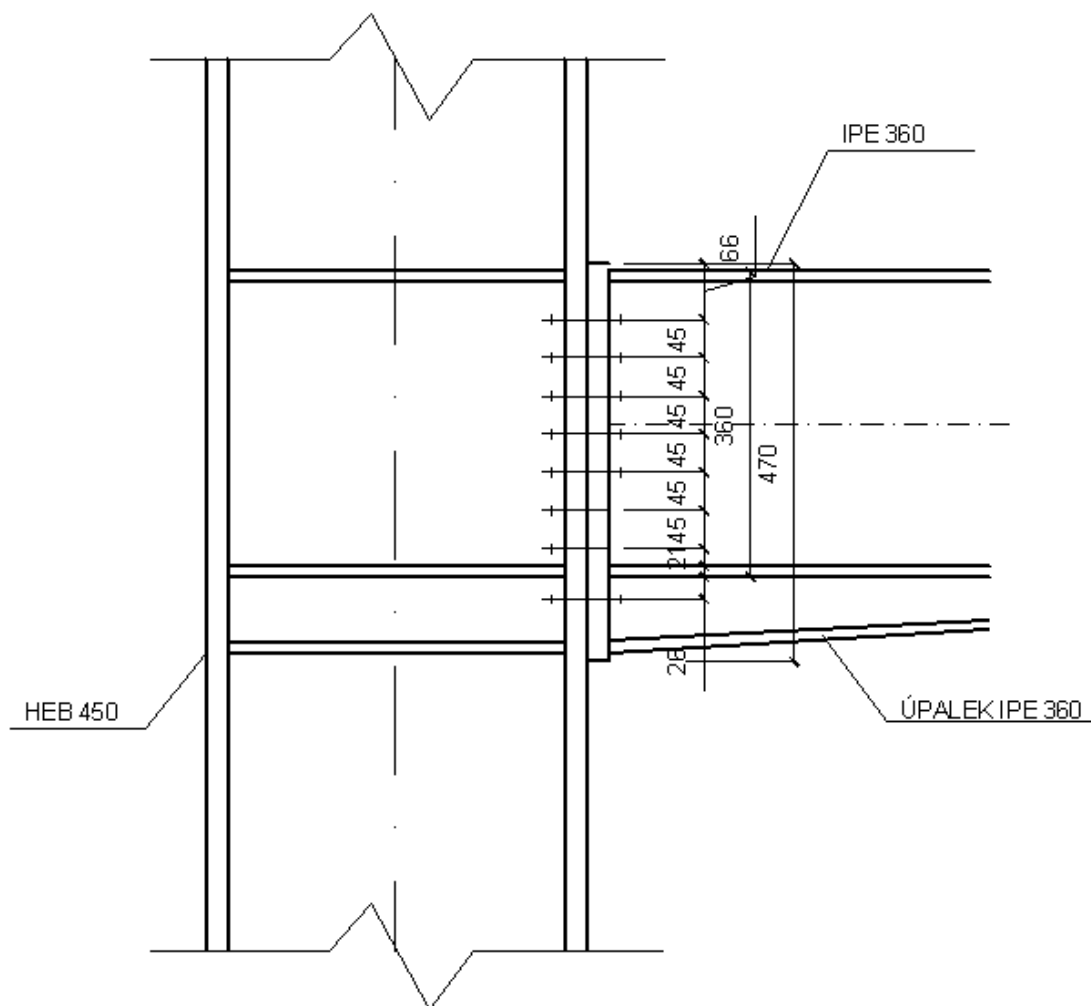
$$w_{max} = \frac{h}{500} = \frac{37\,000}{500} = 74 \text{ mm}$$

$h = \text{konstrukční výška} \times \text{počet pater} = 3\,700 \times 10 = 37\,000 \text{ mm}$

Sloupy vyhoví na mezní stavy

2.10 Posouzení montovaných přípojů

2.10.1 Montovaný přípoj průvlaku kancelářské prostory vyšší budova



Sloup HEB 450, příčle IPE360+90, $f_y = 355\text{MPa}$, $f_u = 490\text{MPa}$

Mezní stav únosnosti

$$R_{Ed} = 368,00 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,p} = 638,80 \text{ kNm}$$

Hodnoty zjištěny viz str. 47

Odhadem:

$$\text{výztuha stojiny sloupu} \quad t = t_{f,\text{příčle}} = 12,00 \text{ mm}$$

$$\text{výztuha čelní desky} \quad t = t_{w,\text{příčle}} = 8,00 \text{ mm}$$

$$\text{tloušťka čelní desky} \quad t = t_{f,\text{sloupu}} = 25,0\text{mm}$$

uvažujeme šrouby M16 8.8

$$d = 16 \text{ mm} \quad f_{ub} = 800 \text{ MPa} \quad f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

a) Návrh svarů:

plná únosnost průřezu

svar pásnice a čelní desky

$$a_{w,f} \geq \frac{t_f}{2} \times \frac{f_{yd} \times \sqrt{2} \times \beta_w \times \gamma_{M2}}{f_u}$$

$$a_{w,f} \geq \frac{12}{2} \times \frac{355 \times \sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{490}$$

$$a_{w,f} = 7,3 \Rightarrow 8 \text{ mm}$$

svar stojiny a čelní desky

$$a_{w,w} \geq \frac{t_w}{2} \times \frac{f_{yd} \times \sqrt{2} \times \beta_w \times \gamma_{M2}}{f_u}$$

$$a_{w,w} \geq \frac{8,0}{2} \times \frac{355 \times \sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{490}$$

$$a_{w,w} = 4,6 \Rightarrow 5 \text{ mm}$$

stejný svar uvažujeme svar výztuhy

B) Posouzení šroubů

Uvažuje pružné rozdělení sil

$$M_{Rd} = \sum F_i \times r_i \geq M_{Ed} = \sum F_i \times r_i$$

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3} = \frac{F_4}{r_4} = \frac{F_5}{r_5} = \frac{F_6}{r_6} = \frac{F_7}{r_7} = \frac{F_8}{r_8}$$

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} \quad F_2 = F_1 \times \frac{r_2}{r_1}$$

$$r_1 = 387,35 \text{ mm} \quad r_5 = 207,35 \text{ mm}$$

$$r_2 = 342,35 \text{ mm} \quad r_6 = 162,35 \text{ mm}$$

$$r_3 = 297,35 \text{ mm} \quad r_7 = 117,35 \text{ mm}$$

$$r_4 = 252,35 \text{ mm} \quad r_8 = 43,65 \text{ mm}$$

$$\frac{F_1}{r_1} + F_1 \times \frac{r_2}{r_1} + F_1 \times \frac{r_3}{r_1} + F_1 \times \frac{r_4}{r_1} + F_1 \times \frac{r_5}{r_1} + F_1 \times \frac{r_6}{r_1} + F_1 \times \frac{r_7}{r_1} + F_1 \times \frac{r_8}{r_1} = M_{Ed}$$

$$F_1 \times \frac{(408,65 + 358,65 + 308,65 + 258,65 + 208,65 + 158,65 + 108,65 + 43,65)/1000}{408,65/1000} = 638,8$$

$$F_1 = 136,70 \text{ kN}$$

Nejvíce zatížený šroub na tah

B₁) únosnost šroubu v tahu

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

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \times 157 \times 10^{-6} \times 800\,000}{1,25} = 90,43 \text{ kN} > \frac{F_1}{2} = \frac{136,7}{2} = 68,35 \text{ kN}$$

B₂) únosnost ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 \times A_s \times f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 157 \times 10^{-6} \times 800\,000}{1,25} = 60,29 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{368,00}{16} = 23,00 \text{ kN}$$

B₃) únosnost v otláčení

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) \geq \frac{V_{Ed}}{n}$$

$$n = 16$$

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

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

$$a_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \times d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) \quad k_1 = \min\left(2,8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$a_b = \min\left(\frac{35}{3 \times 18}; \frac{800}{490}; 1,0\right) \quad k_1 = \min\left(2,8 \times \frac{25}{18} - 1,7; 2,5\right)$$

$$a_b = \min(0,65; 1,63; 1,0) \quad k_1 = \min(2,19; 2,5)$$

$$a_b = 0,65 \quad k_1 = 2,19$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,19 \times 0,65 \times 16 \times 26 \times 490}{1,25} = 258917,57 \text{ N}$$

$$F_{b,Rd} = 258,92 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(60,29 \text{ kN}; 258,92 \text{ kN})$$

$$F_{Rd} = 60,29 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{368,00}{16} = 23,00 \text{ kN}$$

B₄) kombinace tah + stříh

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{23,00}{60,29} + \frac{68,35}{1,4 \times 90,43} \leq 1$$

$$0,921 < 1$$

C) posouzení pásnice
náhradní T průřez

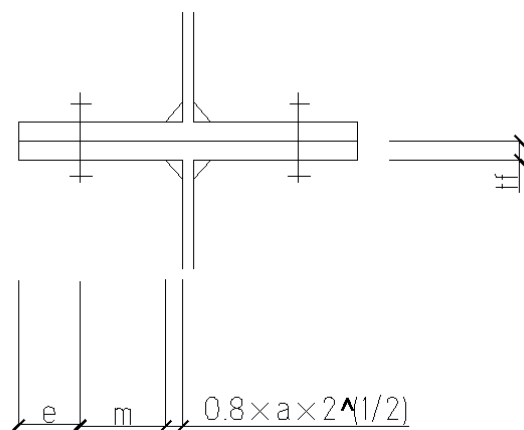
C₁) plastifikace pásnice

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,Rd}^1}{m}$$

$$e = 31,4 \text{ mm}$$

$$m = 30 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times l_{eff,1} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$



řada šroubů působí samostatně, sousedící s výztuhou

$$l_{eff,1a} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$$

$$l_{eff,nc} = \alpha \times m$$

$\alpha = \text{viz. zjištění z tab. ČSN EN 1993 - 1 - 8}$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{30}{30 + 31,4} = 0,49$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{(m + e)}$$

$$m_2 = e - 0,8 \times a_{w,f} \times \sqrt{2} = 31,4 - 0,8 \times 8 \times \sqrt{2} = 22,35 \text{ mm}$$

$$\lambda_2 = \frac{22,35}{30 + 31,4} = 0,36$$

$$\alpha = 5,8$$

viz. obr. 6.11 ČSN EN 1993-1-8

$$l_{eff,nc} = \alpha \times m = 5,8 \times 30 = 174 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 30 = 189 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1a} = \min(174 \text{ mm}; 189 \text{ mm})$$

$$l_{eff,1a} = 174 \text{ mm}$$

řada šroubů působící jako skupina, sousedící s výztuhou

$$l_{eff,1b} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times p + \alpha \times m - (2 \times m + 0,625 \times e)$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times 45 + 5,8 \times 30 - (2 \times 30 + 0,625 \times 31,4)$$

$$l_{eff,nc} = 116,875 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = \pi \times m + p = \pi \times 30 + 45 = 139,2 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1b} = \min(116,88; 139,5)$$

$$l_{eff,1b} = 116,875 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1b} < l_{eff,1a}$$

$$l_{eff,1} = 116,875 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times l_{eff,1} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times 116,875 \times 26^2 \times \frac{355}{1,0} = 7,01E+06 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 7,01 \text{ kNm}$$

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,Rd}^1}{m}$$

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times 7,16}{0,03} = 934,922 \text{ kN}$$

C₂) přetržení šroubů + plastifikace pásnice

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

$$M_{pl,Rd}^2 = 0,25 \times l_{eff,2} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$l_{eff,2} = \min(l_{eff,nca}; l_{eff,ncb}) = \min(174; 116,875)$$

$$M_{pl,Rd}^2 = 0,25 \times 116,875 \times 26^2 \times \frac{355}{1,0} = 7,01E+06 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd}^2 = 7,01 \text{ kNm}$$

$$n = \min(e_{min}; 1,25 \times m)$$

$$n = \min(31,4; 37,5)$$

$$n = 31,4 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd}^2 = \frac{2 \times 7,16 + 0,0314 \times 2 \times 90,43}{0,03 + 0,0314} = 320,89 \text{ kN}$$

C₃) porušení šroubů

$$F_{t,Rd}^3 = \sum F_{t,Rd} = 2 \times F_{t,Rd} = 2 \times 90,43 = 180,86 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd,p} = \min(F_{t,Rd}^1; F_{t,Rd}^2; F_{t,Rd}^3)$$

$$F_{t,Rd,p} = \min(934,22 \text{ kN}; 320,89 \text{ kN}; 180,86 \text{ kN})$$

$$F_{t,Rd,p} = 180,86 \text{ kN} > F_1 = 136,70 \text{ kN}$$

...Vyhoví

D) posouzení pásnice v tlaku

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{Rd}}{h - t_f}$$

Viz. ČSN EN 1993-1-8

Kde:

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \times f_y = 3982 \times 10^3 \times 355 = 1\,413\,610\,000 \text{ Nmm}$$

$$M_{Rd} = 1413,61 \text{ kNm}$$

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{Rd}}{h - t_f} = \frac{1413,61}{0,45 - 0,026} = 3333,986 \text{ kN}$$

$$F_{c,fb,Rd} = 3333,986 \text{ kN} > \sum F_{T,Rd} = 16 \times 90,4 = 1446,4 \text{ kN}$$

Panel stěny sloupu ve smyku

kontrola štíhlosti

$$\frac{d_c}{t_w} < 69 \times \varepsilon$$

Kde:

d_c je výška stojiny sloupu

t_w je tloušťka stojiny sloupu

$$\frac{344}{26} < 69 \times \sqrt{\frac{355}{355}}$$

$$13,23 < 69 \quad \dots \text{platí}$$

$$M_1 = 638,8 \text{ kNm}$$

$$\frac{M}{h} = V$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{638,8}{0,45} = 1420,4 \text{ kN}$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times A_{vc} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} + \frac{4 \times M_{pls,tc,Rd}}{d_s} > V$$

d_s vzdálenost mezi výztuhami 450 mm

$d \dots HEB 450 d = 344 \text{ mm}$

$$M_{pl,f,c,Rd} = W_{pl,f,c} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$W_{pl,f,c} = \frac{1}{4} \times b \times t_f^2 = \frac{1}{4} \times 30 \times 26^2 = 50700 \text{ mm}^3$$

$$M_{pl,f,c,Rd} = 50700 \times \frac{355}{1,0} = 1,8E+07 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,f,c,Rd} = 17,9985 \text{ kNm}$$

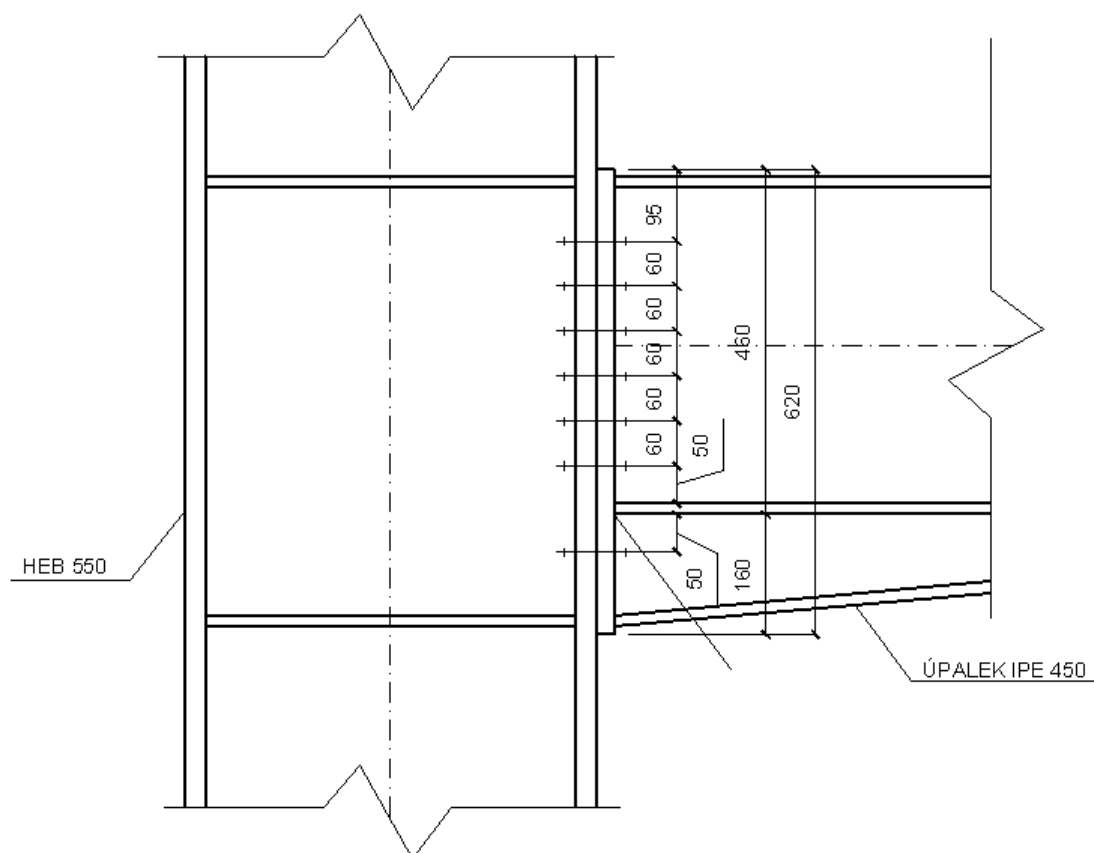
$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times 7\,966 \times 355}{\sqrt{3} \times 1,0} + \frac{4 \times 17\,998\,500}{450} > V$$

$$V_{wp,Rd} = 1469595,52 \text{ N}$$

$$V_{wp,Rd} = 1469,60 \text{ kN} > 1420,4 \text{ kN}$$

Platí

2.10.2 Montovaný přípoj průvlaku obchodní prostory vyšší budova



Sloup HEB 550, příčle IPE450+150

$$f_y = 355 \text{ MPa}, f_u = 490 \text{ MPa}$$

Mezní stav únosnosti

$$R_{Ed} = 494,33 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,p} = 929,45 \text{ kNm}$$

Hodnoty viz. str. 58

Odhadem:

$$\text{výztuha stojiny sloupu} \quad t = t_{f,příčle} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{výztuha čelní desky} \quad t = t_{w,příčle} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{tloušťka čelní desky} \quad t = t_{f,sloupu} = 30 \text{ mm}$$

uvažujeme šrouby M20 8.8

$$d = 20 \text{ mm} \quad f_{ub} = 800 \text{ MPa} \quad f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

a) Návrh svarů:

plná únosnost průřezu

svar pásnice a čelní desky

$$a_{w,f} \geq \frac{t_f}{2} \times \frac{f_{yd} \times \sqrt{2} \times \beta_w \times \gamma_{M2}}{f_u}$$

$$a_{w,f} \geq \frac{15}{2} \times \frac{355 \times \sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{490}$$

$$a_{w,f} = 8,41 \Rightarrow 9 \text{ mm}$$

svar stojiny a čelní desky

$$a_{w,w} \geq \frac{t_w}{2} \times \frac{f_{yd} \times \sqrt{2} \times \beta_w \times \gamma_{M2}}{f_u}$$

$$a_{w,w} \geq \frac{10}{2} \times \frac{355 \times \sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{490}$$

$$a_{w,w} = 5,42 \Rightarrow 6 \text{ mm}$$

stejný svar uvažujeme svar výztuhy

B) Posouzení šroubů

Uvažuje pružné rozdělení sil

$$M_{Rd} = \sum F_i \times r_i \geq M_{Ed} = \sum F_i \times r_i$$

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3} = \frac{F_4}{r_4} = \frac{F_5}{r_5} = \frac{F_6}{r_6} = \frac{F_7}{r_7}$$

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} \quad F_2 = F_1 \times \frac{r_2}{r_1}$$

$$r_1 = 507,85 \text{ mm}$$

$$r_5 = 267,85 \text{ mm}$$

$$r_2 = 447,85 \text{ mm}$$

$$r_6 = 207,85 \text{ mm}$$

$$r_3 = 387,85 \text{ mm}$$

$$r_7 = 93,25 \text{ mm}$$

$$r_4 = 327,85 \text{ mm}$$

$$\frac{F_1}{r_1} + F_1 \times \frac{r_2}{r_1} + F_1 \times \frac{r_3}{r_1} + F_1 \times \frac{r_4}{r_1} + F_1 \times \frac{r_5}{r_1} + F_1 \times \frac{r_6}{r_1} + F_1 \times \frac{r_7}{r_1} = M_{Ed}$$

$$F_1 = 210,69 \text{ kN}$$

Nejvíce zatížený šroub na tah

B₁) únosnost šroubu v tahu

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

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \times 245 \times 10^{-6} \times 800\,000}{1,25} = 141,1 \text{ kN} > \frac{F_1}{2} = \frac{210,69}{2} = 105,35 \text{ kN}$$

B₂) únosnost ve střihu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 \times A_s \times f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 245 \times 10^{-6} \times 800\,000}{1,25} = 94,1 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{494,33}{14} = 35,31 \text{ kN}$$

$$F_1 \times \frac{(507,85 + 447,85 + 387,85 + 327,85 + 267,85 + 207,85 + 93,25)/1000}{507,85/1000} = 929,45$$

B₃) únosnost v otláčení

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) \geq \frac{V_{Ed}}{n}$$

$$n = 14$$

$$F_{v,Rd} = 94,1 \text{ kN viz. výše}$$

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

$$a_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \times d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right)$$

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

$$a_b = \min\left(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{800}{490}; 1,0\right)$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \times \frac{35}{22} - 1,7; 2,5\right)$$

$$a_b = \min(0,606; 1,63; 1,0)$$

$$k_1 = \min(2,75; 2,5)$$

$$a_b = 0,606$$

$$k_1 = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \times 0,606 \times 20 \times 24 \times 490}{1,25} = 285062,4 \text{ N}$$

$$F_{b,Rd} = 285,06 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(94,1 \text{ kN}; 285,06 \text{ kN})$$

$$F_{Rd} = 94,10 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{498,10}{14} = 35,31 \text{ kN}$$

B₄) kombinace tah + střih

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{35,31}{94,10} + \frac{105,35}{1,4 \times 141,1} \leq 1$$

$$0,909 < 1$$

C) posouzení pásnice
náhradní T průřez

C₁) plastifikace pásnice

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,Rd}^1}{m}$$

$$e = 90 \text{ mm}$$

$$m = 45 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times l_{eff,1} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

řada šroubů působí samostatně, sousedící s výztuhou

$$l_{eff,1a} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$$

$$l_{eff,nc} = \alpha \times m$$

$\alpha = \text{viz. zjištění z tab. ČSN EN 1993 - 1 - 8}$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{45}{45+90} = 0,33$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{(m+e)}$$

$$m_2 = e - 0,8 \times a_{w,f} \times \sqrt{2} = 90 - 0,8 \times 5 \times \sqrt{2} = 84,34 \text{ mm}$$

$$\lambda_2 = \frac{84,34}{45+90} = 0,62$$

$$\alpha = 6,6$$

viz. obr. 6.11 ČSN EN 1993-1-8

$$l_{eff,nc} = \alpha \times m = 6,6 \times 45 = 297 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 45 = 283,5 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1a} = \min(297 \text{ mm}; 283,5 \text{ mm})$$

$$l_{eff,1a} = 283,5 \text{ mm}$$

řada šroubů působící jako skupina, sousedící s výztuhou

$$l_{eff,1b} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times p + \alpha \times m - (2 \times m + 0,625 \times e)$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times 60 + 6,6 \times 45 - (2 \times 45 + 0,625 \times 90)$$

$$l_{eff,nc} = 180,75 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = \pi \times m + p = \pi \times 45 + 60 = 201,3 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1b} = \min(180,75; 201,3)$$

$$l_{eff,1b} = 180,75 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1b} < l_{eff,1a}$$

$$l_{eff,1} = 180,75 \text{ mm}$$

$$M_{pL,Rd}^1 = 0,25 \times l_{eff,1} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pL,Rd}^1 = 0,25 \times 180,75 \times 29^2 \times \frac{355}{1,0} = 1,35E+07 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 13,49 \text{ kNm}$$

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,Rd}^1}{m}$$

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times 13,49}{0,045} = 1199,2 \text{ kN}$$

C₂) přetržení šroubů + plastifikace pásnice

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

$$M_{pl,Rd}^2 = 0,25 \times l_{eff,2} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$l_{eff,2} = \min(l_{eff,nca}; l_{eff,ncb}) = \min(297; 180,75)$$

$$M_{pl,Rd}^2 = 0,25 \times 180,75 \times 29^2 \times \frac{355}{1,0} = 1,35E+07 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd}^2 = 13,49 \text{ kNm}$$

$$n = \min(e_{min}; 1,25 \times m)$$

$$n = \min(40; 56,25)$$

$$n = 40 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd}^2 = \frac{2 \times 13,49 + 0,04 \times 2 \times 141,1}{0,045 + 0,040} = 450,23 \text{ kN}$$

C₃) porušení šroubů

$$F_{t,rd}^3 = \sum F_{t,Rd} = 2 \times F_{t,Rd} = 2 \times 141,1 = 282,2 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd,p} = \min(F_{t,rd}^1; F_{t,Rd}^2; F_{t,Rd}^3)$$

$$F_{t,Rd,p} = \min(1199,2 \text{ kN}; 450,23 \text{ kN}; 282,2 \text{ kN})$$

$$F_{t,Rd,p} = 282,20 \text{ kN} > F_1 = 210,69 \text{ kN}$$

...Vyhoví

D) posouzení pásnice v tlaku

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{Rd}}{h - t_f}$$

Viz. ČSN EN 1993-1-8

Kde:

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \times f_y = 5591 \times 10^3 \times 355 = 1\,984\,805\,000 \text{ Nmm}$$

$$M_{Rd} = 1984,805 \text{ kNm}$$

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{Rd}}{h - t_f} = \frac{1984,805}{0,55 - 0,029} = 3809,607 \text{ kN}$$

$$F_{c,fb,Rd} = 3\,809,61 \text{ kN} > \sum F_{T,Rd} = 14 \times 141,1 = 1\,975,4 \text{ kN}$$

Panel stěny sloupu ve smyku

kontrola štíhlosti

$$\frac{d_c}{t_w} < 69 \times \varepsilon$$

Kde:

d_c je výška stojiny sloupu

t_w je tloušťka stojiny sloupu

$$\frac{438}{29} < 69 \times \sqrt{\frac{355}{355}}$$

$$15,1 < 69 \quad \dots \text{platí}$$

$$M = 929,45 \text{ kNm}$$

$$\frac{\Delta M}{h} = V$$

$$\frac{984,4}{0,6} = 1549,08 \text{ kN}$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times A_{vc} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} + \frac{4 \times M_{pl,tc,Rd}}{d_s} > V$$

d_s vzdálenost mezi výztuhami 600 mm
 d ... HEB 550 $d = 438$ mm

$$M_{pl,f,c,Rd} = W_{pl,f,c} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$W_{pl,f,c} = \frac{1}{4} \times b \times t_f^2 = \frac{1}{4} \times 300 \times 29^2 = 63075 \text{ mm}^3$$

$$M_{pl,f,c,Rd} = 63075 \times \frac{355}{1,0} = 2,2E+07 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,f,c,Rd} = 22,39 \text{ kNm}$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times 10\,010 \times 355}{\sqrt{3} \times 1,0} + \frac{4 \times 22\,390\,000}{600} > V$$

$$V_{wp,Rd} = 1995756,24 \text{ N}$$

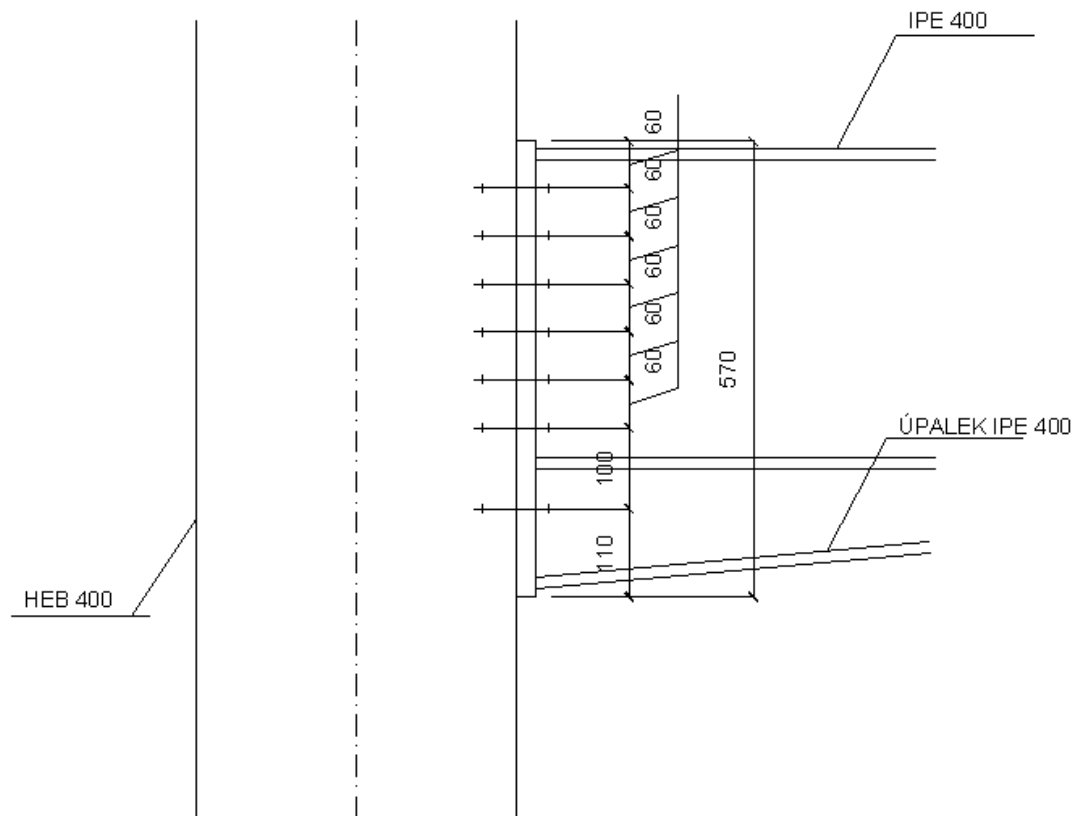
$$V_{wp,Rd} = 1995,76 \text{ kN} > 1549,083 \text{ kN}$$

Platí

přídavné příložky nejsou potřeba

Výhově

2.10.3 Montovaný přípoj průvlaku nižší budovy



Sloup HEB 400, příčle IPE400+150

$$f_y = 355 \text{ MPa}, f_u = 490 \text{ MPa}$$

Mezní stav únosnosti

$$R_{Ed} = 478,22 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,p} = 867,17 \text{ kNm}$$

Síly zjištěny viz. str. 68

Odhadem:

výztuha stojiny sloupu

$$t = t_{f,příčle} = 15 \text{ mm}$$

výztuha čelní desky

$$t = t_{w,příčle} = 10 \text{ mm}$$

tloušťka čelní desky

$$t = t_{f,sloupu} = 24,0 \text{ mm}$$

uvažujeme šrouby M20 8.8

$$d = 20 \text{ mm} \quad f_{ub} = 800 \text{ MPa} \quad f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

a) Návrh svarů:

plná únosnot průřezu

svar pásnice a čelní desky

$$a_{w,f} \geq \frac{t_f}{2} \times \frac{f_{yd} \times \sqrt{2} \times \beta_w \times \gamma_{M2}}{f_u}$$

$$a_{w,f} \geq \frac{15}{2} \times \frac{355 \times \sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{490}$$

$$a_{w,f} = 4,80 \Rightarrow 5 \text{ mm}$$

svar stojiny a čelní desky

$$a_{w,w} \geq \frac{t_w}{2} \times \frac{f_{yd} \times \sqrt{2} \times \beta_w \times \gamma_{M2}}{f_u}$$

$$a_{w,w} \geq \frac{10}{2} \times \frac{355 \times \sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{490}$$

$$a_{w,w} = 5,76 \Rightarrow 6 \text{ mm}$$

stejný svar uvažujeme svar výztuhy

B) Posouzení šroubů

Uvažuje pružné rozdělení sil

$$M_{Rd} = \sum F_i \times r_i \geq M_{Ed} = \sum F_i \times r_i$$

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3} = \frac{F_4}{r_4} = \frac{F_5}{r_5} = \frac{F_6}{r_6} = \frac{F_7}{r_7}$$

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} \quad F_2 = F_1 \times \frac{r_2}{r_1}$$

$$r_1 = 494,5 \text{ mm} \quad r_5 = 254,5 \text{ mm}$$

$$r_2 = 434,5 \text{ mm} \quad r_6 = 194,5 \text{ mm}$$

$$r_3 = 374,5 \text{ mm} \quad r_7 = 93,5 \text{ mm}$$

$$r_4 = 314,5 \text{ mm}$$

$$\frac{F_1}{r_1} + F_1 \times \frac{r_2}{r_1} + F_1 \times \frac{r_3}{r_1} + F_1 \times \frac{r_4}{r_1} + F_1 \times \frac{r_5}{r_1} + F_1 \times \frac{r_6}{r_1} + F_1 \times \frac{r_7}{r_1} = M_{Ed}$$

$$F_1 \times \frac{(494,5 + 434,5 + 374,5 + 314,5 + 254,5 + 194,5 + 93,5)/1000}{494,5/1000} = 867,17$$

$$F_1 = 198,48 \text{ kN}$$

Nejvíce zatížený šroub na tah

B₁) únosnost šroubu v tahu

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

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \times 245 \times 10^{-6} \times 800\,000}{1,25} = 141,1 \text{ kN} > \frac{F_1}{2} = \frac{198,48}{2} = 99,24 \text{ kN}$$

B₂) únosnost ve střihu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 \times A_s \times f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 245 \times 10^{-6} \times 800\,000}{1,25} = 94,1 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{478,22}{14} = 34,16 \text{ kN}$$

B₃) únosnost v otláčení

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) \geq \frac{V_{Ed}}{n}$$

$$n = 14$$

$$F_{v,Rd} = 94,1 \text{ kN viz. výše}$$

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

$$a_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \times d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right)$$

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

$$a_b = \min\left(\frac{40}{3 \times 22}; \frac{800}{490}; 1,0\right)$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \times \frac{35}{22} - 1,7; 2,5\right)$$

$$a_b = \min(0,606; 1,63; 1,0)$$

$$k_1 = \min(2,75; 2,5)$$

$$a_b = 0,606$$

$$k_1 = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \times 0,606 \times 20 \times 24 \times 490}{1,25} = 285062,4 \text{ N}$$

$$F_{b,Rd} = 285,06 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(94,1 \text{ kN}; 285,06 \text{ kN})$$

$$F_{Rd} = 94,10 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{478,22}{14} = 34,16 \text{ kN}$$

B₄) kombinace tah + stříh

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1$$
$$\frac{34,16}{94,10} + \frac{102,01}{1,4 \times 141,1} \leq 1$$
$$0,865 < 1$$

C) posouzení pásnice
náhradní T průřez

C₁) plastifikace pásnice

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,Rd}^1}{m}$$

$$e = 90 \text{ mm}$$

$$m = 45 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times l_{eff,1} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

řada šroubů působí samostatně, sousedící s výztuhou

$$l_{eff,1a} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$$

$$l_{eff,nc} = \alpha \times m$$

$\alpha = \text{viz. zjištění z tab. ČSN EN 1993 - 1 - 8}$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{45}{45 + 90} = 0,33$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{(m + e)}$$

$$m_2 = e - 0,8 \times a_{w,f} \times \sqrt{2} = 90 - 0,8 \times 5 \times \sqrt{2} = 84,34 \text{ mm}$$

$$\lambda_2 = \frac{84,34}{45 + 90} = 0,62$$

$$\alpha = 6,6$$

viz. obr. 6.11 ČSN EN 1993-1-8

$$l_{eff,nc} = \alpha \times m = 6,6 \times 45 = 297 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 45 = 283,5 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1a} = \min(297 \text{ mm}; 283,5 \text{ mm})$$

$$l_{eff,1a} = 283,5 \text{ mm}$$

řada šroubů působící jako skupina, sousedící s výztuhou

$$l_{eff,1b} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times p + \alpha \times m - (2 \times m + 0,625 \times e)$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times 60 + 6,6 \times 45 - (2 \times 45 + 0,625 \times 90)$$

$$l_{eff,nc} = 180,75 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = \pi \times m + p = \pi \times 45 + 60 = 201,3 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1b} = \min(180,75; 201,3)$$

$$l_{eff,1b} = 180,75 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1b} < l_{eff,1a}$$

$$l_{eff,1} = 180,75 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times l_{eff,1} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times 180,75 \times 24^2 \times \frac{355}{1,0} = 9,24E+06 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 9,24 \text{ kNm}$$

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,Rd}^1}{m}$$

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times 7,16}{0,045} = 821,328 \text{ kN}$$

C₂) přetržení šroubů + plastifikace pásnice

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

$$M_{pl,Rd}^2 = 0,25 \times l_{eff,2} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$l_{eff,2} = \min(l_{eff,nca}; l_{eff,ncb}) = \min(297; 180,75)$$

$$M_{pl,Rd}^2 = 0,25 \times 180,75 \times 24^2 \times \frac{355}{1,0} = 9,24E+06 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd}^2 = 9,24 \text{ kNm}$$

$$n = \min(e_{min}; 1,25 \times m)$$

$$n = \min(40; 56,25)$$

$$n = 40 \quad mm$$

$$F_{t,Rd}^2 = \frac{2 \times 9,24 + 0,04 \times 2 \times 141,1}{0,045 + 0,040} = 350,21 \quad kN$$

C₃) porušení šroubů

$$F_{t,Rd}^3 = \sum F_{t,Rd} = 2 \times F_{t,Rd} = 2 \times 141,1 = 282,2 \quad kN$$

$$F_{t,Rd,p} = \min(F_{t,Rd}^1; F_{t,Rd}^2; F_{t,Rd}^3)$$

$$F_{t,Rd,p} = \min(790,656 \quad kN; 350,21 \quad kN; 282,2 \quad kN)$$

$$F_{t,Rd,p} = 282,20 \quad kN > F_1 = 198,48 \quad kN$$

...Vyhoví

D) posouzení pásnice v tlaku

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{Rd}}{h - t_f}$$

Viz. ČSN EN 1993-1-8

Kde:

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \times f_y = 3232 \times 10^3 \times 355 = 1\,147\,360\,000 \quad Nmm$$

$$M_{Rd} = 1147,36 \quad kNm$$

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{Rd}}{h - t_f} = \frac{1147,36}{0,55 - 0,024} = 2181,293 \quad kN$$

$$F_{c,fb,Rd} = 2181,29 \quad kN > \sum F_{T,Rd} = 14 \times 141,1 = 1975,4 \quad kN$$

Panel stěny sloupu ve smyku

kontrola štíhlosti

$$\frac{d_c}{t_w} < 69 \times \varepsilon$$

Kde:

d_c je výška stojiny sloupu

t_w je tloušťka stojiny sloupu

$$\frac{298}{24} < 69 \times \sqrt{\frac{355}{355}}$$

$$12,42 < 69 \quad \dots \text{platí}$$

$$M = 867,17 \text{ kNm}$$

$$\frac{\Delta M}{h} = V$$

$$\frac{891,4}{0,55} = 1576,67 \text{ kN}$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times A_{vc} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} + \frac{4 \times M_{pl,tc,Rd}}{d_s} > V$$

d_s vzdálenost mezi výztuhami 550 mm

d HEB 400 $d = 298$ mm

$$M_{pl,fc,Rd} = W_{pl,fc} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$W_{pl,fc} = \frac{1}{4} \times b \times t_f^2 = \frac{1}{4} \times 300 \times 24^2 = 43200 \text{ mm}^3$$

$$M_{pl,fc,Rd} = 43200 \times \frac{355}{1,0} = 1,5E+07 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,fc,Rd} = 15,336 \text{ kNm}$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times 6998 \times 355}{\sqrt{3} \times 1,0} + \frac{4 \times 15336000}{550} > V$$

$$V_{wp,Rd} = 1402409,50 \text{ N}$$

$$V_{wp,Rd} = 1402,41 \text{ kN} > 1576,673 \text{ kN}$$

Neplatí

přídavné příložky jsou potřeba

přidáme příložky P5 délky 298mm

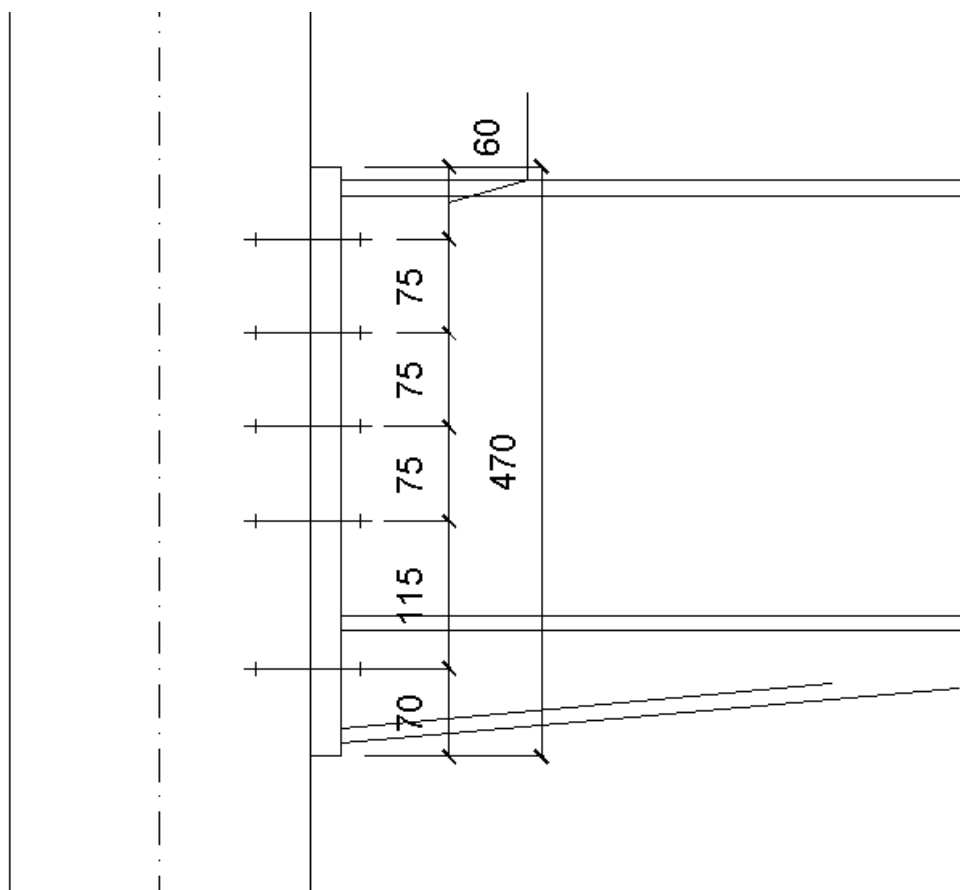
$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times (6\,998 + 2 \times 5 \times 298) \times 355}{\sqrt{3} \times 1,0} + \frac{4 \times 1799850}{550} > V$$

$$V_{wp,Rd} = 1952110,46 \text{ N}$$

$$V_{wp,Rd} = 1952,11 \text{ kN} > 1420,4 \text{ kN}$$

Výhová

2.10.4 Montovaný přípoj průvlaku krajní vazby kancelářská plocha



Sloup HEB 240, přičle IPE360+90 $f_y = 355 \text{ MPa}$, $f_u = 490 \text{ MPa}$

Mezní stav únosnosti

$$R_{Ed} = 181,13 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,p} = 396,81 \text{ kNm}$$

Síly zjištěny viz. str. 76

Odhadem:

výztuha stojiny sloupu $t = t_{f,příčle} = 15 \text{ mm}$

výztuha čelní desky $t = t_{w,příčle} = 8,0 \text{ mm}$

tloušťka čelní desky $t = t_{f,sloupu} = 17 \text{ mm}$

uvažujeme šrouby M16 8.8

$d = 16 \text{ mm}$ $f_{ub} = 800 \text{ MPA}$ $f_{yb} = 640 \text{ MPa}$

a) Návrh svarů:

plná únosnost průřezu

svar pásnice a čelní desky

$$a_{w,f} \geq \frac{t_f}{2} \times \frac{f_{yd} \times \sqrt{2} \times \beta_w \times \gamma_{M2}}{f_u}$$

$$a_{w,f} \geq \frac{15}{2} \times \frac{355 \times \sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{490}$$

$$a_{w,f} = 7,32 \Rightarrow 8 \text{ mm}$$

svar stojiny a čelní desky

$$a_{w,w} \geq \frac{t_w}{2} \times \frac{f_{yd} \times \sqrt{2} \times \beta_w \times \gamma_{M2}}{f_u}$$

$$a_{w,w} \geq \frac{8,0}{2} \times \frac{355 \times \sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{490}$$

$$a_{w,w} = 4,61 \Rightarrow 5 \text{ mm}$$

stejný svar uvažujeme svar výztuhy

B) Posouzení šroubů

Uvažuje pružné rozdělení sil

$$M_{Rd} = \sum F_i \times r_i \geq M_{Ed} = \sum F_i \times r_i$$

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3} = \frac{F_4}{r_4}$$

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} \quad F_2 = F_1 \times \frac{r_2}{r_1}$$

$$r_1 = 396 \quad mm \quad r_5 = 56 \quad mm$$

$$r_2 = 321 \quad mm$$

$$r_3 = 246 \quad mm$$

$$r_4 = 171 \quad mm$$

$$\frac{F_1}{r_1} + F_1 \times \frac{r_2}{r_1} + F_1 \times \frac{r_3}{r_1} + F_1 \times \frac{r_4}{r_1} + F_1 \times \frac{r_5}{r_1} = M_{Ed}$$

$$F_1 \times \frac{(396 + 321 + 246 + 171 + 56)/1000}{396/1000} = 396,81$$

$$F_1 = 132,05 \text{ kN}$$

Nejvíce zatížený šroub na tah

B₁) únosnost šroubu v tahu

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

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \times 157 \times 10^{-6} \times 800\,000}{1,25} = 90,4 \text{ kN} > \frac{F_1}{2} = \frac{132,05}{2} = 66,02 \text{ kN}$$

B₂) únosnost ve střihu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 \times A_s \times f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 157 \times 10^{-6} \times 800\,000}{1,25} = 60,3 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{181,13}{10} = 18,11 \text{ kN}$$

B₃) únosnost v otláčení

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) \geq \frac{V_{Ed}}{n}$$

$$n = 10$$

$$F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN viz. výše}$$

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

$$a_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \times d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) \quad k_1 = \min\left(2,8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$a_b = \min\left(\frac{35}{3 \times 18}; \frac{800}{490}; 1,0\right) \quad k_1 = \min\left(2,8 \times \frac{25}{18} - 1,7; 2,5\right)$$

$$a_b = \min(0,648; 1,63; 1,0) \quad k_1 = \min(2,189; 2,5)$$

$$a_b = 0,648 \quad k_1 = 2,189$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,189 \times 0,648 \times 16 \times 17 \times 490}{1,25} = 240209,72 \text{ N}$$

$$F_{b,Rd} = 240,21 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(60,3 \text{ kN}; 240,21 \text{ kN})$$

$$F_{Rd} = 60,30 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{181,13}{10} = 18,11 \text{ kN}$$

B₄) kombinace tah + stříh

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{18,11}{60,3} + \frac{65,89}{1,4 \times 90,4} \leq 1$$

$$0,822 < 1$$

C) posouzení pásnice
náhradní T průřez

C₁) plastifikace pásnice

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,Rd}^1}{m}$$

$$e = 60 \text{ mm}$$

$$m = 45 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times l_{eff,1} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

řada šroubů působí samostatně, sousedící s výztuhou

$$l_{eff,1a} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$$

$$l_{eff,nc} = \alpha \times m$$

$\alpha = \text{viz. zjištění z tab. ČSN EN 1993 - 1 - 8}$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{45}{45 + 60} = 0,43$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{(m + e)}$$

$$m_2 = e - 0,8 \times a_{w,f} \times \sqrt{2} = 60 - 0,8 \times 8 \times \sqrt{2} = 50,95 \text{ mm}$$

$$\lambda_2 = \frac{50,95}{45 + 60} = 0,49$$

$$\alpha = 6,15$$

viz.obr.6.11 ČSN EN 1993-1-8

$$l_{eff,nc} = \alpha \times m = 6,15 \times 45 = 276,75 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 45 = 283,5 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1a} = \min(276,75 \text{ mm}; 283,5 \text{ mm})$$

$$l_{eff,1a} = 276,75 \text{ mm}$$

řada šroubů působící jako skupina, sousedící s výztuhou

$$l_{eff,1b} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times p + \alpha \times m - (2 \times m + 0,625 \times e)$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times 75 + 6,15 \times 45 - (2 \times 45 + 0,625 \times 60)$$

$$l_{eff,nc} = 186,75 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = \pi \times m + p = \pi \times 45 + 75 = 216,3 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1b} = \min(186,75; 216,3)$$

$$l_{eff,1b} = 186,75 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1b} < l_{eff,1a}$$

$$l_{eff,1} = 186,75 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times l_{eff,1} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times 186,75 \times 17^2 \times \frac{355}{1,0} = 4,79E+06 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 4,79 \text{ kNm}$$

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,Rd}^1}{m}$$

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times 4,79}{0,045} = 425,769 \text{ kN}$$

C₂) přetržení šroubů + plastifikace pásnice

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

$$M_{pl,Rd}^2 = 0,25 \times l_{eff,2} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$l_{eff,2} = \min(l_{eff,nca}; l_{eff,ncb}) = \min(276,75; 186,75)$$

$$M_{pl,Rd}^2 = 0,25 \times 186,75 \times 17^2 \times \frac{355}{1,0} = 4,79E+06 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd}^2 = 4,79 \text{ kNm}$$

$$n = \min(e_{min}; 1,25 \times m)$$

$$n = \min(40; 56,25)$$

$$n = 40 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd}^2 = \frac{2 \times 4,79 + 0,04 \times 2 \times 90,4}{0,045 + 0,04} = 197,79 \text{ kN}$$

C₃) porušení šroubů

$$F_{t,Rd}^3 = \sum F_{t,Rd} = 2 \times F_{t,Rd} = 2 \times 90,4 = 180,8 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd,p} = \min(F_{t,Rd}^1; F_{t,Rd}^2; F_{t,Rd}^3)$$

$$F_{t,Rd,p} = \min(425,77 \text{ kN}; 197,79 \text{ kN}; 180,8 \text{ kN})$$

$$F_{t,Rd,p} = 180,80 \text{ kN} > F_1 = 132,05 \text{ kN}$$

viz. největší síla v šroubu

... Vyhoví

D) posouzení pásnice v tlaku

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{Rd}}{h - t_f}$$

Viz. ČSN EN 1993-1-8

Kde:

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \times f_y = 1\,497 \times 10^3 \times 355 = 531\,435 \text{ Nmm}$$

$$M_{Rd} = 531,435 \text{ kNm}$$

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{Rd}}{h - t_f} = \frac{531,435}{0,45 - 0,0127} = 1\,215,26 \text{ kN}$$

$$F_{c,fb,Rd} = 1\,215,26 \text{ kN} > \sum F_{T,Rd} = 10 \times 90,3 = 903 \text{ kN}$$

Panel stěny sloupu ve smyku
kontrola štíhlosti

$$\frac{d_c}{t_w} < 69 \times \varepsilon$$

Kde:

d_c je výška stojiny sloupu

t_w je tloušťka stojiny sloupu

$$\frac{164}{10} < 69 \times \sqrt{\frac{355}{355}}$$

$$16,4 < 69 \quad \dots \text{platí}$$

$$M = 396,81 \text{ kNm}$$

$$\frac{\Delta M}{h} = V$$

$$\frac{395,8}{0,45} = 881,80 \text{ kN}$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times A_{vc} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} + \frac{4 \times M_{pl,t,c,Rd}}{d_s} > V$$

vzdálenost mezi výztuhami $d_s = 450 \text{ mm}$

$d \dots \text{HEB 240 } d = 344 \text{ mm}$

$$M_{pl,f,c,Rd} = W_{pl,f,c} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$W_{pl,f,c} = \frac{1}{4} \times b \times t_f^2 = \frac{1}{4} \times 240 \times 17^2 = 17\,340,00 \text{ mm}^3$$

$$M_{pl,f,c,Rd} = 17\,340 \times \frac{355}{1,0} = 6,16\text{E}+06 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,f,c,Rd} = 6,16 \text{ kNm}$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times 3\,323 \times 355}{\sqrt{3} \times 1,0} + \frac{4 \times 6\,160\,000}{450} > V$$

$$V_{wp,Rd} = 6,68\text{E}+05 \text{ N}$$

$$V_{wp,Rd} = 667,69 \text{ kN} > 881,80 \text{ kN}$$

Neplatí

přídavné příložky jsou potřeba

přidáme příložky P5 délky 298mm

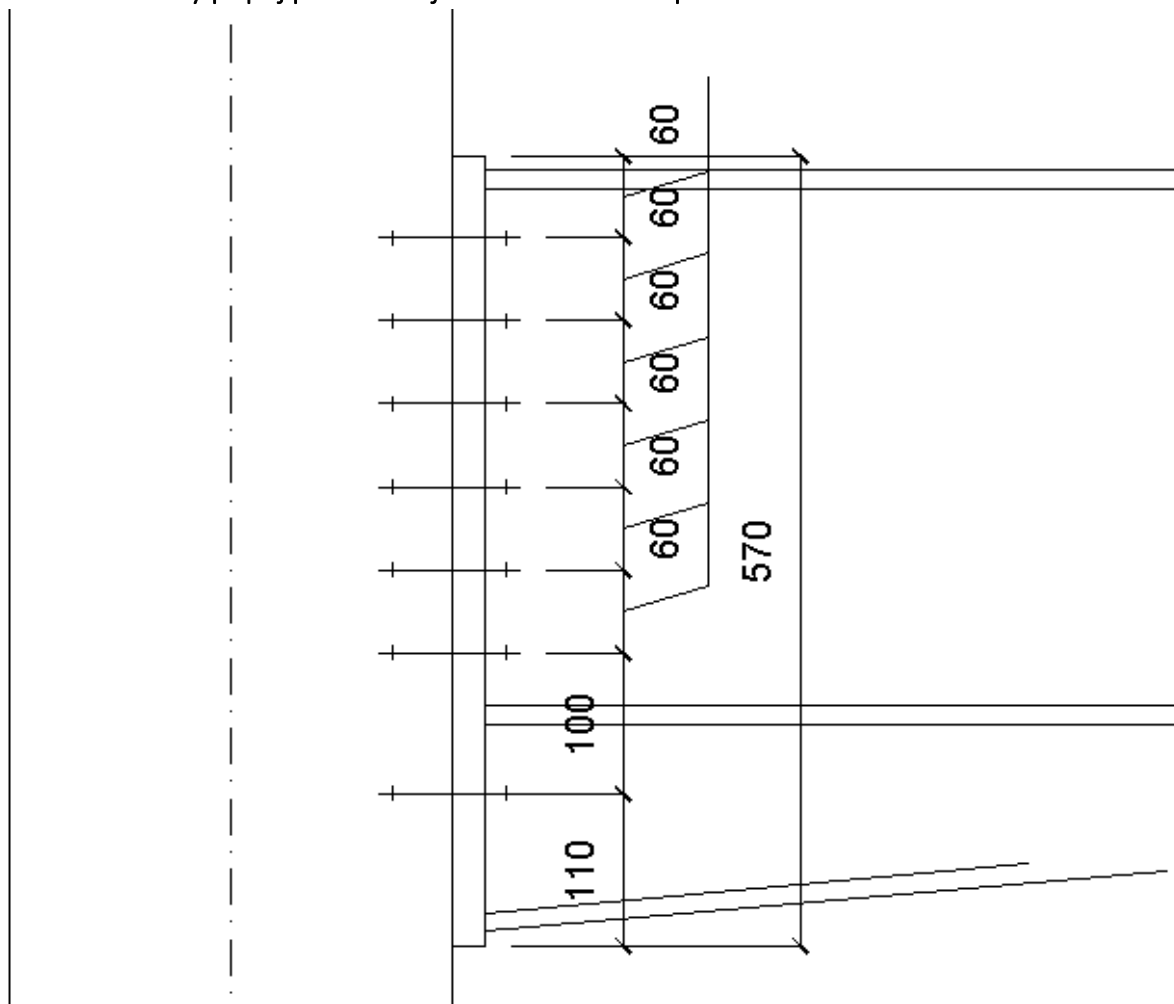
$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times (3\,323 + 2 \times 5 \times 298) \times 355}{\sqrt{3} \times 1,0} + \frac{4 \times 6\,160\,000}{450} > V$$

$$V_{wp,Rd} = 1217390,21 \text{ N}$$

$$V_{wp,Rd} = 1217,39 \text{ kN} > 881,80 \text{ kN}$$

Výhoví

2.10.5 Montovaný přípoj průvlak krajní vazba obchodní plocha



Sloup HEB 320, příčle IPE400+150 $f_y = 355 \text{ MPa}$, $f_u = 490 \text{ MPa}$

Mezní stav únosnosti

$$R_{Ed} = 240,23 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,p} = 540,80 \text{ kNm}$$

Síly zjištěny viz. str. 79

Odhadem:

$$\text{výztuha stojiny sloupu} \quad t = t_{f,\text{příčle}} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{výztuha čelní desky} \quad t = t_{w,\text{příčle}} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{tloušťka čelní desky} \quad t = t_{f,\text{sloupu}} = 20 \text{ mm}$$

uvažujeme šrouby M16 8.8

$$d = 16 \text{ mm} \quad f_{ub} = 800 \text{ MPa} \quad f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

a) Návrh svarů:

plná únosnost průřezu

svar pásnice a čelní desky

$$a_{w,f} \geq \frac{t_f}{2} \times \frac{f_{yd} \times \sqrt{2} \times \beta_w \times \gamma_{M2}}{f_u}$$

$$a_{w,f} \geq \frac{15}{2} \times \frac{355 \times \sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{490}$$

$$a_{w,f} = 4,80 \Rightarrow 5 \text{ mm}$$

svar stojiny a čelní desky

$$a_{w,w} \geq \frac{t_w}{2} \times \frac{f_{yd} \times \sqrt{2} \times \beta_w \times \gamma_{M2}}{f_u}$$

$$a_{w,w} \geq \frac{10}{2} \times \frac{355 \times \sqrt{2} \times 0,9 \times 1,25}{490}$$

$$a_{w,w} = 5,76 \Rightarrow 6 \text{ mm}$$

stejný svar uvažujeme svar výztuhy

B) Posouzení šroubů

Uvažuje pružné rozdělení sil

$$M_{Rd} = \sum F_i \times r_i \geq M_{Ed} = \sum F_i \times r_i$$

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3} = \frac{F_4}{r_4} = \frac{F_5}{r_5} = \frac{F_6}{r_6} = \frac{F_7}{r_7}$$

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} \quad F_2 = F_1 \times \frac{r_2}{r_1}$$

$$r_1 = 494,5 \text{ mm} \quad r_5 = 254,5 \text{ mm}$$

$$r_2 = 434,5 \text{ mm} \quad r_6 = 194,5 \text{ mm}$$

$$r_3 = 374,5 \text{ mm} \quad r_7 = 94,5 \text{ mm}$$

$$r_4 = 314,5 \text{ mm}$$

$$\frac{F_1}{r_1} + F_1 \times \frac{r_2}{r_1} + F_1 \times \frac{r_3}{r_1} + F_1 \times \frac{r_4}{r_1} + F_1 \times \frac{r_5}{r_1} + F_1 \times \frac{r_6}{r_1} + F_1 \times \frac{r_7}{r_1} = M_{Ed}$$

$$F_1 \times \frac{(494,5 + 434,5 + 374,5 + 314,5 + 254,5 + 194,5 + 94,5)/1000}{494,5/1000} = 540,80$$

$$F_1 = 123,72 \text{ kN}$$

Nejvíce zatížený šroub na tah

B₁) únosnost šroubu v tahu

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

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \times 157 \times 10^{-6} \times 800\,000}{1,25} = 90,4 \text{ kN} > \frac{F_1}{2} = \frac{123,72}{2} = 61,86 \text{ kN}$$

B₂) únosnost ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 \times A_s \times f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 157 \times 10^{-6} \times 800\,000}{1,25} = 60,3 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{240,23}{14} = 17,16 \text{ kN}$$

B₃) únosnost v otláčení

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) \geq \frac{V_{Ed}}{n}$$

$$n = 14$$

$$F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN viz. výše}$$

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

$$a_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \times d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) \quad k_1 = \min\left(2,8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

$$a_b = \min\left(\frac{35}{3 \times 18}; \frac{800}{490}; 1,0\right) \quad k_1 = \min\left(2,8 \times \frac{25}{18} - 1,7; 2,5\right)$$

$$a_b = \min(0,648; 1,63; 1,0) \quad k_1 = \min(2,189; 2,5)$$

$$a_b = 0,648 \quad k_1 = 2,189$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,189 \times 0,648 \times 16 \times 20,5 \times 490}{1,25} = 182381,46 \text{ N}$$

$$F_{b,Rd} = 182,38 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(60,3 \text{ kN}; 182,38 \text{ kN})$$

$$F_{Rd} = 60,30 \text{ kN} > \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{243,2}{14} = 17,16 \text{ kN}$$

B₄) kombinace tah + střih

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{17,37}{60,3} + \frac{64,12}{1,4 \times 90,4} \leq 1$$

$$0,773 < 1$$

C) posouzení pásnice
náhradní T průřez

C₁) plastifikace pásnice

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,Rd}^1}{m}$$

$$e = 90 \text{ mm}$$

$$m = 45 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times l_{eff,1} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

řada šroubů působí samostatně, sousedící s výztuhou

$$l_{eff,1a} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$$

$$l_{eff,nc} = \alpha \times m$$

$\alpha = \text{viz. zjištění z tab. ČSN EN 1993 - 1 - 8}$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{45}{45+90} = 0,33$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{(m+e)}$$

$$m_2 = e - 0,8 \times a_{w,f} \times \sqrt{2} = 90 - 0,8 \times 5 \times \sqrt{2} = 84,34 \text{ mm}$$

$$\lambda_2 = \frac{84,34}{45+90} = 0,62$$

$$\alpha = 6,6$$

viz.obr.6.11 ČSN EN 1993-1-8

$$l_{eff,nc} = \alpha \times m = 6,6 \times 45 = 297 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 45 = 283,5 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1a} = \min(297 \text{ mm}; 283,5 \text{ mm})$$

$$l_{eff,1a} = 283,5 \text{ mm}$$

řada šroubů působící jako skupina, sousedící s výztuhou

$$l_{eff,1b} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times p + \alpha \times m - (2 \times m + 0,625 \times e)$$

$$l_{eff,nc} = 0,5 \times 60 + 6,6 \times 45 - (2 \times 45 + 0,625 \times 90)$$

$$l_{eff,nc} = 180,75 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = \pi \times m + p = \pi \times 45 + 60 = 201,3 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1b} = \min(180,75; 201,3)$$

$$l_{eff,1b} = 180,75 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1b} < l_{eff,1a}$$

$$l_{eff,1} = 180,75 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times l_{eff,1} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 0,25 \times 180,75 \times 20,5^2 \times \frac{355}{1,0} = 6,74E+06 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd}^1 = 6,74 \text{ kNm}$$

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,Rd}^1}{m}$$

$$F_{t,1,Rd} = \frac{4 \times 6,74}{0,045} = 599,241 \text{ kN}$$

C₂) přetržení šroubů + plastifikace pásnice

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

$$M_{pl,Rd}^2 = 0,25 \times l_{eff,2} \times t^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$l_{eff,2} = \min(l_{eff,nca}; l_{eff,ncb}) = \min(283,5; 180,75)$$

$$M_{pl,Rd}^2 = 0,25 \times 180,75 \times 20,5^2 \times \frac{355}{1,0} = 6,74E+06 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd}^2 = 6,74 \text{ kNm}$$

$$n = \min(e_{min}; 1,25 \times m)$$

$$n = \min(40; 56,25)$$

$$n = 40 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd}^2 = \frac{2 \times 6,74 + 0,04 \times 2 \times 90,4}{0,045 + 0,04} = 243,71 \text{ kN}$$

C₃) porušení šroubů

$$F_{t,Rd}^3 = \sum F_{t,Rd} = 2 \times F_{t,Rd} = 2 \times 90,4 = 180,8 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd,p} = \min(F_{t,Rd}^1; F_{t,Rd}^2; F_{t,Rd}^3)$$

$$F_{t,Rd,p} = \min(599,241 \text{ kN}; 243,71 \text{ kN}; 180,8 \text{ kN})$$

$$F_{t,Rd,p} = 180,80 \text{ kN} > F_1 = 123,72 \text{ kN}$$

viz. největší síla v šroubu

... Vyhoví

D) posouzení pásnice v tlaku

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{Rd}}{h - t_f}$$

Viz. ČSN EN 1993-1-8

Kde:

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \times f_y = 2144 \times 10^3 \times 355 = 762\,895\,000 \text{ Nmm}$$

$$M_{Rd} = 762,895 \text{ kNm}$$

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{M_{Rd}}{h - t_f} = \frac{762,895}{0,55 - 0,0135} = 1421,985 \text{ kN}$$

$$F_{c,fb,Rd} = 1\,421,985 \text{ kN} > \sum F_{T,Rd} = 14 \times 90,3 = 1\,264,2 \text{ kN}$$

Panel stěny sloupu ve smyku

kontrola štíhlosti

$$\frac{d_c}{t_w} < 69 \times \varepsilon$$

Kde:

d_c je výška stojiny sloupu

t_w je tloušťka stojiny sloupu

$$\frac{225}{20,5} < 69 \times \sqrt{\frac{355}{355}}$$

$$10,975 < 69 \dots \text{platí}$$

$$M = 540,80 \text{ kNm}$$

$$\frac{M}{h} = V$$

$$\frac{560,3}{0,55} = 983,272727 \text{ kN}$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times A_{vc} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} + \frac{4 \times M_{pl,tc,Rd}}{d_s} > V$$

vzdálenost mezi výztuhami $d_s = 550$ mm
 $d \dots HEB 320 d = 275$ mm

$$M_{pl,fc,Rd} = W_{pl,fc} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$W_{pl,fc} = \frac{1}{4} \times b \times t_f^2 = \frac{1}{4} \times 300 \times 20,5^2 = 31\,518,75 \text{ mm}^3$$

$$M_{pl,fc,Rd} = 31\,518,75 \times \frac{355}{1,0} = 1,12E+07 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,fc,Rd} = 11,19 \text{ kNm}$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{0,9 \times 5\,177 \times 355}{\sqrt{3} \times 1,0} + \frac{4 \times 11\,200\,000}{550} > V$$

$$V_{wp,Rd} = 1,04E+06 \text{ N}$$

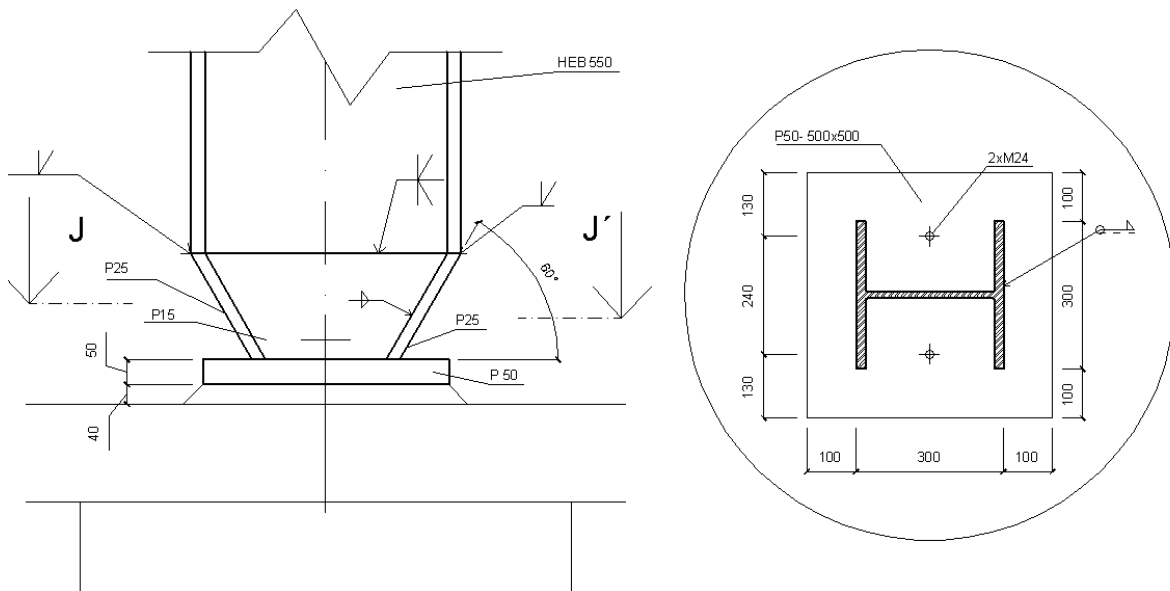
$$V_{wp,Rd} = 1036,34 \text{ kN} > 983,2727 \text{ kN}$$

Platí

přídavné příložky nejsou potřeba

2.11 Posouzení patních plechů

2.11.1 Patní plech pod vnitřním sloupem vyšší budovy



Zúžení provedeno kvůli lepšímu modelu kloubového připojení sloupu

Započitatelné rozměry základů

patní plech P50 500x500

$$a_1 = \min(3 \times a_0; a_0 + h; a_c) \\ \min(3 \times 500; 500 + 2\,500; 1\,000) \\ \min(1\,500; 3\,000; 1\,000) \\ a_1 = 1\,000 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(3 \times b_0; b_0 + h; b_c) \\ \min(3 \times 500; 500 + 2\,500; 1\,000) \\ \min(1\,500; 3\,000; 1\,000) \\ b_1 = 1\,000 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \times b_1}{a_0 \times b_0}} = \sqrt{\frac{1\,000 \times 1\,000}{500 \times 500}} = 2,00$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \times k_j \times f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \times \frac{2,00 \times 30}{1,5} = 26,67 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky

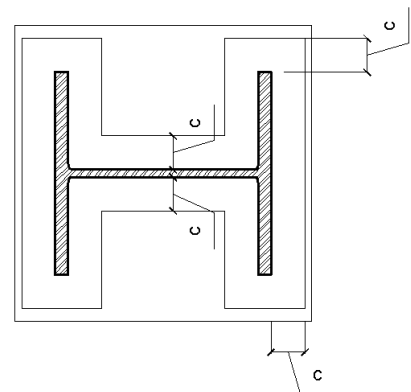
$$c = t_p \times \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \times f_{jd}}} = 50 \times \sqrt{\frac{355}{3 \times 26,67}} = 105,3 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 2 \times (500 \times (100 + 25 + 100)) \\ + (105,3 + 15,0 + 105,3) \times (300 - 2 \times (25,0 + 105,3)) = \\ A_{eff} = 233\,888,64 \text{ mm}^2$$

Únosnost patky

$$N_{Rd} = A_{eff} \times f_{jd} = 233\,888 \times 30,31 = 6,24\text{E}+06 \text{ N}$$

$$N_{Rd} = 6,24\text{E}+03 \text{ kN} < N_{Ed} = 5898,1 \text{ kN}$$



1. Stálé	Plocha [m ²]/délka [m]	objemová tíha [kN/m ³]	Charakteristické [kN]	γ_f		Návrhové [kN]
ocelový plech	55,675	78,50	4,37	1,35		5,9
beton*	55,675	25,00	152,22	1,35		205,5
tíha stropnic	25,5 m		0,6*25,5=15,3	1,35		20,66
tíha průvlaku	6,55 m		1,1*6,55=7,21	1,35		9,73
nášlapná vrstva	55,675	1,2	66,81	1,35		90,19
podhled	55,675	0,15	8,35	1,35		11,27
tíha sloupu	3,7 m	1,7	3,7*1,7=6,29	1,35		8,50
		$\Sigma =$	260,55		$G_d =$	351,74
2. Užité						
Kategorie B	56,675	$Q_{k2} =$	2,5*56,675= 141,69	1,50	$Q_{d2} =$	212,54
Kategorie D2	56,675	$Q_{k1} =$	5,0*56,675= 283,38	1,50	$Q_{d1} =$	425,07

*Zatížení od betonu zjištěno dle podkladš ArcelorMittal viz. přílohy

Konstrukci střechy uvažujeme stejnou jako konstrukci podlaží

Dále využijeme redukční součinitel α_n s ohledem na počet stropů n

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2) \times \psi_0}{n}; \psi_0 = 0,7; n = 3 \text{ pro D2}; n = 6 \text{ pro B}$$

$$\alpha_{n1} = \frac{2 + (3 - 2) \times 0,7}{3} = 0,9$$

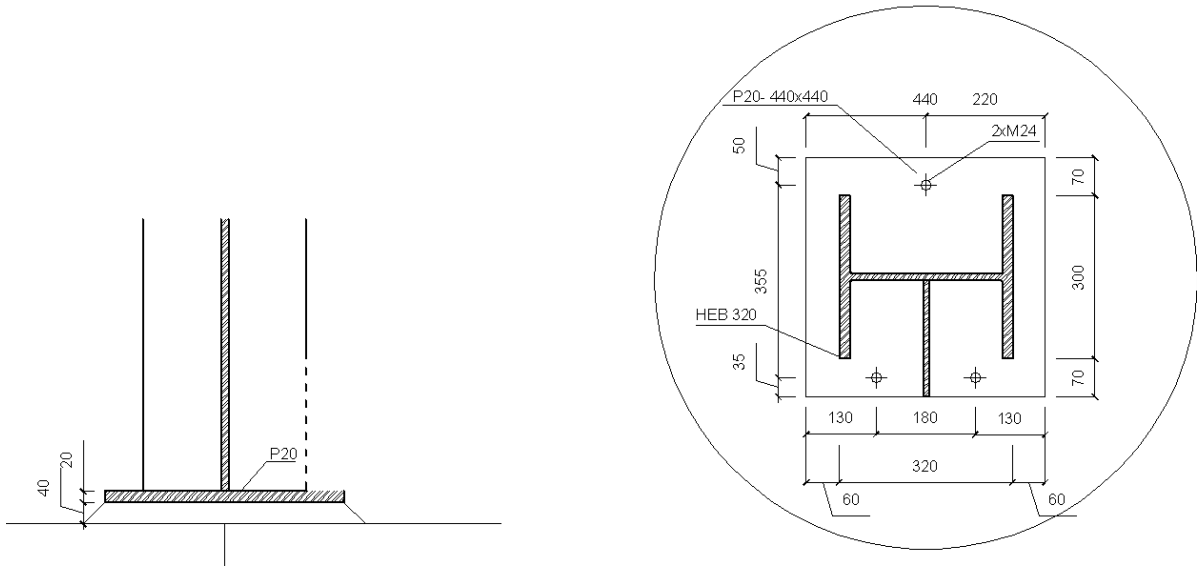
$$\alpha_{n2} = \frac{2 + (6 - 2) \times 0,7}{6} = 0,8$$

$$N_{Ed} = (G_d \times 10 + Q_{d1} \times \alpha_{n1} \times 3 + Q_{d2} \times \alpha_{n2} \times 6 + Q_{d2}) =$$

$$N_{Ed} = (351,74 \times 10 + 425,17 \times 0,9 \times 3 + 212,54 \times 0,8 \times 6 + 212,54) =$$

$$N_{Ed} = 5898,1 \text{ kN}$$

2.11.2 Patní plech pod krajním sloupem vyšší budovy



Započítatelné rozměry základů

patní plech P20 440x440

$$a_1 = \min(3 \times a_0; a_0 + h; a_c) \\ \min(3 \times 440; 440 + 2\,500; 1\,000) \\ \min(1\,320; 2\,940; 2\,700) \\ a_1 = 1\,000 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(3 \times b_0; b_0 + h; b_c) \\ \min(3 \times 440; 440 + 2\,500; 1\,000) \\ \min(1\,320; 2\,940; 1\,000) \\ b_1 = 1\,000 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

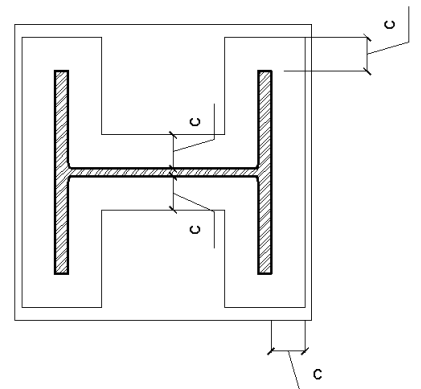
$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \times b_1}{a_0 \times b_0}} = \sqrt{\frac{1\,000 \times 1\,000}{440 \times 440}} = 2,27$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \times k_j \times f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \times \frac{2,27 \times 30}{1,5} = 30,31 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky

$$c = t_p \times \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \times f_{jd}}} = 20 \times \sqrt{\frac{355}{3 \times 30,31}} = 39,5 \text{ mm}$$



$$A_{eff} = 2 \times (379 \times (39,5 + 19,0 + 39,5)) + (39,5 + 11,0 + 39,5) \times (300 - 2 \times (19,0 + 39,5)) =$$

$$A_{eff} = 9,08E+04 \text{ mm}^2$$

Únosnost patky

$$N_{Rd} = A_{eff} \times f_{jd} = 90\,800 \times 30,31 = 2,75E+06 \text{ N}$$

$$N_{Rd} = 2,75E+03 \text{ kN} < N_{Ed} = 1866 \text{ kN}$$

1. Stálé	Plocha [m ²]/délka [m]	objemová tíha [kN/m ³]	Charakteristické [kN]	γ_f		Návrhové [kN]
ocelový plech	16,8	78,50	1,32	1,35		1,8
beton*	16,8	25,00	45,9	1,35		61,9
tíha stropnic	12,75 m		0,6*12,75=7,65	1,35		10,32
tíha průvlastku	2,05 m		1,1*2,05=2,26	1,35		3,05
nášlapná vrstva	16,8	1,2	20,05	1,35		27,07
podhled	16,8	0,15	2,52	1,35		3,4
tíha sloupu	3,7 m	1,7	3,7*1,7=6,29	1,35		8,50
		$\Sigma =$	260,55		$G_d =$	116,04
2. Užité						
Kategorie B	16,8	$Q_{k2} =$	2,5*16,8=42	1,50	$Q_{d2} =$	63
Kategorie D2	16,8	$Q_{k1} =$	5,0*16,8=84	1,50	$Q_{d1} =$	126

$$N_{Ed} = (G_d \times 7 + Q_{d1} \times 1 + Q_{d2} \times \alpha_{n2} \times 6 + Q_{d2}) =$$

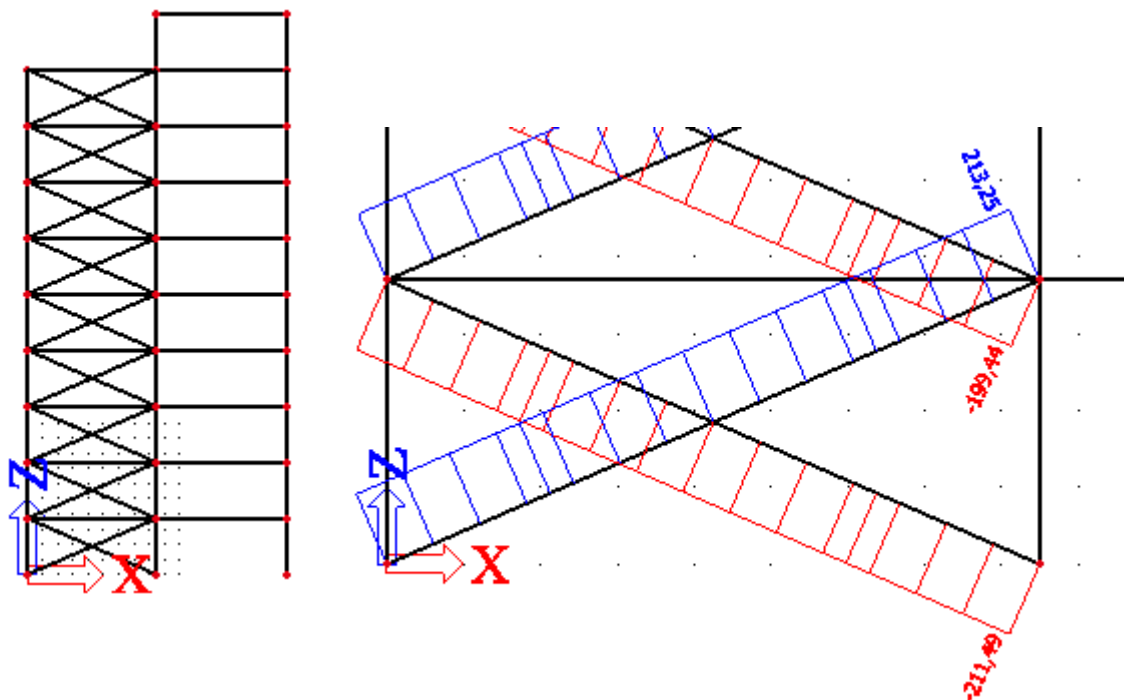
$$N_{Ed} = (116,04 \times 10 + 126 \times 0,9 \times 3 + 63 \times 0,8 \times 6 + 63) =$$

$$N_{Ed} = 1866 \text{ kN}$$

2.12 Ztužení

Navrhuji a posuzuji pouze stěnová ztužidla podélná. Příčné ztužení je zajištěno vnitřním rámem.

Model a průběh vnitřních sil



Kritické síly vznikly při kombinaci dominantního větru podélného. Imperfekce započítány viz. str. 42

max. tlak= 211,49 kN

max. tah= 213,25 kN

$$L_{cr,z} = \frac{9,27}{2} = 4,64 \text{ m}$$

$$L_{cr,y} = 4,635 \times 0,9 = 4,17 \text{ m}$$

rozhoduje $L_{cr,z}$

Návrh profilu

$$A_{min} = \frac{N_{Ed}}{0,3 \times f_{yd}} = \frac{211,49}{0,3 \times 355 \times 10^3} = 0,0020 \text{ m}^2$$

Volba profilu

TR 114x6,3

$$A = 2\,132,00 \text{ mm}^2 \quad I = 3,10\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

$$i = 38,10 \text{ mm}$$

tvarované za studena, vzpěrnostní křivka c

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}^2}} = \sqrt{\frac{2132 \times 355}{\pi^2 \times 210 \times 10^3 \times 310 \times 10^4}} = 1,59$$

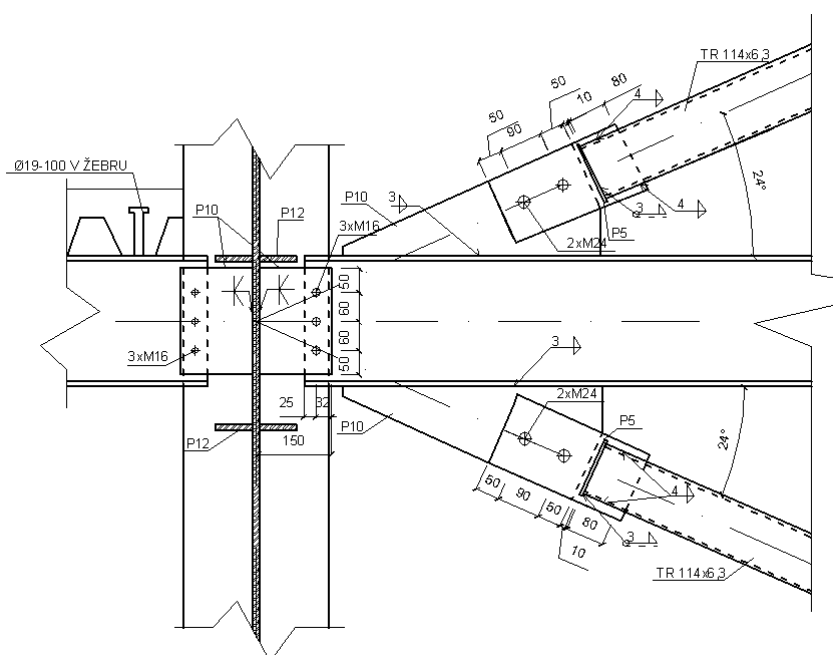
$$\Rightarrow \chi = 0,29$$

$$N_{bRd} = \chi \times A \times f_{yd} = 1,68 \times 2013 \times 355 = 217\,218,82 \text{ N}$$

$$N_{bRd} = 217,22 \text{ kN} > N_{ed} = 211,49 \text{ kN}$$

Profil vyhoví

Návrh přípoje



2xM24 8,8

$$F_{v,Rd} = 135,60 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 141,12 \text{ kN}$$

Při běžných roztečích a tloušce plechu 10 mm, S355

Posouzení

$$2 \times F_{v,Rd} > N_{Ed}$$

$$271,20 > 213,25$$

vyhoví

průřez trubky oslabený otvory

Plocha oslabeného profilu

$$A_{net} = 2136 - 2 \times 6,3 \times 26 = 1\,804,40 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{(0,9 \times A_{net} \times f_u)}{\gamma_{M2}} = \frac{(0,9 \times 1804,4 \times 490)}{1,25} = 636\,592,32 \text{ N}$$

$$N_{u,Rd} = 636,59 \text{ kN} > N_{Ed} = 213,25 \text{ kN}$$

Přípoj v oslabení vyhoví

Přípoj na tah vyhoví

Posouzení svaru- styčnickového plechu a stojiny

návrh 2x koutový svar

$$a = 3,00 \text{ mm}$$

$$L_{we} = 535,00 \text{ mm}$$

Rozdělení normálové síly

$$F_{Hd} = N_{Ed} \times \cos \alpha = 211,49 \times \cos 23,52^\circ = 193,96 \text{ kN}$$

$$F_{Vd} = N_{Ed} \times \sin \alpha = 211,49 \times \sin 23,52^\circ = 84,30 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Hd}}{2 \times a \times L_{we}} = \frac{193,96}{2 \times 0,003 \times 0,535} = 60\,424,26 \text{ kPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 60,42 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \left(\frac{F_{Vd}}{2 \times a \times L_{we}} + \frac{F_{Vd} \times e}{W_{we}} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{84\,300}{2 \times 3 \times 535} + \frac{84\,300 \times 170}{2 \times \frac{1}{6} \times 3 \times 535^2} =$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 53,98 \text{ MPa}$$

kde W_{we} je modul svaru

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

$$\sqrt{53,98^2 + 3 \times (53,98^2 + 60,42^2)} = 150,35 \text{ MPa}$$

$$< \frac{490}{0,9 \times 1,25} = 435,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 53,98 \text{ MPa} < \frac{0,9 \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 490}{1,25} = 352,80 \text{ MPa}$$

svar vyhoví

Posouzení svaru-styčnickového plechu a profilu trubky
4xkoutový svar

$$a = 4,00 \quad \text{mm}$$

$$L_{we} = 80,00 \quad \text{mm}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{4 \times a \times L_{we}} = \frac{211,49 \times 10^3}{4 \times 4 \times 80} = 165,23 \text{ MPa}$$

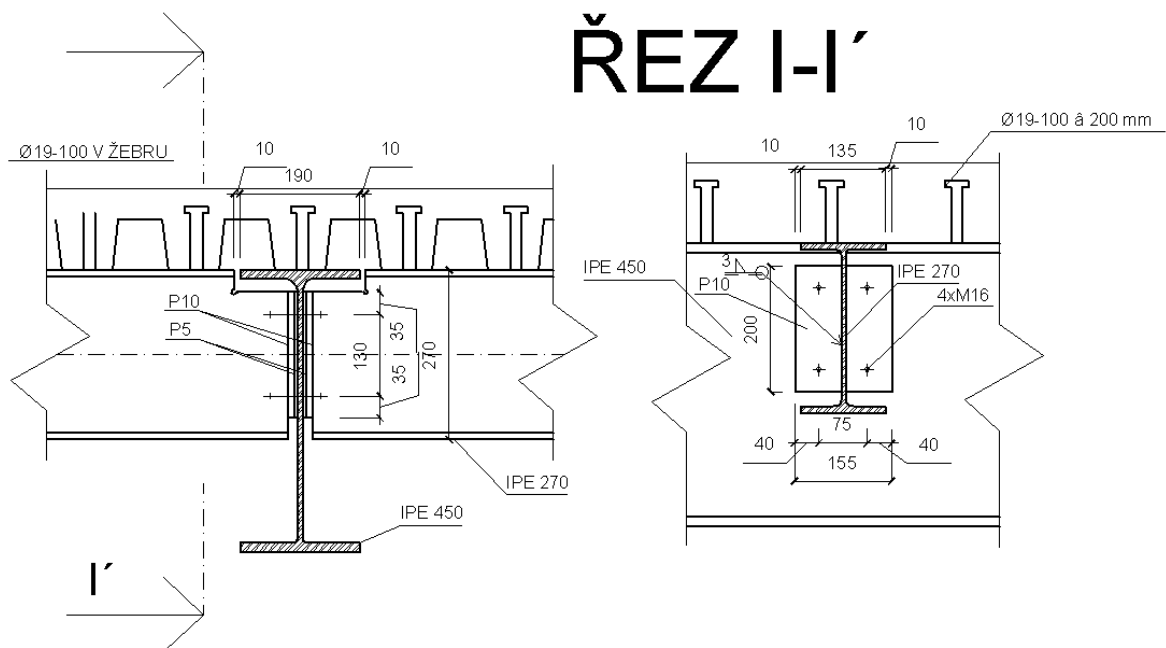
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3 \times (165,23^2)} = 286,18 \text{ MPa} < \frac{490}{0,9 \times 1,25} = 435,56 \text{ MPa}$$

Přípoj vyhoví
Stěnové ztužidlo vyhoví

2.13 Přípoj stropnice na průvlak

2.13.1 Obchodní prostory



profil v obchodní oblasti je IPE 450, profil stropnice IPE 270

Reakce ze stropnice

$$F_{Ed} = 136,72 \text{ kN}$$

Síla viz. str. 37

M16 8,8

$$F_{v,Rd} = 60,30 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 89,23 \text{ kN}$$

pro $t=10\text{mm}$, doporučené rozteče S355

počet šroubů

střih

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{136,72}{60,30} = 2,27$$

otlačení

a) čelní deska tloušťky 10mm zatížená 1stropnicí

b) stojina průvlaku zatížená 2 stropnicemi

b) rozhoduje

$$\frac{F_{Ed} + F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{136,72 + 136,72}{89,23 \times 1,46} = 2,10$$

Návrh 4x M16 8,8

Návrh svaru: koutový svar

$$a = 3,00 \text{ mm}$$

$$L_{we} = 135,00 \text{ mm}$$

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{490}{\sqrt{3} \times 0,9 \times 1,25} = 251,47 \text{ MPa}$$

únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 2 \times a \times L_{we} \times f_{vw,d} = 2 \times 3 \times 135 \times 251,47 = 203\,689,17 \text{ N}$$

$$F_{w,Rd} = 203,69 \text{ kN} > F_{Ed} = 136,72 \text{ kN}$$

Smyková únosnost oslabené stojiny

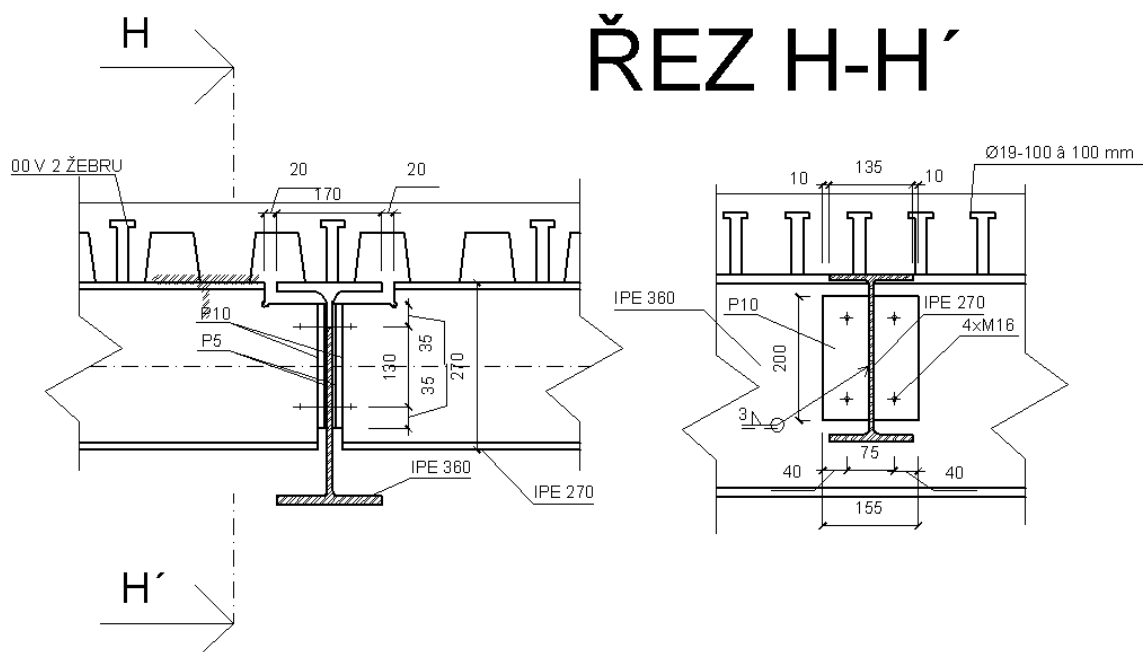
$$A_{vz} = t_w \times L_{we} = 7,1 \times 135 = 958,50 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \times f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{958,5 \times 355}{\sqrt{3}} = 196\,453,53 \text{ N}$$

$$V_{pl,Rd} = 196,45 \text{ kN} > F_{Ed} = 136,72 \text{ kN}$$

Navržený přípoj vyhoví

2.13.2 Kancelářské prostory



profil v kancelářské oblasti je IPE 360, profil stropnice IPE 270

Reakce ze stropnice

$$F_{Ed} = 100,84 \text{ kN}$$

Síla viz. str. 30

M16 8,8

$$F_{v,Rd} = 60,30 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 89,23 \text{ kN}$$

pro $t=10\text{mm}$, doporučené rozteče S355

počet šroubů
střih

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{106,79}{60,30} = 1,67$$

otlačení

- a) čelní deska tloušťky 10mm zatížená 1stropnicí
- b) stojina průvlaku zatížená 2 stropnicemi

b) rozhoduje

$$\frac{F_{Ed} + F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{106,79 + 106,79}{89,23 \times 0,8} = 2,83$$

Návrh 4x M16 8,8

Návrh svaru: koutový svar

$$a = 3,00 \quad \text{mm}$$

$$L_{we} = 135,00 \quad \text{mm}$$

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{490}{\sqrt{3} \times 0,9 \times 1,25} = 251,47 \text{ MPa}$$

únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 2 \times a \times L_{we} \times f_{vw,d} = 2 \times 3 \times 135 \times 251,47 = 203\,689,17 \text{ N}$$

$$F_{w,Rd} = 203,69 \text{ kN} > F_{Ed} = 100,84 \text{ kN}$$

Smyková únosnost oslabené stojiny

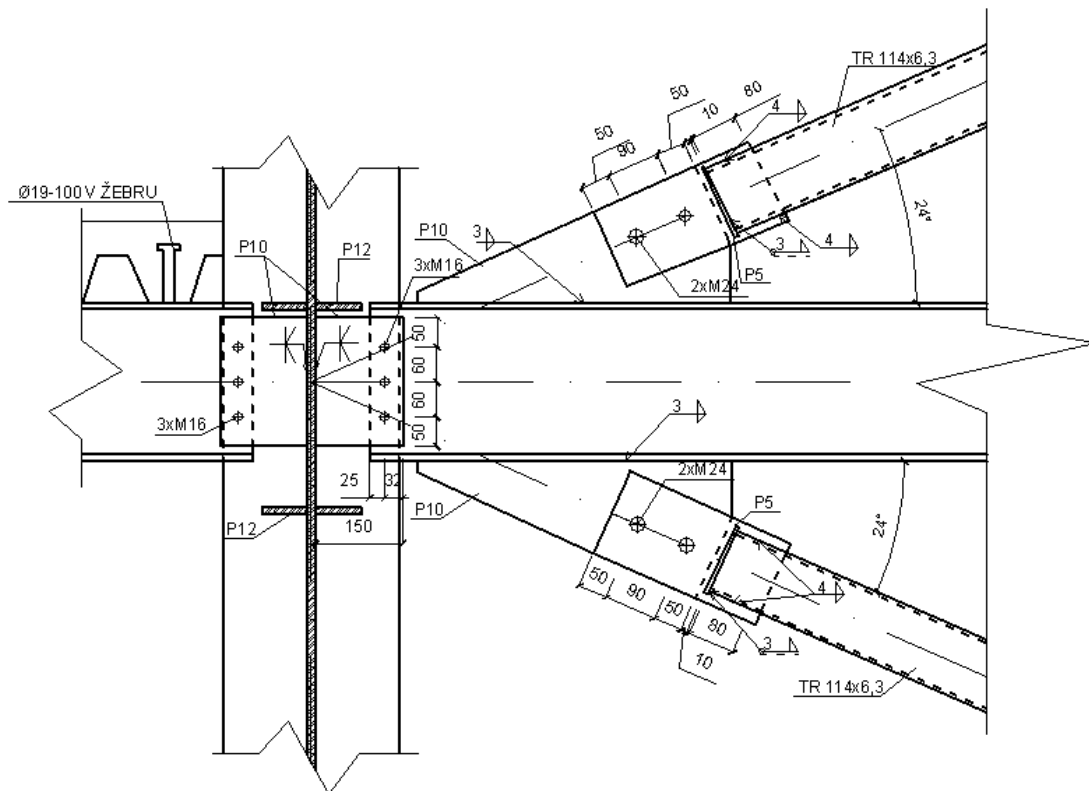
$$A_{vz} = t_w \times L_{we} = 7,1 \times 135 = 958,50 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \times f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{958,5 \times 355}{\sqrt{3}} = 196\,453,53 \text{ N}$$

$$V_{pl,Rd} = 196,45 \text{ kN} > F_{Ed} = 100,84 \text{ kN}$$

Navržený přípoj vyhoví

2.14 Přípoj stropnice ztužidlové vazby



	tloušťka [mm]	objemová tíha [kN/m ³]	Charakt. [kN/m]	γ_f	Návrh. [kN/m]
1. Stálé					
ocelový plech	1,00	78,50	0,08	1,35	0,11
beton*	59,00	25,00	2,80	1,35	3,78
tíha nosníku			0,42	1,35	0,57
nášlapná vrstva	1,2x1,025		1,23	1,35	1,66
podhled	0,15x1,025		0,15	1,35	0,21
			$g_k = 4,69$	1,35	$g_d = 6,33$
Zatěžovací šířka					
	b=	1,025 [m]			
2. Užité					
Kategorie D2	5,00x1,025		$q_k = 5,13$	1,50	$q_d = 7,69$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \times f \times L = \frac{1}{2} \times 32,17 \times 8,5 = 59,56 \text{ kN}$$

síly od ztužidel

$$N_{1,Ed} = 213,25 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = 199,44 \text{ kN}$$

Síly od ztužidel viz. str. 140

smykové síly od sil ze ztužidel

$$F_{1,Ed} = N_{1,Ed} \times \sin 23,52^\circ = 213,25 \times \sin 23,52^\circ = 85,00 \text{ kN}$$

$$F_{2,Ed} = N_{2,Ed} \times \sin 23,52^\circ = 199,44 \times \sin 23,52^\circ = 79,50 \text{ kN}$$

Návrh šroubů: M16 8,8

smyková rovina prochází dříkem

$$F_{v,Rd} = 77,20 \text{ kN}$$

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

kde

$$k_1 = \min\left(2,8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \times \frac{25}{18} - 1,7; 2,5\right) = \min(2,189; 2,5) = 2,189$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \times d_0}; \frac{p_1}{3 \times d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(\frac{50}{3 \times 18}; \frac{60}{3 \times 18} - \frac{1}{4}; \frac{800}{490}; 1,0\right) =$$
$$= \min(0,926; 0,861; 1,632; 1,0) = 0,926$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,189 \times 0,926 \times 490 \times 16 \times 10}{1,25} = 127\,134,32 \text{ N}$$

$$F_{b,Rd} = 127,13 \text{ kN}$$

potřebný počet šroubů

střih

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{59,56 + 85,00 + 79,50}{77,2} = 2,90$$

otlačení

čelní deska 10mm zatížení jednou stropnicí

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{59,56 + 85,00 + 79,50}{127,13 \times 1} = 1,76$$

stojina stropnice v otlačení

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{59,56 + 85,00 + 79,50}{127,13 \times 0,66} = 2,67$$

Návrh 3x M16 8,8

Návrh svaru: svar navrhujeme na plnou únosnot desky
tupý svar

$$A_{vz} = l \times t = 220 \times 10 = 2\,200,00$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \times f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{2\,200 \times 355}{\sqrt{3}} = 450\,910,56 \text{ N}$$

$$V_{pl,Rd} = 450,9 \text{ kN} \quad \text{kN} > F_{Ed} = (59,56 + 85,00 + 79,50) = 224,06 \text{ kN}$$

Smyková únosnost oslabené stojiny

$$A_{vz} = d \times t_w - 3 \times d_0 \times t_w = 6,6 \times 190 = 1\,095,60 \quad \text{mm}^2$$

nezapočítáváme náběhy na pásnice konzervativní

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \times f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{1\,095,6 \times 355}{\sqrt{3}} = 224\,553,46 \text{ N}$$

$$V_{pl,Rd} = 224,55 \text{ kN} > F_{Ed} = 224,06 \text{ kN}$$

Únosnost desky v ohybu

od excentricity šroubů vzniká ohybový moment

$$e = 118,00 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = F_{Ed} \times e = 224,06 \times 0,118 = 26,44 \text{ kNm}$$

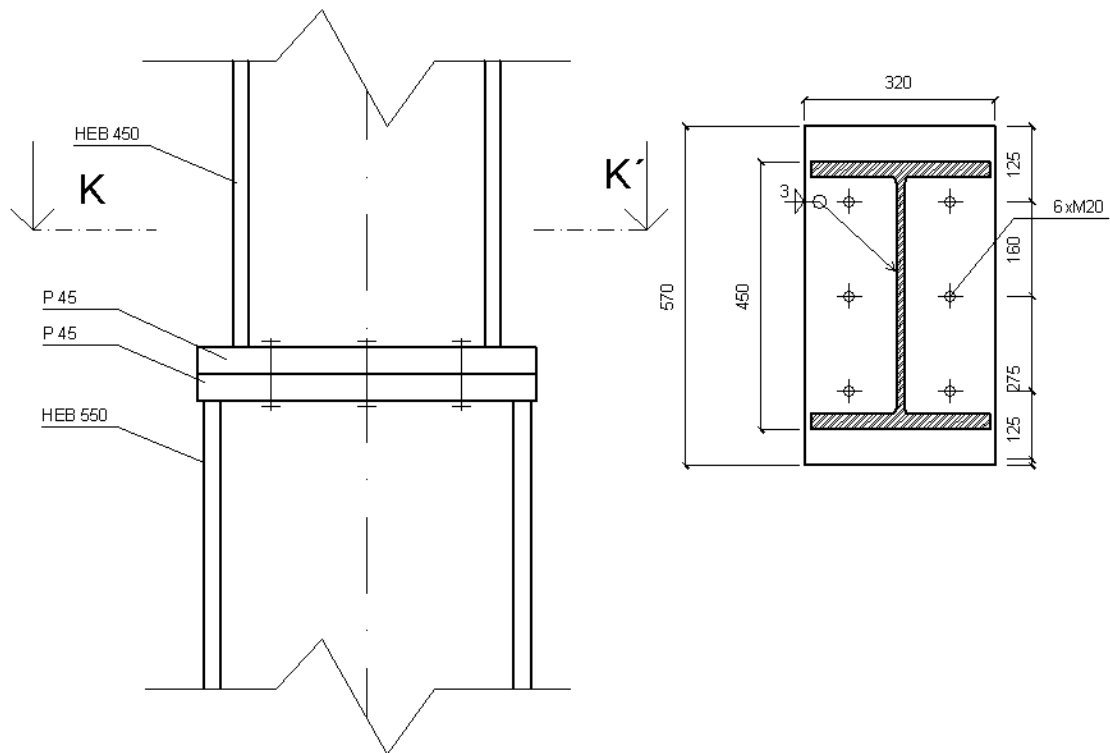
$$W_{pl,y} = \frac{1}{4} \times t \times l^2 = \frac{1}{4} \times 10 \times 220^2 = 121\,000,00 \text{ mm}^3$$

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \times f_y = 121\,000 \times 10^{-9} \times 355\,000 = 42,96 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 26,44 \text{ kNm} < M_{Rd} = 42,96 \text{ kNm}$$

Navržený přípoj vyhoví

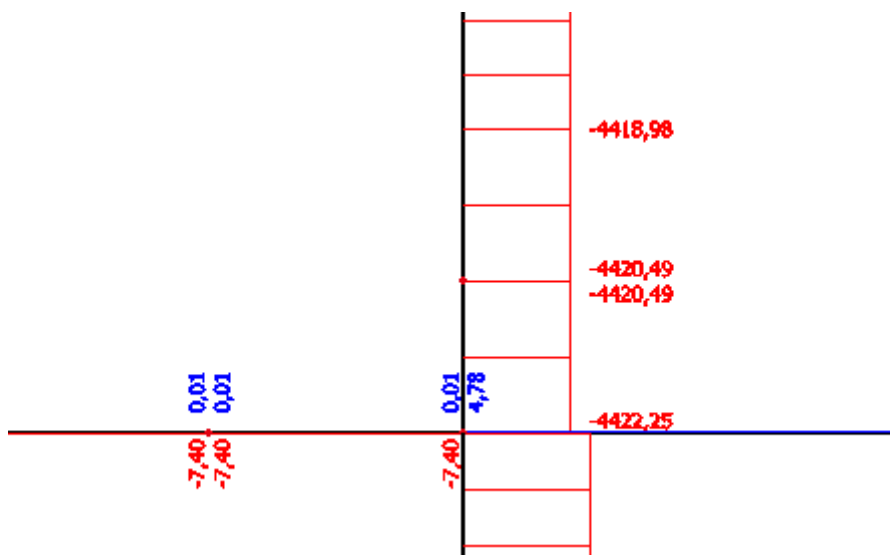
2.15 Přípoj sloup-sloup



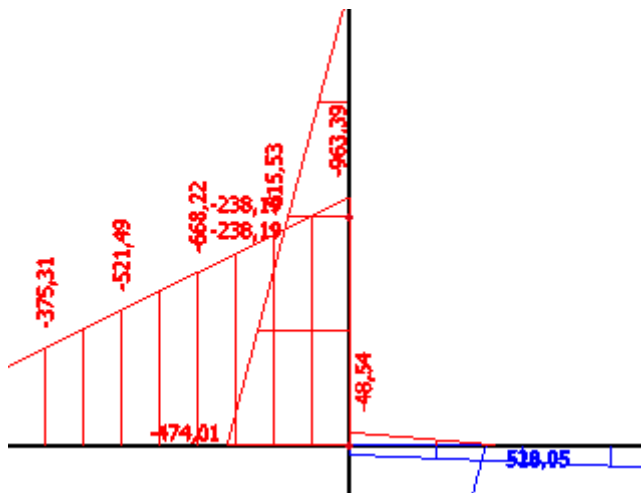
$$M_{Ed} = 238,19 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 4\,420,50 \text{ kN}$$

Průběh normálových sil



Průběh ohybových momentů



Síly zjištěny při mezním stavu únosnosti kombinace plně dominantní užitého zatížení

Posouzení zda je prvek tlačný

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} < \frac{d}{2}$$

$$e = \frac{238,19}{4\,420,5} = 0,054 \text{ m} < \frac{d}{2} = \frac{0,344}{2} = 0,172 \text{ m}$$

kde d HEB 450:

$$d = 0,344 \text{ m}$$

Celý profil je tlačný

Třecí síla

$$F_t = 0,2 \times N_{Ed} = 0,2 \times 4\,420,5 = 884,10 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 262,02 \text{ kN} < F_t = 884,10 \text{ kN}$$

Spoj uvažuji jako prostý nosník

$$L = 520,00 \text{ mm}$$

Síly působí v ose pásnice menšího profilu

$$l_1 = 50,00 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{2} \times l_1 =$$

$$M_{Ed} = \frac{4420,5}{2} \times 0,05 = 110,51 \text{ kNm}$$

$$W_{pl,y} = 2 \times \left(\frac{1}{4} \times 320 \times 45^2 \right) = 324\,000 \text{ mm}^3$$

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \times f_y = 324\,000 \times 10^{-6} \times 355 = 115,02 \text{ kNm}$$

kde:

šířka plechu je 320 mm

tloušťka plechu je 45 mm

Spoj vyhoví

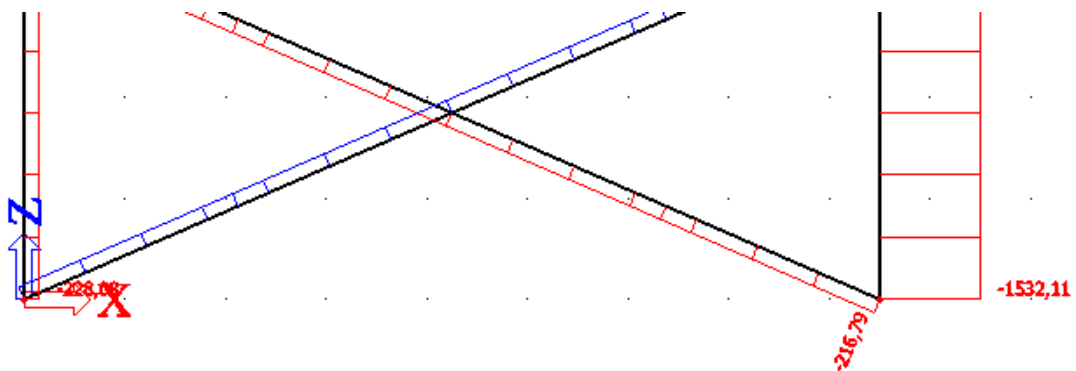
2.16 Tah ve sloupu

Ověření, že nedochází k tahu v nejméně přitíženém sloupu (krajní v krajní vazbě)

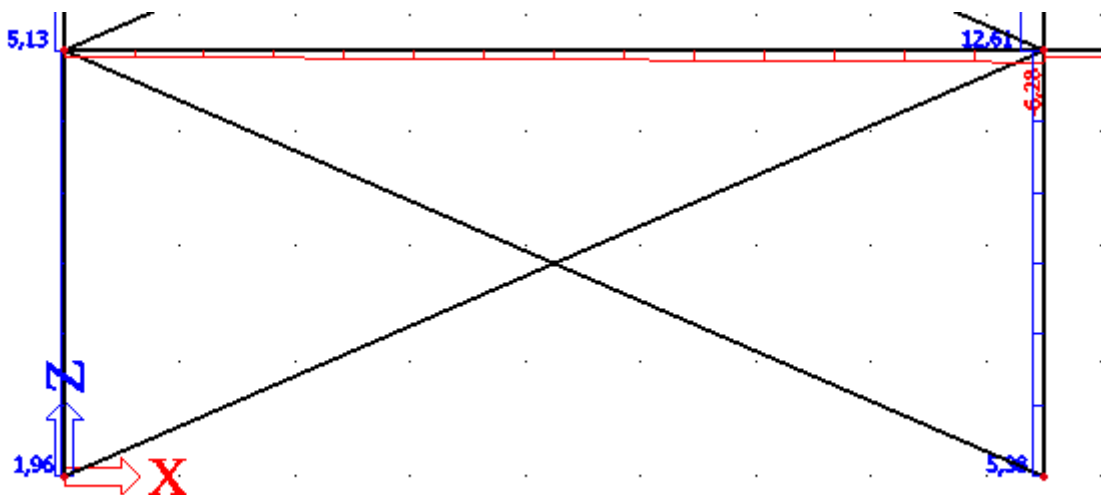
Ani při kombinaci $G_{\min} + \psi Q_{\text{užit.}} + \psi Q_{\text{snih}} + Q_{\text{vitr, příčný}}$

Nedochází k tahu ve sloupu

Průběh normálových sil



Průběh posouvajících sil



Při stejné kombinaci takřka nulové posouvající síly. Přeneseno třením. Patní zarážky nejsou potřeba.

Závěr

Všechny nosné posuzované prvky byly navrženy tak, aby za normální teploty nedošlo k jejich kolapsu ani k nadměrné deformaci. Kvůli ušetření výšky vnitřního prostoru hlavně v místě vnitřního rámu se spíše zvětšovali celé profily oproti menším profilům s velkými náběhy po stranách.

Práce byla vytvořena pouze pomocí platných státních norem pro ocelové konstrukce, a proto považuji cíl práce za splněný.

Závěrem bych chtěl podotknout, že v projektu nebyla řešena požární odolnost konstrukce. Tato část by byla vhodným rozšířením a doplněním práce.

Technická zpráva

1. Popis konstrukce

1.1 Identifikační údaje

název stavby: Obchodně-administrativní budova Hannah Czech v proluce

adresa: ulice Americká 2796/54, 301 00 Plzeň 3 - Východní Předměstí, stát Česká republika

1.2

Administrativní budova zaujímá pozemek – proluku- v centru města. Pozemek lichoběžníkového tvaru o šířce 18 m a hloubce 40 m. Suterén je využit jako vyhříváný sklad. Celkem 4 vzájemně propojená podlaží slouží pro obchodní účely a servis zákazníků. Střecha nižší dvorní budovy je navržena jako střešní zahrada, která funguje pro marketingové a firemní účely. Vyšší část přední budovy slouží jako kancelářské prostory. Vzorkovna, vývoj a design výrobků a kanceláře pro vedení firmy.

V nejvyšším bodě dosahuje budova 29,7 m, výška dvorní části budovy je 10,15 m.

1.3 Základy

Základy konstrukce jsou řešeny v technické zprávě diplomové práce v části betonových konstrukcí.

1.4 Nosná konstrukce stavby

1.4.1 Svislé konstrukce

Administrativní budova má skeletový konstrukční systém. Sloupy jsou po výšce zužovány, aby došlo k jejich maximálnímu využití a jsou upevněny do základů přes patní plech. Štítová stěna je navržena stejným způsobem.

1.4.2 Vodorovné konstrukce

Vodorovnou stropní konstrukcí tvoří ocelový trapézový plech, který zaujímá funkci ztraceného bednění pro betonovou desku. Ta je nesena stropnicemi a průvlaky. Stropnice jsou navrženy jako kloubově uložené, kdežto průvlaky jsou na sloupy připojeny šroubovaným momentovým spojem a tvoří tak příčný rám budovy. Podélné ztužení je zajištěno trubkovými ztužidly. Ztužidla mají tvar „x“.

1.5 Obvodový plášť

Čelní strana, panoramatická střecha a z opačné strany vyšší budova je tvořena lehkým obvodovým pláštěm od firmy Schüeco FWS 35 PD. Obvodový plášť zbývajících částí budovy je kontaktní zateplovací systém KMB Sendwix P2914.

2. Údaje o zatížení

Na konstrukci působí výčet následujících zatížení:

2.1. Stálé zatížení:

Vlastní tíha jednotlivých stavebních konstrukcí, která byla buď stanovena jako součin objemové hmotnosti materiálu a rozměrů konstrukce v souladu s normou ČSN EN 1991-1-1 nebo stanovena na základě informací od výrobce.

Nahodilé zatížení:

i) užitné

Stanoveno dle normy ČSN EN 1991-1-1 pro nepochozí střechu hodnotou $0,75 \text{ kN/m}^2$.

Stanoveno dle normy ČSN EN 1991-1-1 pro obchodní prostory: užitná kategorie D2:
 $q_{k1} = 5 \text{ kN/m}^2$

Stanoveno dle normy ČSN EN 1991-1-1 pro kancelářská plocha: užitná kategorie B:
 $q_{k1} = 3 \text{ kN/m}^2$

ii) klimatické

Zatížení sněhem stanoveno podle lokace objektu (sněhová oblast I) dle normy ČSN EN 1991-1-3.

Zatížení větrem stanoveno podle lokace objektu (větrná oblast II) dle normy ČSN EN 1991-1-4. Kategorie terénu IV (Plocha kde alespoň 15% je pokryto budovami vyšší než 15 m).

3. Použité materiály

Ocel S355JR: všechny ocelové prvky (stropnice IPE, průvlaky IPE, sloupy HEB, trubková ztužidla TR)

Ocel S350GD: trapézový plech, který je součástí stropní konstrukce

Beton C25/30–XC2–Cl 0,4–D_{max} 16 mm–S4 (stropní konstrukce)

Beton C30/37–XC4, z cementu CEM I 42.5N–S4 (základová konstrukce)

Šrouby 8.8

4. Použité zdroje

[1] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: ČNI, 2004 ČSN EN 1991-1-3:

[2] ČSN EN 1991-1-3 (72 773). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: ČNI, 2005.

[3] ČSN EN 1991-1-4 (77 516). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: ČNI, 2007.

[4] ČSN EN 1993-1-1 (73 1401). *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2006.

[5] Doc. Ing. Vraný T., CSc.; Ing. Jandera M., Ph.D.; Ing. Eliášová M., CSc. *Ocelové konstrukce 2 - Cvičení*; České vysoké učení technické v Praze, 2011.

[6] Ing. Sokol Z., Ph.D.; Prof. Ing. Wald F., CSc; *Ocelové konstrukce - Tabulky*; České vysoké učení technické v Praze, 2012.

[7] Prof. Ing. Studnička J., DrSc.; Prof. Ing. Holický M., DrSc.; Doc. Ing. Marková J., Ph.D.; *Ocelové konstrukce 2 - Zatížení*; České vysoké učení technické v Praze, 2011.

[8] ČSN EN ISO 12944-2 (03 8241). *Nátěrové hmoty - Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - Část 2: Klasifikace vnějšího prostředí*. Praha: ČNI, 1998.

[9] ČSN EN 1994-1-1 (73 1470). *Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí- Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2006.

Internetové zdroje:

[10] Oficiální webové stránky firmy ArcelorMittal a.s. [online] dostupné na <http://corporate.arcelormittal.com/> (navštíveno dne 25.10.2016)

[11] Oficiální webové české stránky firmy KM BETA [online] dostupné na <http://www.sendwix.cz/> (navštíveno dne 25.10.2016)

[12] Oficiální české webové stránky firmy Schüco [online] dostupné na <https://www.schueco.com/web2/cz> (navštíveno dne 25.10.2016)

[13] Cvičení předmětu 134OK3C [online] dostupné na <https://people.fsv.cvut.cz/~xjanderm/> (navštíveno dne 2.1.2017)

[14] Oficiální české webové stránky firmy DEK a.s. [online] dostupné na <https://www.dek.cz/> (navštíveno dne 25.10.2016)

5. Výroba ocelové konstrukce

Všechny ocelové prvky budou vyrobeny v mostárně dle výrobní dokumentace. Třída provedení EXC2.

6. Montáž ocelové konstrukce

Ocelové sloupy budou montovány na betonové základy pomocí kotevních šroubů přes styčnickový plech. Během montáže budou sloupy podepřeny do smontování celé ocelové konstrukce, aby nedošlo k jejich vybočení.

Navyšování sloupů bude prostřednictvím jeřábu, vložen do stanovené výšky ocelový profil, který bude se sloupy spojen tak, aby bylo vytvořeno kloubové uložení, tedy pomocí ocelových šroubů montovaných přes styčnickový plech.

Průvlaky budou osazovány na sloupy pomocí jeřábu, přes montovaný spoj, který zajistí vytvoření příčného rámu konstrukce.

Stropnice budou také osazovány na sloupy a průvlaky pomocí jeřábu a spojeny tak aby bylo vytvořeno kloubové spojení.

Na příčle bude připojen předem děrovaný profilovaný plech, který slouží jako ztracené bednění pro betonovou desku. Před vlastním betonováním budou přivařeny spřahovací trny o navržených roztečích.

V navržených místech (viz. Výkresová dokumentace) budou ve stěnách i mezi sloupy provedena trubková ztužidla, která budou přenášet síly účinků vodorovných zatížení. Ztužidla jsou kloubově připojena na profil sloupu či příčle.

7. Ochrana proti korozi

Protikorozní ochrana je navržena v souladu s ČSN EN ISO 12944 (1998):

- Stupeň korozní agresivity: C2- nízká (prostory s občasnou kondenzací)
- Předpokládaná životnost: Střední (M) – 5 – 15 let
- Příprava povrchu: Sa 21/2 – Otryskávání – odstranění okují, rzi, nátěrů a cizích látek
- Zvolený nátěrový systém: ISO 12944-5/A2.02.
- Požadovaná tloušťka suchého povlaku vrchního nátěru: 120 μ m

Ocelové profily budou natřeny dílensky 1-2x základním nátěrem a 2-3x vrchním nátěrem.

Ochrana proti požáru

8. Požární odolnost není součástí práce.

Posudek požární odolnosti není součástí práce

9. Zadání práce

Jako podklad pro diplomovou práci mi byla udělena autorská zpráva administrativní budovy Hannah Czech v Plzni postavená firmou Skanska., a.s.

Přílohy:

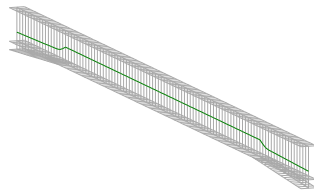
Výtisk výsledku návrhu COFRA 5

Výtisky návrhů LT BEAM

LBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



08/01/2017

1 / 6

I - PARAMETERS

08/01/2017

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

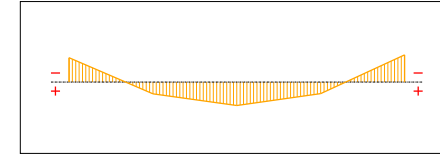


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kNm)
0	-515,3
2,25	251,25
4,5	499,2
6,75	244,98
9	-575,51

- Axial force diagram :

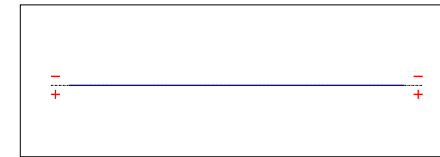


Figure 2 : Axial force diagram.

08/01/2017

3 / 6

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
9	0

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

08/01/2017

4 / 6

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	l_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	10,87	-6253,3	9	0	9

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	l_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	10,87	-6253,3	9	0	9

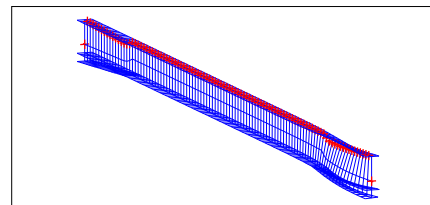


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

08/01/2017

5 / 6

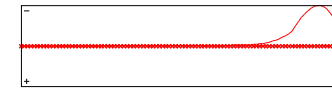


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

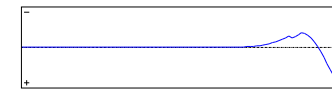


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

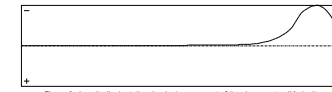


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

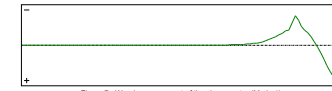


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

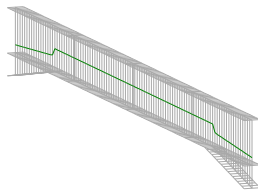
08/01/2017

6 / 6

LBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



08/01/2017

1 / 6

I - PARAMETERS

08/01/2017

2 / 6

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

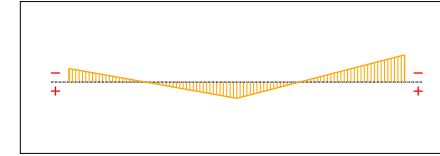


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-462,65
4,5	558
9	-929

- Axial force diagram :

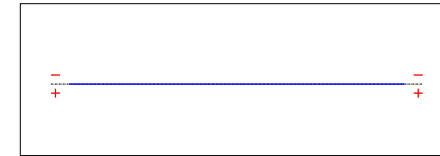


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

08/01/2017

3 / 6

x(m)	N(kN)
0	0
9	0

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

08/01/2017

4 / 6

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	I_{y2}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max,cr})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max,cr})$ [m]
1	8,69	-8072,8	9	0	9

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	I_{y2}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max,cr})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max,cr})$ [m]
1	8,69	-8072,8	9	0	9

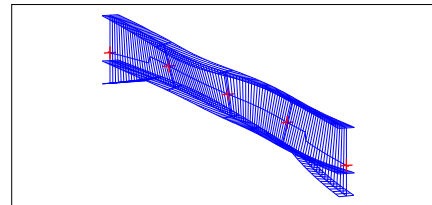


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

08/01/2017

5 / 6

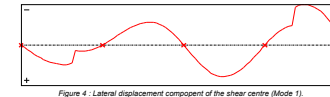


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

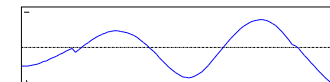


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

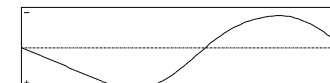


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

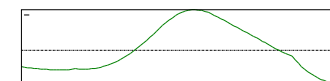


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

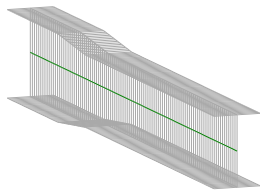
08/01/2017

6 / 6

LBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

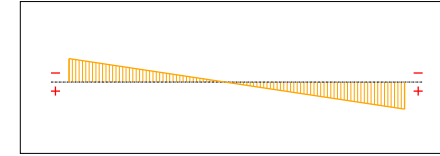


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kNm)
0	-402,58
3,7	465,16

- Axial force diagram :

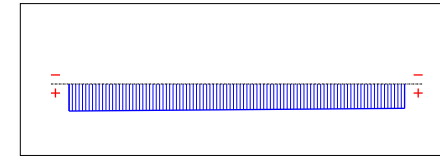


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	6669
3,7	6167

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
Blocked moment diagram : No
Blocked axial force diagram : Yes

The TAPER effect is taken into account

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	λ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	37,03	17225	3,7	6865,4	0

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	λ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	37,03	17225	3,7	6865,4	0

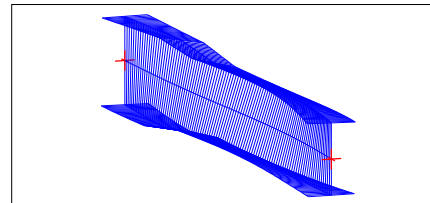


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

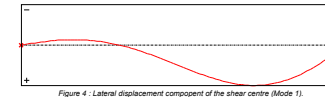


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

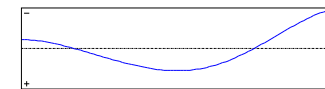


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

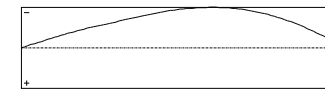


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

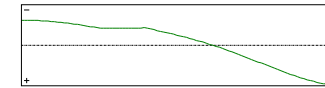
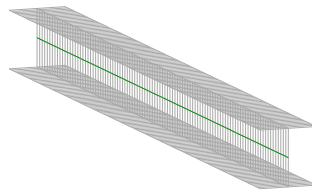


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

LTBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

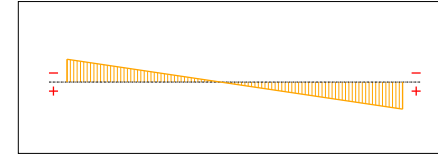


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-332,12
3,7	395,12

- Axial force diagram :

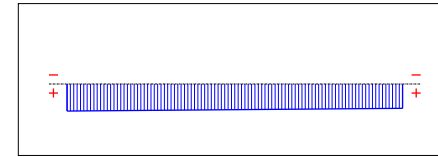


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	6669
3,7	6167

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
Blocked moment diagram : No
Blocked axial force diagram : Yes

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	l_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	20,6	8139,5	3,7	6865,4	0

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	l_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	20,6	8139,5	3,7	6865,4	0

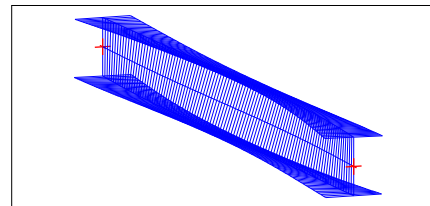


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

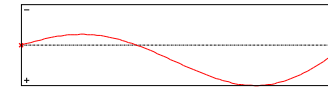


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

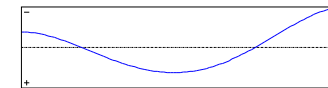


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

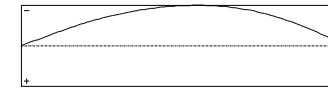


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

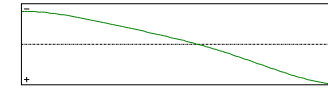
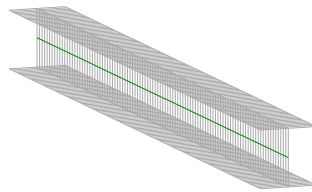


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

LTBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

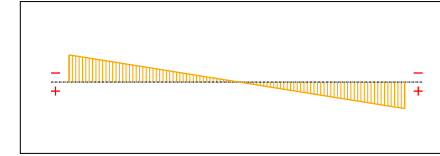


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-144
3,7	141

- Axial force diagram :

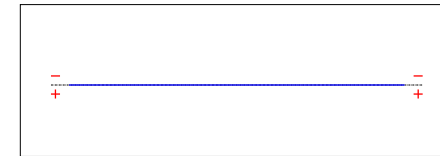


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
3,7	0

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
Blocked moment diagram : No
Blocked axial force diagram : No

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	l_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	43,95	-6320,2	0	0	0

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	l_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	43,95	-6320,2	0	0	0

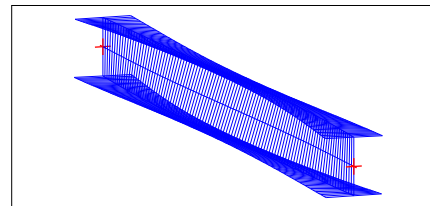


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

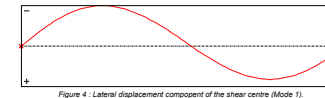


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

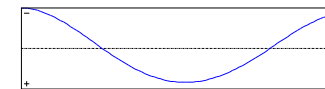


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

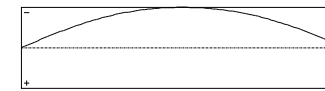


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

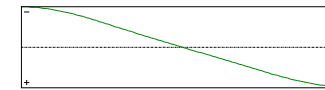
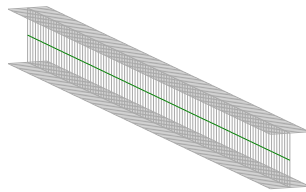


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

LTBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



08/01/2017

1 / 6

I - PARAMETERS

08/01/2017

2 / 6

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

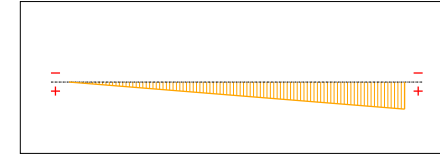


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kNm)
0	0
5.55	166.63

- Axial force diagram :

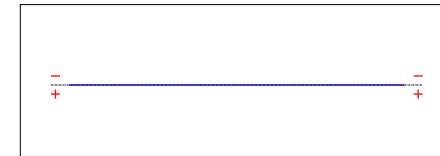


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

08/01/2017

3 / 6

x(m)	N(kN)
0	0
5.55	0

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

08/01/2017

4 / 6

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	$I_{x,cr}$	$M_{max,cr}$ [kNm]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	22.05	3674,1	5,55	0	5,55

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	$I_{x,cr}$	$M_{max,cr}$ [kNm]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	22.05	3674,1	5,55	0	5,55

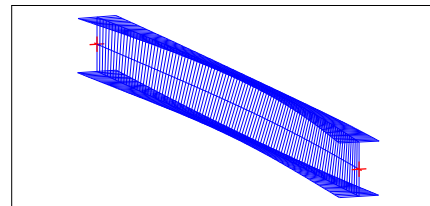


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

08/01/2017

5 / 6

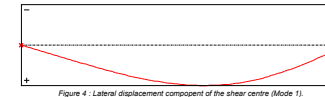


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

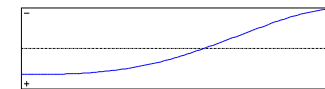


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

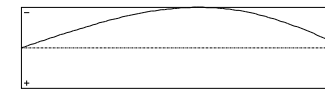


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

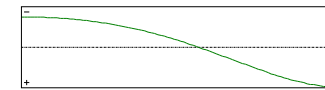


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

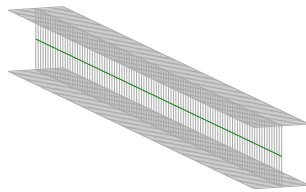
08/01/2017

6 / 6

LTBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



08/01/2017

1 / 6

I - PARAMETERS

08/01/2017

2 / 6

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

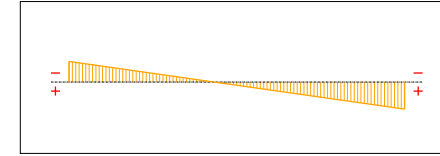


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kNm)
0	-86
3,7	113

- Axial force diagram :

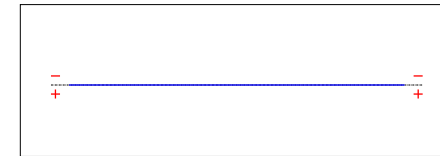


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

08/01/2017

3 / 6

x(m)	N(kN)
0	0
3,7	0

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

08/01/2017

4 / 6

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	$I_{x,cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	66,59	7525,1	3,7	0	3,7

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	$I_{x,cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	66,59	7525,1	3,7	0	3,7

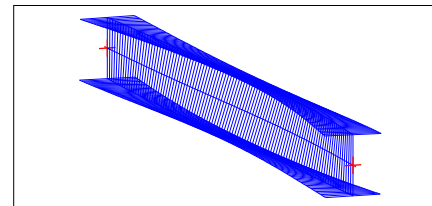


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

08/01/2017

5 / 6

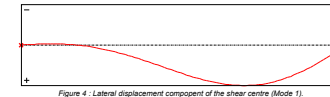


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

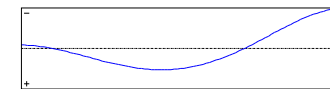


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

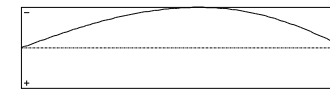


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

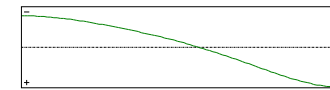


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

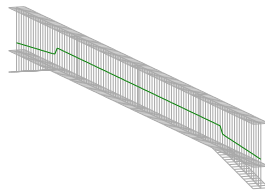
08/01/2017

6 / 6

LBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

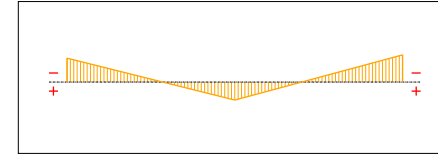


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kNm)
0	-774
4,5	551
9	-876

- Axial force diagram :

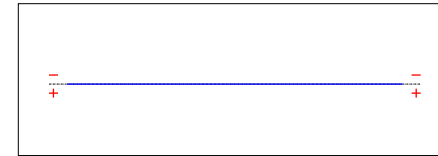


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
9	0

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1

Blocked moment diagram : No

Blocked axial force diagram : No

The TAPER effect is taken into account

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	λ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max,cr})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max,cr})$ [m]
1	6,308	-5525,9	9	0	9

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	λ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max,cr})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max,cr})$ [m]
1	6,308	-5525,9	9	0	9

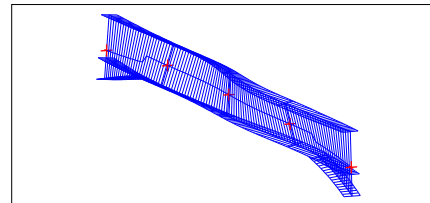


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

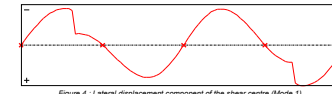


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

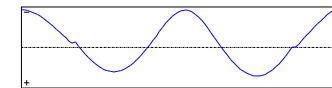


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

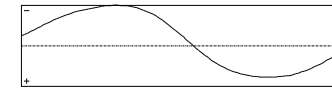


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

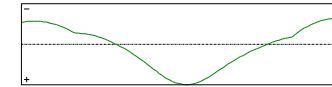
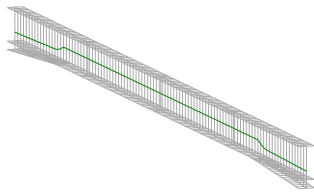


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

LBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



08/01/2017

1 / 6

I - PARAMETERS

08/01/2017

2 / 6

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

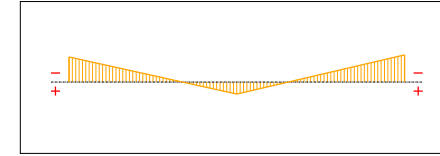


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kNm)
0	-343,7
4,5	161,7
9	-371,8

- Axial force diagram :

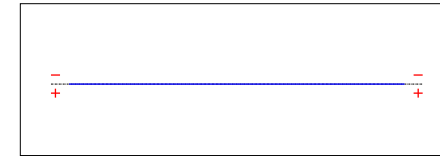


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

08/01/2017

3 / 6

x(m)	N(kN)
0	0
9	0

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

08/01/2017

4 / 6

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	k_{LT}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max,cr})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max,cr})$ [m]
1	4,112	-1528,7	9	0	9

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	k_{LT}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max,cr})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max,cr})$ [m]
1	4,112	-1528,7	9	0	9

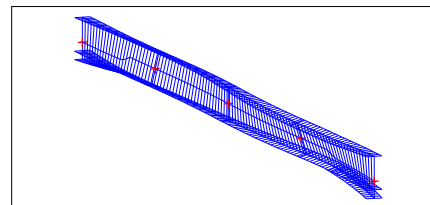


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

08/01/2017

5 / 6

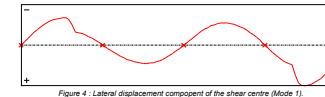


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

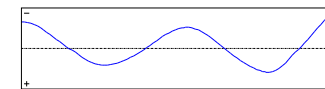


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

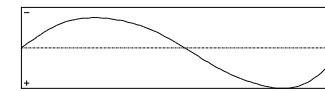


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

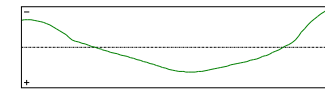


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

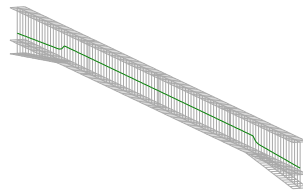
08/01/2017

6 / 6

LBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



08/01/2017

1 / 6

I - PARAMETERS

08/01/2017

2 / 6

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

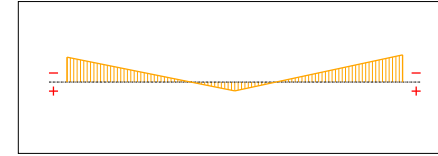


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kNm)
0	-533.4
4,5	179.8
9	-549.5

- Axial force diagram :

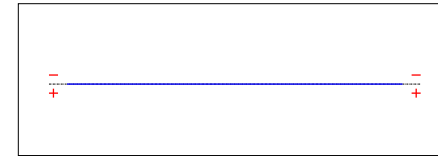


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

08/01/2017

3 / 6

x(m)	N(kN)
0	0
9	0

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

08/01/2017

4 / 6

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	λ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	3,097	-1702	9	0	9

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	λ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	3,097	-1702	9	0	9

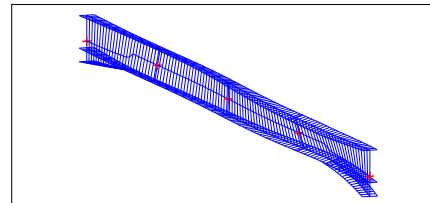


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

08/01/2017

5 / 6

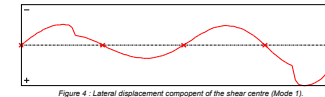


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

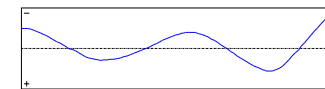


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

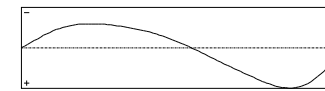


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

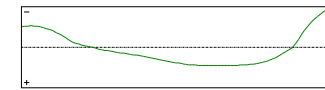


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

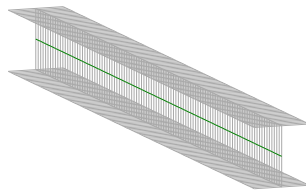
08/01/2017

6 / 6

LTBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

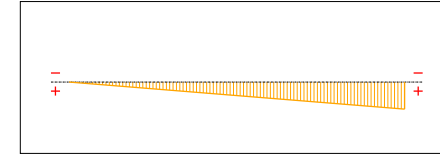


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kNm)
0	0
3,7	242,7

- Axial force diagram :

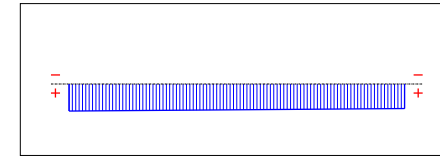


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	2761
3,7	2500

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
Blocked moment diagram : No
Blocked axial force diagram : Yes

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	$I_{x,cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	22,97	5574,1	3,7	2759,7	0

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	$I_{x,cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	22,97	5574,1	3,7	2759,7	0

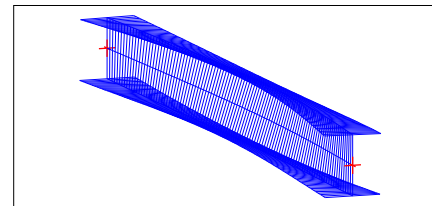


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

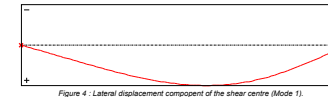


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

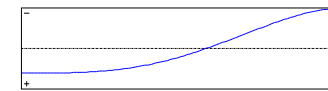


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

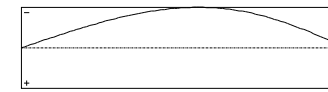


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

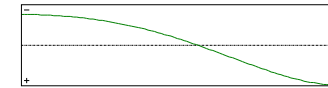
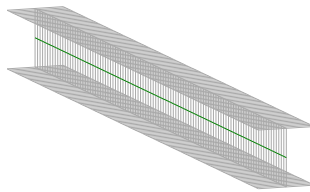


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

LTBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

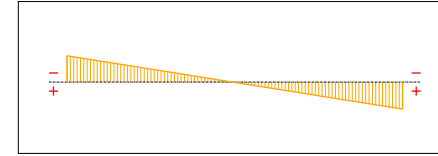


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kNm)
0	-252,6
3,7	290,9

- Axial force diagram :

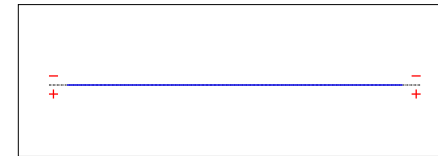


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
3,7	0

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
Blocked moment diagram : No
Blocked axial force diagram : No

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	I_{x2}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	24,38	6359,6	3,7	0	3,7

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	I_{x2}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	24,38	6359,6	3,7	0	3,7

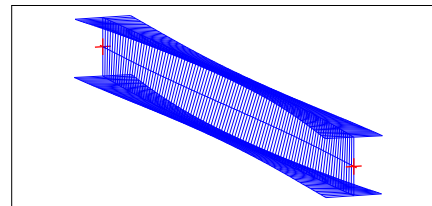


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

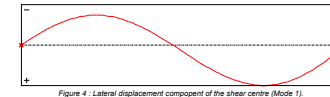


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

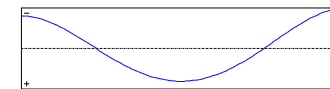


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

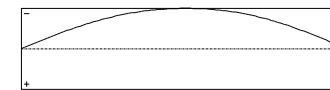


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

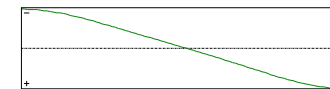
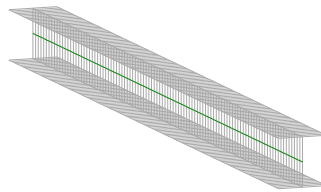


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

LTBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



08/01/2017

1 / 6

LTBeamN
v 1.0.1

I - PARAMETERS

08/01/2017

2 / 6

LTBeamN
v 1.0.1

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

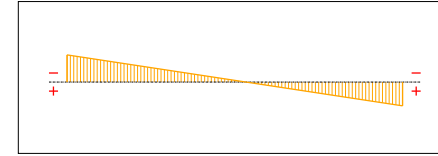


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kNm)
0	-188,9
3,7	160,06

- Axial force diagram :

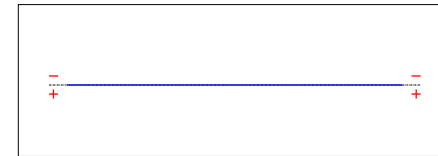


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

08/01/2017

3 / 6

LTBeamN
v 1.0.1

x(m)	N(kN)
0	0
3,7	0

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

08/01/2017

4 / 6

LTBeamN
v 1.0.1

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	l_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	14,51	-2740,3	0	0	0

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	l_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	14,51	-2740,3	0	0	0

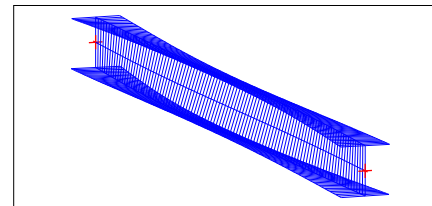


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

08/01/2017

5 / 6

LTBeamN
v 1.0.1

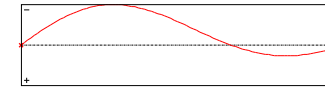


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

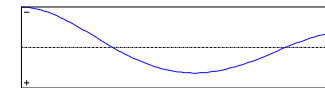


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

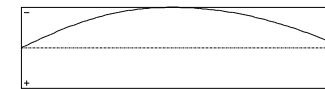


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

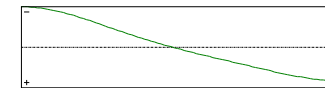


Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

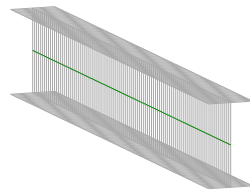
08/01/2017

6 / 6

LTBeamN

v 1.0.1

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

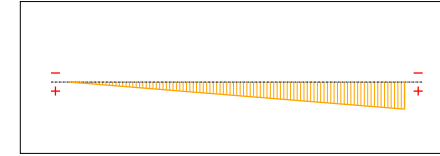


Figure 1 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kNm)
0	0
3,7	433,19

- Axial force diagram :

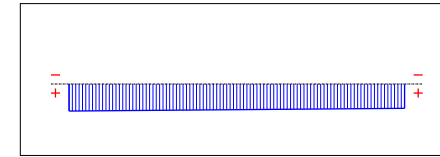


Figure 2 : Axial force diagram.

Active : Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	6669
3,7	6167

- Eccentric concentrated loads :
No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :
No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
Blocked moment diagram : No
Blocked axial force diagram : Yes

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	$I_{x,cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	31,96	13846	3,7	6865,5	0

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	$I_{x,cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	31,96	13846	3,7	6865,5	0

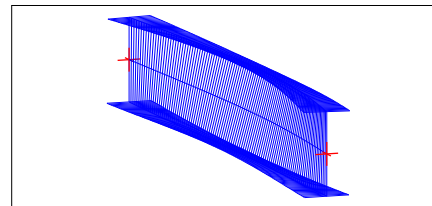


Figure 3 : Mode shape in 3D (Mode 1).

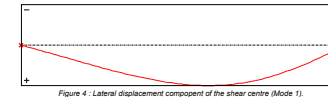


Figure 4 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

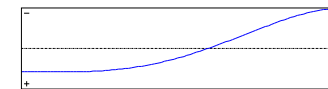


Figure 5 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

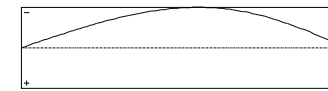


Figure 6 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

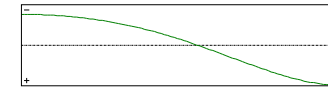



Figure 7 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

	Diplomová práce		EC4
	Project name:	Ocelobetonová budova	
	Project address:	Evropská Plzeň 11	Czech
	Remarks:	no comment	

FULL OUTPUT

Note: Section designed according to EN1994-1

Construction stage

Γ_{δ}	=	0.16	<= 1.00	Deflection
$\Gamma_{M,+}$	=	0.24	<= 1.00	Sagging bending moment
$\Gamma_{R,Ex}$	=	0.19	<= 1.00	Reaction at end support
$\Gamma_{M,-}$	=	0.3	<= 1.00	Hogging bending moment
$\Gamma_{R,C}$	=	0.24	<= 1.00	Reaction at internal support
Γ_{RM}	=	0.34	<= 1.00	Combined bending moment and support reaction

Composite slab


Γ_{M+}	=	0.28	<= 1.00	Sagging bending moment
Γ_{M-}	=	-1	<= 1.00	Hogging bending moment
$\Gamma_{M-(L/3)}$	=	-1	<= 1.00	Hogging bending moment at L/3 from internal support
Γ_{LR1}	=	0.41	<= 1.00	Longitudinal shear by partial connexion method
Γ_{VR1}	=	0.96	<= 1.00	Vertical shear - End support
Γ_{VR2}	=	0.96	<= 1.00	Vertical shear - internal support
Γ_{FL}	=	0.12	<= 1.00	Deflection control
Γ_v	=	0.2	<= 1.00	Vibration control
Γ_{VP}	=	-1	<= 1.00	Punching
Γ_{Fs}	=	0.59	<= 1.00	Cracking control

Fire resistance

Γ_{IST}	=	-1	<= 1.00	Thermal insulation
Γ_{RF}	=	-1	<= 1.00	Load bearing criterion
$\Gamma_{RF(L/3)}$	=	-1	<= 1.00	Load bearing criterion at L/3 from internal support
$\Gamma_{RF_recommended}$	=	-1	<= 1.00	Free span moment - recommended checking

Note: Check imperatively whether the assumptions comply with project specifications and project plan.

Date	Username: Havelp	Page
25/10/2016	Company: FSV VUT Praha	

	Diplomová práce		EC4
	Project name: Ocelobetonová budova		
	Project address: Evropská Plzeň 11		Czech
	Remarks: no comment		

1. Project Data

a. Profile Data: cofrastra70 / 1mm / noperce

Characteristics	Values	Unit
Thickness of profiled steel sheeting	1	mm
Self-weight of profiled steel sheeting	13.4	kg/m ²
Height of profile	71	mm
Effective width of profile	732	mm
Cross-sectional area of profile	1350	mm ² /m
Second moment of area of the profile	88.32	cm ⁴ /m
Position of neutral axis of profile	29.82	mm
Reduction of concrete	26	mm
Sagging resistance moment of profile	12.02	kNm/m
End support reaction resistance of profile	30.66	kN/m
Internal support widths	60, 160	kN/m
Maximum hogging resistance moment of profile	8.31, 9.58	kNm/m
Maximum internal reaction resistance of profile	39.26, 53.58	kN/m
Empirical factor for design shear resistance (m)	80	N/mm ²
Empirical factor for design shear resistance (k)	0.17	
Longitudinal shear strength of a composite slab $\tau_{u,Rk}$	0.19	N/mm ²

b. Composite slab

Spans:

Span →	1	2	3	4	5
Span (m)	2.25	2.25	2.25	2.25	

Static system:

isostatique


Overall slab depth:

130 (mm)

Screed:

0 (mm)

Date	Username: Havelp	Page
25/10/2016	Company: FSV VUT Praha	

	Diplomová práce		EC4
	Project name:	Ocelobetonová budova	
	Project address:	Evropská Plzeň 11	Czech
	Remarks:	no comment	

c. Construction stage

Number of spans / steel sheet:

Steel sheet	1	2	3	4	5
Number spans	2	2	0	0	0

Number of props/span:

Span →	1	2	3	4	5
Number props	4	4		0	0

Note: for $N > 0$, prop must be placed at $1/(N+1)$ of span
--

Prop width: 80 (mm)
 End support width: 225 (mm)
 Internal support width: 450 (mm)


d. Reinforcement data

Yield strength: 500
 Ductility class: B
 Exposure class: XC2
 Structural class: S4
 Minimum cover: 35 (mm)

Overall mesh: 1.88 cm² Cover: 35 (mm)
 Reinforcement on support: Cover: (mm)
 Repartition mesh: Cover: 10 (mm)
 Reinforcement in the rib: Cover: (mm)

Note: overall mesh shall be continuous on support

Date 25/10/2016	Username: Havelp	Page 3 / 7
	Company: FSV VUT Praha	

	Diplomová práce		EC4
	Project name: Ocelobetonová budova		
	Project address: Evropská Plzeň 11		Czech
	Remarks: no comment		

e. Concrete data: normal / NC25/30

Concrete wet self weight	25	kN/m ³
Concrete dry self weight	24	kN/m ³
F_{ck}	25	N/mm ²
F_{ctm}	2.6	N/mm ²
E_{cm}	31000	N/mm ²

f. Project requirements

Shear bond method		partielle
Deflection limit during construction	L /	180
Deflection limit in service	L /	300
Crack control	W_{max}	
Coefficient of moment redistribution		0
Coefficient mass related to live load (frequency)		0.5
Minimum frequency		3
Fire resistance period	REI	30
Fire factor	$\Psi_{1,1} =$	0.5

g. Loads acting on slab

- Uniformly distributed load

Span →	1	2	3	4	5
Permanent loads g_{per} (kN/m ²)	10.31	10.31	10.31	10.31	0
Live load q (kN/m ²)					


- Line loads perpendicular to deck span

Note: Any line load is considered

- Punctual loads

Note: Any concentrated load is considered

Date	Username: Havelp	Page
25/10/2016	Company: FSV VUT Praha	

	Diplomová práce		EC4
	Project name: Ocelobetonová budova		
	Project address: Evropská Plzeň 11		Czech
	Remarks: no comment		


- Mobile axle load

Note: Any mobile load is considered

h. Partial safety factor

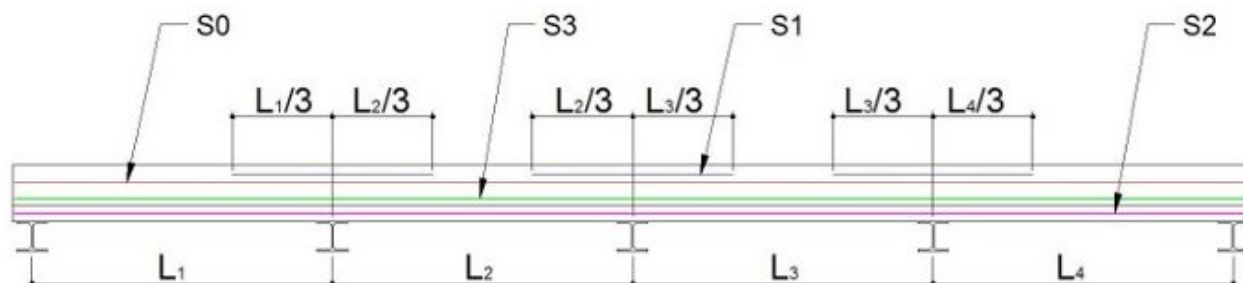
Material			Actions		
Steel sheet	γ_M	1.1	Perm. load	γ_D	1.35
Rebars	γ_{sb}	1.15	Live load	γ_Q	1.5
Concrete	γ_c	1.5			
Shearing	γ_{vs}	1.25			

Date	Username: Havelp	Page
25/10/2016	Company: FSV VUT Praha	

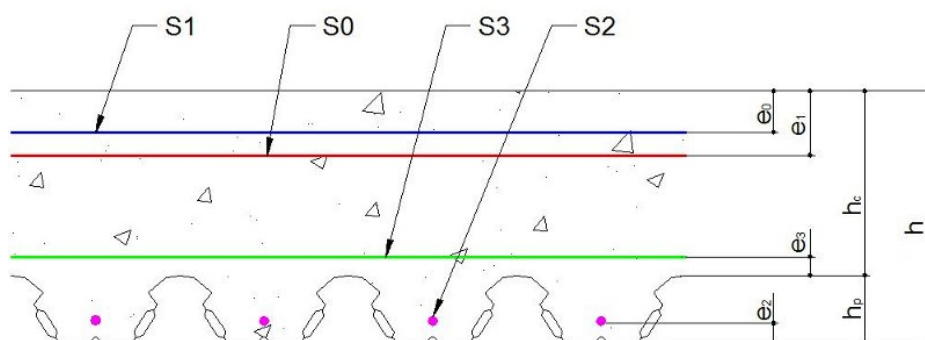
	Diplomová práce		EC4
	Project name:	Ocelobetonová budova	
	Project address:	Evropská Plzeň 11	Czech
	Remarks:	no comment	

2. Longitudinal section and cross-section

Longitudinal section



Cross section




Profile: cofrastra70 / 1mm / noperce

L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	L4 (m)	L5 (m)
2.25	2.25	2.25	2.25	

Anti-cracking mesh	S_0	1.88 cm ²
Reinforcement on support	S_1	
Reinforcement in the rib	S_2	
Repartition mesh	S_3	

Slab depth	h_t	130	mm
Profile height	h_p	71	mm
Cover anti-cracking mesh	e_0	35	mm
Cover reinforcement on support	e_1		mm
Cover reinforcement in the rib	e_2		mm
Cover repartition mesh	e_3	10	mm

Date 25/10/2016	Username: Havelp	Page 6 / 7
	Company: FSV VUT Praha	

	Diplomová práce		EC4
	Project name:	Ocelobetonová budova	
	Project address:	Evropská Plzeň 11	Czech
	Remarks:	no comment	

3. Details EN

IMPLEMENTATION OF THE COMPOSITE DECK: Supports, props, fasteners, openings, etc. ... shall comply with the rules of Art, the guidance in "Prescription of technical requirements - CPT" and in various documents of ArcelorMittal Construction

CONCRETE: The implementation of concrete by pump is recommended. Otherwise, the concrete must be poured on the bearing elements without excessive accumulation, and immediately leveled to the depth planned.

Consumption of concrete	104	Litres/m ²
Total weight of the slab	273.4	Kg/m ²
Overall mesh	0	Kg/m ²
Reinforcement on support	0	Kg/m ²
Repartition mesh	0	Kg/m ²
Reinforcement in the rib	0	Kg/m ²

Note: The quantity above are given for information, more accurate values can be calculated taking into account real conditions of the implementation on site.

Date	Username: Havelp	Page
25/10/2016	Company: FSV ?VUT Praha	