


Objednatel:

**Středočeský kraj**

**STŘEDOČESKÝ KRAJ**  
**KRAJSKÝ ÚŘAD**  
**ZBOROVSKÁ 11, 150 21 PRAHA 5**

**Souřadnicový systém S-JTSK, Výškový systém Bpv**

Číslo zakázky:	<b>20 307 00</b>	HIP:	<b>Ing. Pavel HRDINA</b>	 Praha 4, Na Hřebenech II 1718/10, 140 00 tel.: +420244062215; email: prijemni@pontex.cz
			736662206, phr@pontex.cz	
Schválil:	<b>Ing. Petr SOUČEK</b>	Zodp. projektant:	<b>Ing. Michal CHŮRA</b>	
			777598859, chura@pontex.cz	
Tech. kontrola:	<b>Ing. Jan VESELÝ</b>	Vypracoval:	<b>JIPÍ POKORNÝ</b>	
			606606678, pokorny@pontex.cz	

Objednatel:	<b>Středočeský kraj</b>	Obec:	<b>Kamenný Přívoz</b>	Kraj:	<b>Středočeský</b>
Akce:	<b>II/105 Kamenný Přívoz, mosty ev. č. 105-008 a 105-009 přes řeku Sázavu v obci Kamenný Přívoz</b>			Datum	Stupeň
Část:	<b>D. STAVEBNÍ ČÁST</b>			09/2024	<b>PDPS</b>
Objekt:	<b>D.1.2.1 SO 201.2-MOST EV. Č. 105-009 PŘES SÁZAVU</b>			Souprava	Č. přílohy
Příloha:	<b>STATICKÝ VÝPOČET</b>				<b>2.0</b>

# STATICKÝ VÝPOČET

## OBSAH

<b>1. ÚVOD</b>	<b>2</b>
1.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU	2
1.2 POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY	3
1.3 POUŽITÁ LITERATURA	3
1.4 POUŽITÉ PROGRAMY	4
<b>2. SCHÉMA KONSTRUKCE</b>	<b>4</b>
<b>3. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE</b>	<b>5</b>
3.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ	5
3.2 ZATÍŽENÍ TEPLOTOU	5
3.3 ZATÍŽENÍ VĚTREM	6
3.4 ZATÍŽENÍ SNĚHEM	6
3.5 ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	7
3.5.1 Vodorovné síly	9
3.6 KOMBINACE	9
3.6.1 Mezní stav únosnosti (základní kombinace)	9
3.6.2 Mezní stav použitelnosti	10
<b>4. VÝPOČTY</b>	<b>11</b>
4.1 VSTUPNÍ PARAMETRY A HODNOTY PROGRAMU SCIA ENGINEER	11
4.1.1 Kombinace	11
4.1.2 Průřezy	12
4.2 VNITŘNÍ SÍLY	15
4.2.1 Ohybový moment $M_y$ nejnamáhanějšího nosníku	15
4.2.2 Posouvající síla $V_z$ nejnamáhanějšího nosníku	15
4.2.3 Normálové síly v ŽB desce	16
4.2.4 Příčný ohybový moment $M_{yD}$ v ŽB desce	16
4.3 POSOUZENÍ	17
4.3.1 Spřažený průřez nad středním pilířem	17
4.3.2 Spřažený průřez v poli	27
<b>5. ZÁVĚR</b>	<b>36</b>

# 1. Úvod

## 1.1 Technická zpráva ke statickému výpočtu

Účelem tohoto statického výpočtu je návrh a posouzení hlavních nosných prvků silničního mostu přes Sázavu na komunikaci II/105 v Kamenném Přívozu.

Nosnou konstrukci tvoří spojitá sprážená ocelobetonová konstrukce z ocelových nosníků a spráhující desky. Tuhost v příčném směru je zajišťována spráženou deskou, která je v koncových částech a nad pilířem sprážená se železobetonovými koncovými příčníky. Sprážená ocelobetonová konstrukce má dvě pole o rozpětích 2x 45,3 m. Příčný řez je tvořen ŽB spráženou deskou tl. 300 mm a 4 ocelovými svařovanými hlavními nosníky tvaru I s konstantní výškou stojiny 1780mm a tloušťkou stojiny proměnnou od 14 do 20mm.

Vzdálenost hlavních nosníků je 2250mm. Dolní líc horní pásnice nosníků je zalícován s ŽB deskou. Horní pásnice všech nosníků má v poli šířku 300 mm, nad pilířem se rozšiřuje na 500mm, její tloušťka je v poli 30 mm, nad pilířem 50 mm. Dolní pásnice nosníků mají konstantní šířku 600 mm a jsou po délce nosníku odstupňovány v tloušťce. Nosníky mají oboustranné výztuhy po 2,0 m. Sprážení OK s ŽB deskou je zajištěno trny Ø19.05/150. V místech konců mostu je výška nosníků snížena na délku 1920 mm od konců, aby zde mohla být koncová část sprážené desky zesílena. Ve vzdálenostech po 8 m jsou navržena příhradová ztužidla tvaru K, která se přišroubují až na stavbě.

Konstrukce je nad opěrami a pilířem opatřena koncovými příčníky, které ztužují konstrukci v příčném směru.

Rekonstrukce mostu využívá základových konstrukcí podpěr a část dříku pilíře z masivního kvádového zdiva původního mostu. Opěry mostu budou demolovány až po základy. Budou odbourány dříky opěr, které budou následně nově vybetonovány.

U OP1 bude dřík vlevo navazovat na stávající nábrežní zeď, vpravo bude dřík přes nové krátké rovnoběžné křídlo navazovat na stávající zeď pod chodníkem. Stávající zeď vpravo pod chodníkem bude v hlavě rozšířena ŽB konzolou zakotvenou mikropilotami do stávajícího tělesa komunikace.

U OP3 bude vlevo provedeno krátké rovnoběžné křídlo, na které bude navazovat nová opěrná zeď mezi mosty, vpravo bude dřík opěry napojen na kolmou stávající zeď, za opěrou bude podél pravého okraje provedena nízká zídka pod chodníkovou římsou mezi mosty.

Stávající založení podpěr bude posíleno krátkými mikropilotami, zvětšené reakce nového mostu budou pomocí mikropilot přeneseny přímo do skalního podloží. Tím dojde i k zakotvení podpěr pro zajištění stability při povodni.

## 1.2 POUŽITÉ NORMY A PŘEDPISY

- [1.1] ČSN EN 1990 „Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí“, březen 2004
- [1.2] ČSN EN 1991-1-1 “Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb”, březen 2004
- [1.3] ČSN EN 1991-1-3 “Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem”, červen 2005
- [1.4] ČSN EN 1991-1-4 “Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem”, duben 2007
- [1.5] ČSN EN 1991-1-5 “Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou”, květen 2005
- [1.6] ČSN EN 1991-1-7 “Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení - Mimořádná zatížení”, prosinec 2007
- [1.7] ČSN EN 1991-2 “Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou”, listopad 2015
- [1.8] ČSN EN 1993-1-5 “Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-5: Boulení stěn”, 2007
- [1.9] ČSN EN 1993-1-8 “Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků”, prosinec 2006
- [1.10] ČSN EN 1993-2 (736205) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty, 01/2008
- [1.11] ČSN EN 1994-2 “Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty”, únor 2007
- [1.12] ČSN 73 1401 “Navrhování ocelových konstrukcí”, 03/98
- [1.13] ČSN 73 6201/78 “Projektování a prostorové uspořádání mostních objektů”
- [1.14] ČSN 73 6205 “Navrhování ocelových mostů”

## 1.3 POUŽITÁ LITERATURA

- [2.1] TP 51 Statické tabulky – Hořejší, Šafka
- [2.2] Schindler, Rotter – Kovové mosty – pomůcka pro navrhování, ČVUT 1990
- [2.3] Navrhování ocelových mostů – Schindler, Pechar ČVUT 1975
- [2.4] Ocelové mosty příhradové, obloukové a visuté – F. Faltus ACADEMIA 1971
- [2.5] Dynamika stavebních konstrukcí – Baťa, Plachý, Trávníček SNTL 1987
- [2.6] Prvky kovových konstrukcí – J. Pechar, J. Studnička, K. Vrba, SNTL 1985

## 1.4 POUŽITÉ PROGRAMY

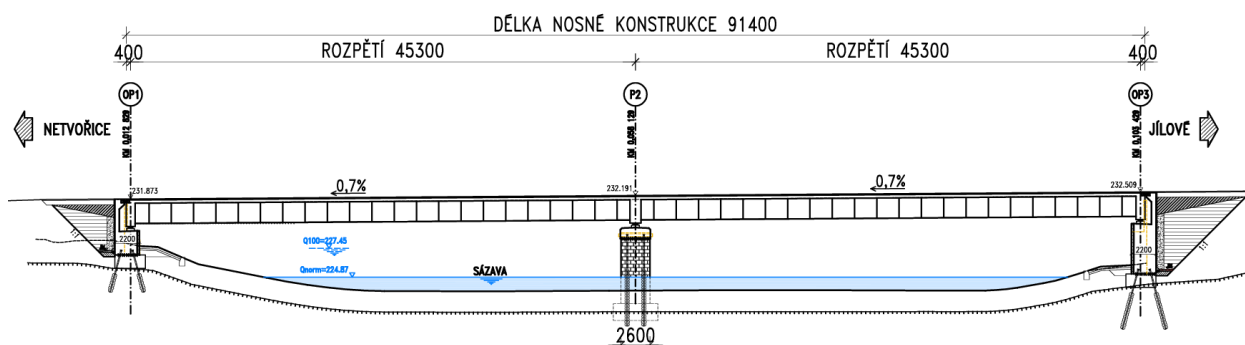
MS OFFICE - WORD 97

- EXCEL

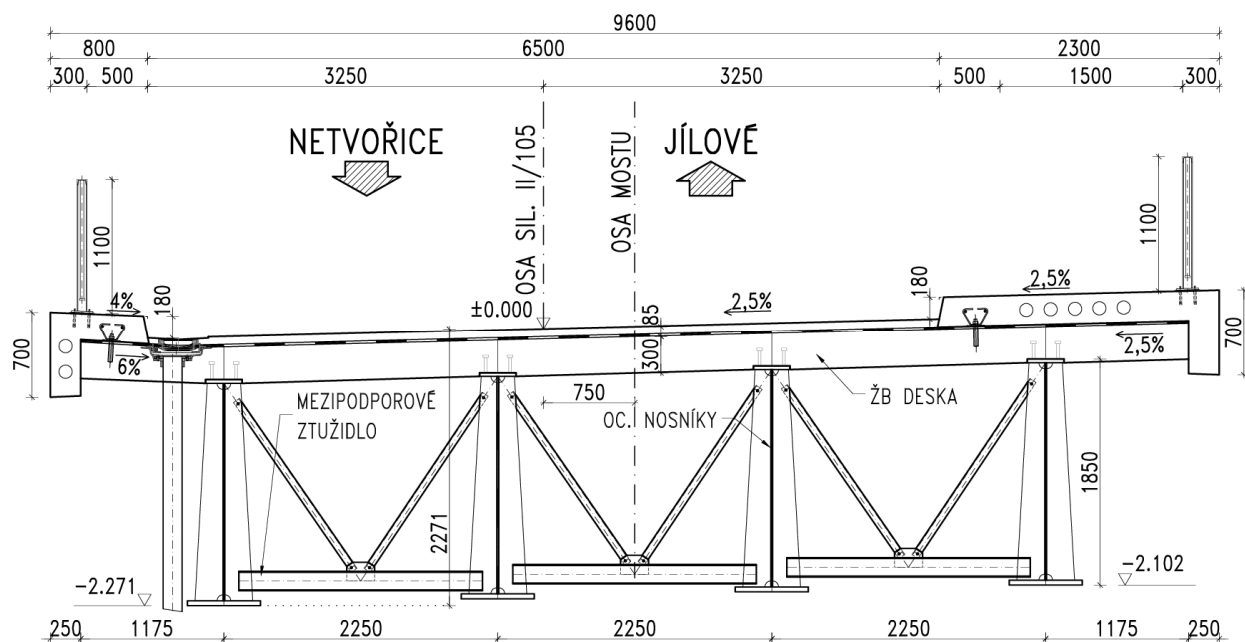
SCIA Engineer 24.0

## 2. Schéma konstrukce

### Podélný řez



### Příčný řez



### 3. Zatížení konstrukce

#### 3.1 Stálé zatížení

- a) vlastní tíha (prvky modelované v 3D modelu jsou zatíženy vlastní tíhou ( $g = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$ ) při uvažované objemové hmotnosti oceli  $7850 \times 1,02 = 8000 \text{ kg.m}^{-3}$ )
- b) ostatní stálé
- izolace .....  $1800 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow = 0,18 \text{ kN.m}^{-2}$
- levá římsa:  $0,292 \text{ m}^2 \times 25 \dots\dots\dots 7,31 \text{ kN/m} \Rightarrow = 13,28 \text{ kN.m}^{-2}$  (na šířku desky 0.55m)
- pravá římsa:  $0,672 \text{ m}^2 \times 25 \dots\dots\dots 16,81 \text{ kN/m} \Rightarrow = 8,20 \text{ kN.m}^{-2}$  (na šířku desky 2.05m)
- vozovka + izolace:  $0,085 \times 22 \dots\dots\dots 1,87 \text{ kN/m}^2$
- šířka vozovky 9,5 m x 1,87 .....  $17,77 \text{ kN/m} \Rightarrow = 0,40 \text{ kN.m}^{-1}$
- c) dlouhodobé nahodilé
- zábradlí .....  $40 \text{ kg/m} \Rightarrow = 0,40 \text{ kN.m}^{-1}$

#### 3.2 Zatížení teplotou

$\gamma_t = 1,5$ ,  $\Psi_0 = 0,6$ ,  $\Psi_1 = 0,6$ ,  $\Psi_2 = 0,5$

- a) rovnoměrná složka teploty

$T_{\max} = 40^\circ\text{C}$  (z izoterm podle čl. 6.1.3.2 ČSN EN 1991-1-5)

$T_{\min} = -36^\circ\text{C}$  (z izoterm podle čl. 6.1.3.2 ČSN EN 1991-1-5)

teplota konstrukce:  $T_o = 10^\circ\text{C}$  (příloha A ČSN EN 1991-1-5)

$T_{e,\max} = 55^\circ\text{C}$  (obr. 6.1)

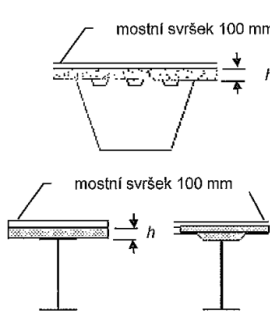
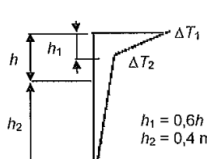
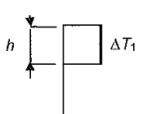
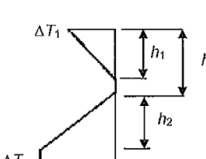
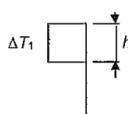
$T_{e,\min} = -30^\circ\text{C}$  (obr. 6.1)

$\Delta T_{N,\text{con}} = T_o - T_{e,\min} = 10 - (-30) = 40^\circ\text{C}$

$\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_o = 55 - 10 = +45^\circ\text{C}$

- b) nerovnoměrná složka teploty

byl použit zjednodušený postup podle ČSN EN 1991-1-5, čl. 6.1.4.2, obr. 6.2b

Typ konstrukce	Rozdíly teplot $\Delta T$																			
	(a) oteplení	(b) ochlazení																		
 <p>2. Betonová mostovka na ocelových komorových, příhradových nebo plnostěnných nosnících</p>	<p>Běžný postup</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>h m</th><th><math>\Delta T_1</math> °C</th><th><math>\Delta T_2</math> °C</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,2</td><td>13</td><td>4</td></tr> <tr> <td>0,3</td><td>16</td><td>4</td></tr> </tbody> </table> <p>Zjednodušený postup</p>  <p><math>\Delta T_1 = 10^\circ\text{C}</math></p>	h m	$\Delta T_1$ °C	$\Delta T_2$ °C	0,2	13	4	0,3	16	4	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>h m</th><th><math>\Delta T_1</math> °C</th><th><math>\Delta T_2</math> °C</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,2</td><td>-3,5</td><td>-8</td></tr> <tr> <td>0,3</td><td>-5,0</td><td>-8</td></tr> </tbody> </table>  <p><math>\Delta T_1 = -10^\circ\text{C}</math></p>	h m	$\Delta T_1$ °C	$\Delta T_2$ °C	0,2	-3,5	-8	0,3	-5,0	-8
h m	$\Delta T_1$ °C	$\Delta T_2$ °C																		
0,2	13	4																		
0,3	16	4																		
h m	$\Delta T_1$ °C	$\Delta T_2$ °C																		
0,2	-3,5	-8																		
0,3	-5,0	-8																		
<p>POZNÁMKA Pro ocelobetonové mosty lze použít výše uvedený zjednodušený postup, který poskytuje horní mez účinků teploty. Hodnoty <math>\Delta T</math> jsou informativní, mohou se použít, jestliže nejsou v národní příloze uvedeny konkrétní hodnoty.</p>																				

### 3.3 Zatížení větrem

$$\gamma_f = 1,5, \Psi_0 = 0,6, \Psi_1 = 0,2, \Psi_2 = 0$$

Konstrukce mostu se navrhuje na zatížení větrem podle ČSN EN 1991-1-4.

Zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4 : Kamenný Přívoz

Tlak větru

větrová oblast	II	vyber větrovou oblast
$z_e =$	9.0 m	referenční výška nad terénem
$\rho =$	1.25 kg.m <sup>-3</sup>	hustota vzduchu
$C_0 =$	1.0	součinitel orografie podle čl. 4.3.3 (příl. A.3) ČSN EN 1991-1-4, pro plochý terén $C_0 = 1.0$
kategorie terénu	III	vyber kategorii terénu
Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je max 20násobek výšky překážek (vesnice, předměstské nebo průmyslové oblasti, souvislé lesy)		
$k_r = 0,19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0,H}} \right)^{0,07}$	$z_0 = 0.3$ m	délka drsnosti podle tab 4.1 ČSN EN 1991-1-4
$C_r(z) = k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)$	$k_r = 0.22$	součinitel terénu
$z_{0,H} = 0,05$	$z_{min} = 5.00$ m	minimální výška nad terénem
$I_v = \frac{k_t}{C_0(z) \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)}$	$z = 9.0$ m	výška nad terénem
$C_e = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot C_0^2 \cdot C_r^2$	$C_r = 0.73$	součinitel drsnosti terénu podle čl. 4.3.2 ČSN EN 1991-1-4
$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2$	$k_t = 1.0$	součinitel turbulence podle NA 2.16 ČSN EN 1991-1-4, v ČR $k_t = 1.0$
$q_p = c_e(z) \cdot q_b$	$I_v = 0.29$	intenzita turbulence podle čl. 4.4 ČSN EN 1991-1-4
	$C_e = 1.641$	součinitel expozice
	$v_{b,0} = 25$ m.s <sup>-1</sup>	výchozí základní rychlost větru
	$q_b = 0.391$ kN.m <sup>-2</sup>	základní dynamický tlak větru
	$q_p = 0.641$ kN.m <sup>-2</sup>	maximální dynamický tlak větru

### 3.4 Zatížení sněhem

$$\gamma_f = 1,5, \Psi_0 = 0,8, \Psi_1 = 0, \Psi_2 = 0$$

- zatížení sněhem na střechách  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$

$\mu_i$  – tvarový součinitel zatížení sněhem (čl. 5.3 a příl. B ČSN EN 1991-1-3)

$s_k$  – charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

$C_e$  – součinitel expozice

$C_t$  – tepelný součinitel

- sněhová oblast II  $\Rightarrow s_k = 1,05$  kN/m<sup>2</sup>

- krajina normální  $\Rightarrow$  součinitel expozice  $C_e = 1,0$

- tepelný součinitel  $C_t = 1,0$

- tvarové součinitele  $\mu$  byly stanoveny podle ČSN EN 1991-1-3, čl. 5.3.2 Pultové střechy

$$\mu_1 = 0,8, \mu_2 = 0,8 \Rightarrow \mu = 0,8$$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05 = 0,84 \text{ kN.m}^{-2}$$

### 3.5 Zatížení dopravou

Bylo stanoveno pro zatížení podle ČSN EN 1991-2, skupina pozemních komunikací 1 (čl. 4.3.2, pozn. 1 a 2) – silnice III. třídy.

Zatěžovací pruhy:

- 1. zatěžovací pruh - šířka  $w_1 = 3,0$  m
- 2. zatěžovací pruh - šířka  $w_1 = 3,0$  m , zbývající plocha  $w - 3,0 \times 2 = 1,0$  m

regulační součinitele:

Skupina 1 – všechny pozemní komunikace s výjimkou komunikací uvedených ve skupině 2;

Skupina 2 – silnice III. třídy předem stanovené příslušným úřadem, obslužné místní komunikace a účelové komunikace.

**Tabulka NA.1 – Hodnoty regulačních součinitelů  $\alpha$  pro ČR**

Skupina pozemních komunikací	$\alpha_{Q1}$	$\alpha_{Q2}$	$\alpha_{Q3}$	$\alpha_{q1}$	$\alpha_{q2}$	$\alpha_{qi} (i > 2)$ a $\alpha_{qr}$
1	1	1	1	1	2,4	1,2
2	0,8	0,8	0,8	0,45 <sup>1)</sup>	1,6	1,6

<sup>1)</sup> Rovnoměrné zatížení v zatěžovacím pruhu 1 je  $0,45 \times 9,0 \text{ kN/m}^2 \sim 4 \text{ kN/m}^2$ .

použijeme model zatížení 1 (LM1), model zatížení 2 (LM2), model zatížení 3 (LM3) a zatížení chodníku

#### **LM1:**

**Tabulka 4.2 – Model zatížení 1 – charakteristické hodnoty**

Umístění	Dvojnáprava (TS)	Rovnoměrné zatížení (UDL)
	nápravové síly $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ (nebo $q_{rk}$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]
Pruh č. 1	300	9
Pruh č. 2	200	2,5
Pruh č. 3	100	2,5
Ostatní pruhy	0	2,5
Zbývající plocha ( $q_{rk}$ )	0	2,5



$$\alpha_{Q1} \cdot Q_{1k} = 1,0 \cdot 300 = 300 \text{ kN} - \text{nápravové síly dvojnápravy (TS) pruhu č. 1}$$

$$\alpha_{q1} \cdot q_{1k} = 1,0 \cdot 9,0 = 9,0 \text{ kN} / \text{m}^2 - \text{rovnoměrné zatížení (UDL) pruhu č. 1}$$

$$\alpha_{Q2} \cdot Q_{2k} = 1,0 \cdot 200 = 200 \text{ kN} - \text{nápravové síly dvojnápravy (TS) pruhu č. 2}$$

$$\alpha_{q2} \cdot q_{2k} = 2,4 \cdot 2,5 = 6,0 \text{ kN} / \text{m}^2 - \text{rovnoměrné zatížení (UDL) pruhu č. 2}$$

$$\alpha_{q3} \cdot q_{3k} = 1,2 \cdot 2,5 = 3,0 \text{ kN} / \text{m}^2 - \text{rovnoměrné zatížení (UDL) pruhu č. 3}$$

**LM2:**

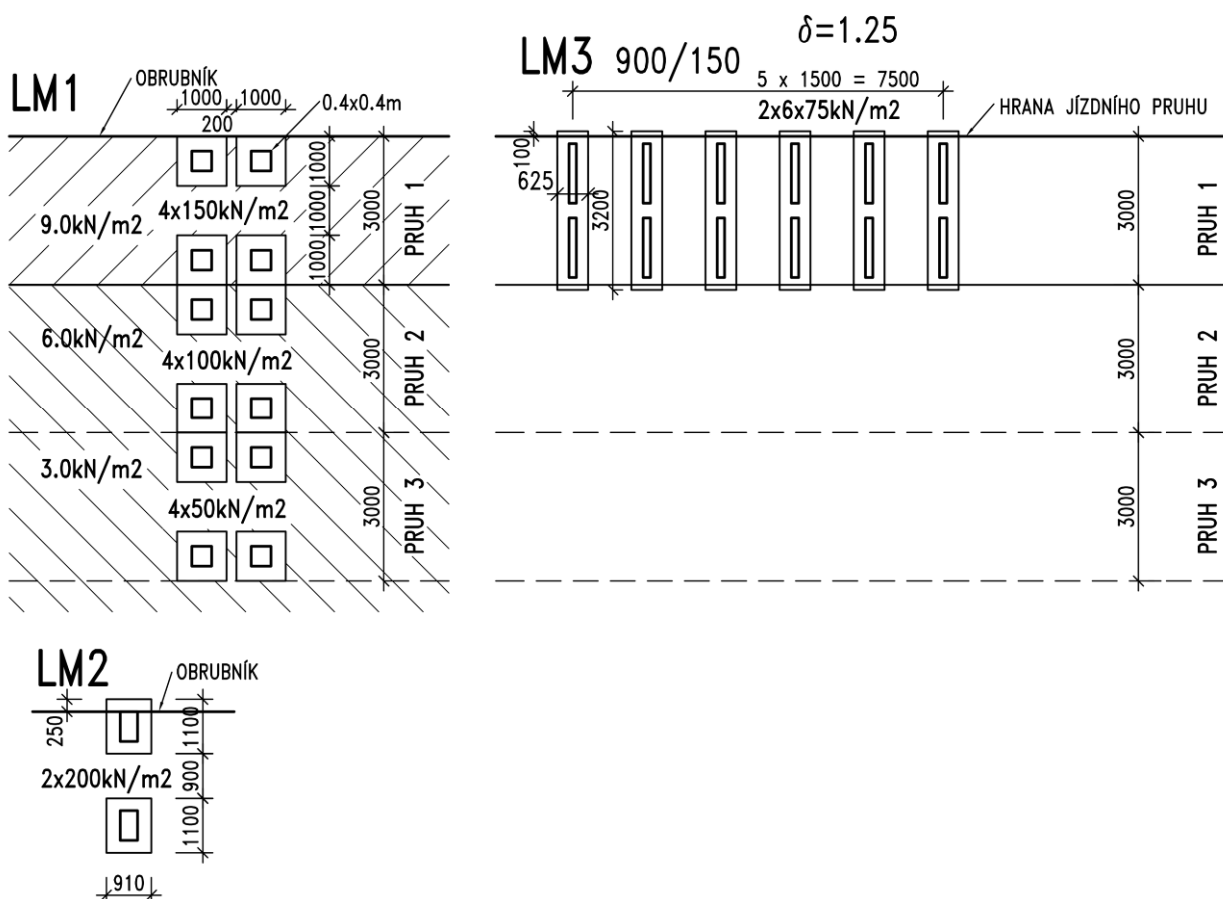
$$\beta_Q \cdot Q_{ak} = 1,0 \cdot 400 = 400 \text{ kN} - \text{nápravová síla}$$

**chodník:**

$$q_{fk} = 5 \text{ kN} / \text{m}^2 - \text{rovnoměrné zatížení chodníku}$$

Schéma zatížení:

**Skupina 1 – III.tř**



### 3.5.1 Vodorovné síly

#### 3.5.1.1 Brzdné a rozjezdové síly

Podélná síla  $Q_{lk}$  působící v úrovni povrchu vozovky

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot \alpha_{q1} \cdot (2 \cdot Q_{k1}) + 0,1 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_l \cdot L = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 2 \cdot 300 + 0,1 \cdot 1,0 \cdot 9,0 \cdot 3,5 \cdot 45,3 = 502,7 \text{ kN}$$

## 3.6 Kombinace

### 3.6.1 Mezní stav únosnosti (základní kombinace)

součinitelé kombinace  $\Psi$  pro mosty pozemních komunikací (Tab. A.2.1 ČSN EN 1990)

Zatížení	Značka		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Zatížení dopravou (viz EN 1991-2, tab. 4.4)	gr1a (LM1+zatížení chodci nebo cyklisty)	TS dvojnápravy	0.75	0.75	0
		UDL (rovnoměrné zatížení)	0.40	0.40	0
		Zat. chodci + zat. cyklisty	0.40	0.40	0
	gr1b (jednotlivá náprava)		0	0.75	0
	gr2 (vodorovné síly)		0	0	0
	gr3 (zatížení chodci)		0	0.40	0
	gr4 (LM4 (zatížení davem lidí))		0	-	0
	gr5 (LM3 (zvláštní vozidla))		0	-	0
Zatížení větrem	$F_{w,k}$				
	- Trvalé návrhové situace		0.6	0.2	0
	- Provádění		0.8	-	0
	$F_w$		1.0	-	-
Zatížení teplotou	$T_k$		0.6	0.6	0.5
Zatížení sněhem	$Q_{Sn,k}$ (během provádění)		0.8	-	-
Staveništní zatížení	$Q_c$		1.0	-	1.0

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

$$\gamma_Q = 1,35 \text{ pro zatížení silniční dopravou nebo chodci}$$

$$\gamma_Q = 1,50 \text{ pro další proměnná zatížení}$$

rovnice 6.10:

$$1,35 \cdot \Sigma G_{k,j} + \gamma_Q \cdot Q_{k,1} + \gamma_Q \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

rovnice 6.10a), b):

$$1,35 \cdot \Sigma G_{k,j} + \gamma_Q \cdot \Psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_Q \cdot \Sigma \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$1,35 \cdot 0,85 \cdot \Sigma G_{k,j} + \gamma_Q \cdot Q_{k,1} + \gamma_Q \cdot \Sigma \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

### 3.6.2 Mezní stav použitelnosti

podle ČSN EN 1990

- i) charakteristická kombinace (pro nevratné mezní stavy)

$$\Sigma G_{k,j} + Q_{k,1} + \Sigma \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.14)$$

- ii) častá kombinace (pro vratné mezní stavy)

$$\Sigma G_{k,j} + \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \Sigma \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.15)$$

- iii) kvazistálá kombinace (pro dlouhodobé účinky a vzhled)

$$\Sigma G_{k,j} + \Sigma \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.16)$$

$$\gamma = 1,0$$

## 4. Výpočty


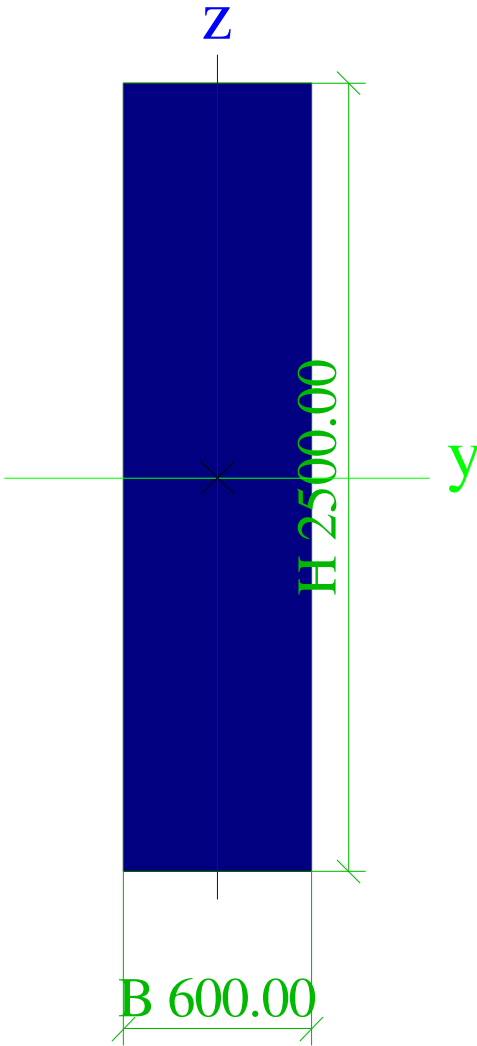
### 4.1 Vstupní parametry a hodnoty programu SCIA Engineer

#### 4.1.1 Kombinace


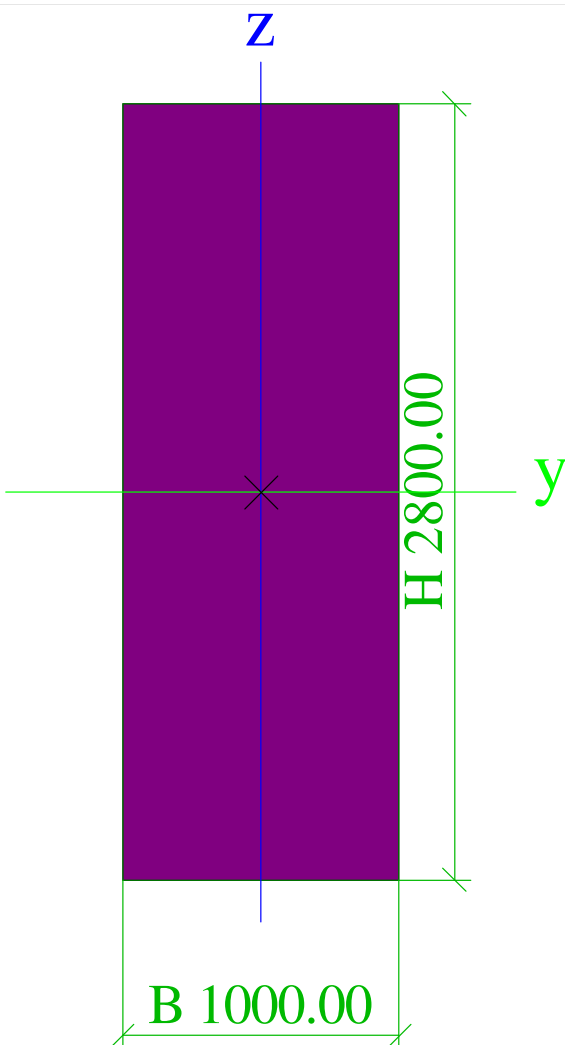
Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSU		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - Vlastní tíha	1.000
			ZS2 - Stálé	1.000
			Rovnoměrné oteplení - +45°C	1.000
			Rovnoměrné ochlazení - -40°C	1.000
			Nerovnoměrné oteplení - deska +10°C	1.000
			Nerovnoměrné ochlazení - deska -10°C	1.000
			LM1 spojitě pruh 1a - pole 1	1.000
			LM1 spojitě pruh 1b - pole 2	1.000
			LM1 spojitě pruh 2a - pole 1	1.000
			LM1 spojitě pruh 2b - pole 2	1.000
			LM1 spojitě pruh 3a - pole 1	1.000
			LM1 spojitě pruh 3b - pole 2	1.000
			Chodci 1 vlevo - pole 1	1.000
			Chodci 2 vlevo - pole 2	1.000
			Chodci 1 vpravo - pole 1	1.000
			Chodci 2 vpravo - pole 2	1.000
			LM1 pohyb a	1.000
			LM1 pohyb b	1.000
CHA		EN-MSP charakteristická	ZS1 - Vlastní tíha	1.000
			ZS2 - Stálé	1.000
			Rovnoměrné oteplení - +45°C	1.000
			Rovnoměrné ochlazení - -40°C	1.000
			Nerovnoměrné oteplení - deska +10°C	1.000
			Nerovnoměrné ochlazení - deska -10°C	1.000
			LM1 spojitě pruh 1a - pole 1	1.000
			LM1 spojitě pruh 1b - pole 2	1.000
			LM1 spojitě pruh 2a - pole 1	1.000
			LM1 spojitě pruh 2b - pole 2	1.000
			LM1 spojitě pruh 3a - pole 1	1.000
			LM1 spojitě pruh 3b - pole 2	1.000
			Chodci 1 vlevo - pole 1	1.000
			Chodci 2 vlevo - pole 2	1.000
			Chodci 1 vpravo - pole 1	1.000
			Chodci 2 vpravo - pole 2	1.000
			LM1 pohyb a	1.000
			LM1 pohyb b	1.000
KVA		EN-MSP kvazistálá	ZS1 - Vlastní tíha	1.000
			ZS2 - Stálé	1.000
			Rovnoměrné oteplení - +45°C	1.000
			Rovnoměrné ochlazení - -40°C	1.000
			Nerovnoměrné oteplení - deska +10°C	1.000
			Nerovnoměrné ochlazení - deska -10°C	1.000

## 4.1.2 Průřezy

Hlavní nosník		
Typ	Iwn	
Detailní	1850.00; 14.00; 300.00; 30.00; 600.00; 40.00; 1780.00; 0.00	
Kód tvaru	101 - Asymetrický I průřez	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	svařovaný	
Barva	<div></div>	
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	b	c
A [mm <sup>2</sup> ]	5.7920e+04	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	3.2886e+04	2.5775e+04
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	5.4720e+00	5.4720e+00
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	300.00	693.55
α [deg]	0.00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	3.0591e+10	7.8791e+08
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	726.75	116.63
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	2.6453e+07	2.6264e+06
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	3.7057e+07	4.3622e+06
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	13155072714.29	13155072714.29
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	1548588100.00	1548588100.00
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0.00	-518.88
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	1.7160e+07	2.0330e+14
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	1385.43	0.00
Obrázek		
Příčník kraj		
Typ	Obdélník	

Detailní	2500.00; 600.00	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	C30/37	
Výroba	beton	
Barva		
A [mm <sup>2</sup> ]	1.5000e+06	
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1.2518e+06	1.2501e+06
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	6.2000e+00	6.2000e+00
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	300.00	1250.00
α [deg]	0.00	
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	7.8125e+11	4.5000e+10
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	721.69	173.21
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	6.2500e+08	1.5000e+08
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	0.0000e+00	0.0000e+00
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	0.00	0.00
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	0.00	0.00
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0.00	0.00
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	1.5281e+11	1.8447e+16
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0.00	0.00
Obrázek		

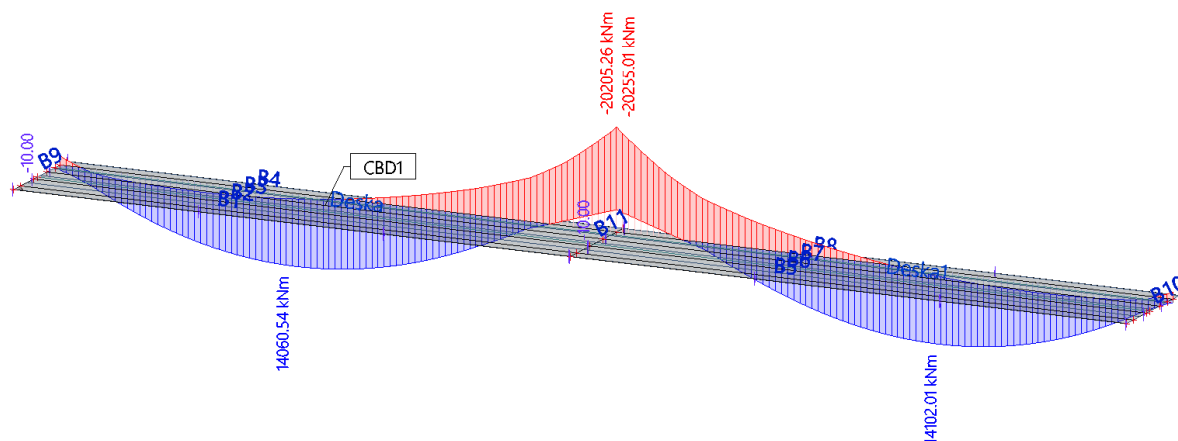
**Příčník střed**

Typ	Obdélník		
Detailní	2800.00; 1000.00		
Typ tvaru	Tlustostěnný		
Materiál	C30/37		
Výroba	beton		
Barva			
A [mm <sup>2</sup> ]	2.8000e+06		
A <sub>y</sub> [mm <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [mm <sup>2</sup> ]	2.3355e+06	2.3336e+06	
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	7.6000e+00	7.6000e+00	
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	500.00	1400.00	
α [deg]	0.00		
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	1.8293e+12	2.3333e+11	
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	808.29	288.68	
W <sub>el,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	1.3067e+09	4.6667e+08	
W <sub>pl,y</sub> [mm <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [mm <sup>3</sup> ]	0.0000e+00	0.0000e+00	
M <sub>pl,y,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nmm]	0.00	0.00	
M <sub>pl,z,+</sub> [Nmm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nmm]	0.00	0.00	
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0.00	0.00	
I <sub>t</sub> [mm <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [mm <sup>6</sup> ]	7.2351e+11	9.0911e+16	
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0.00	0.00	
Obrázek			

## 4.2 Vnitřní síly

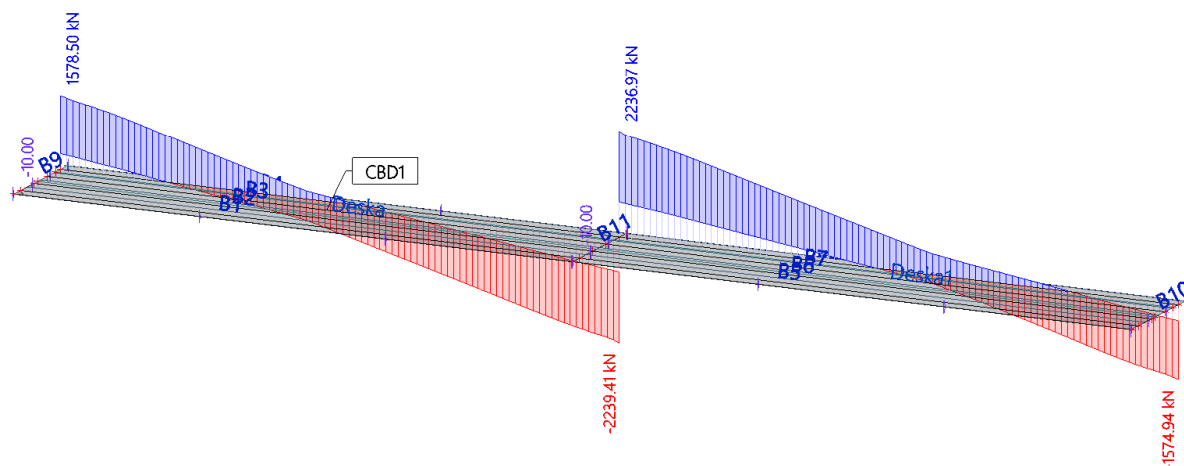
### 4.2.1 Ohybový moment $M_y$ nejnamáhanějšího nosníku

Hodnoty:  $M_y$   
 Lineární výpočet  
 Kombinace: MSU  
 Souřadný systém: Hlavní  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: B4, B8  
 Filtr: Materiál = S 355



### 4.2.2 Posouvající síla $V_z$ nejnamáhanějšího nosníku

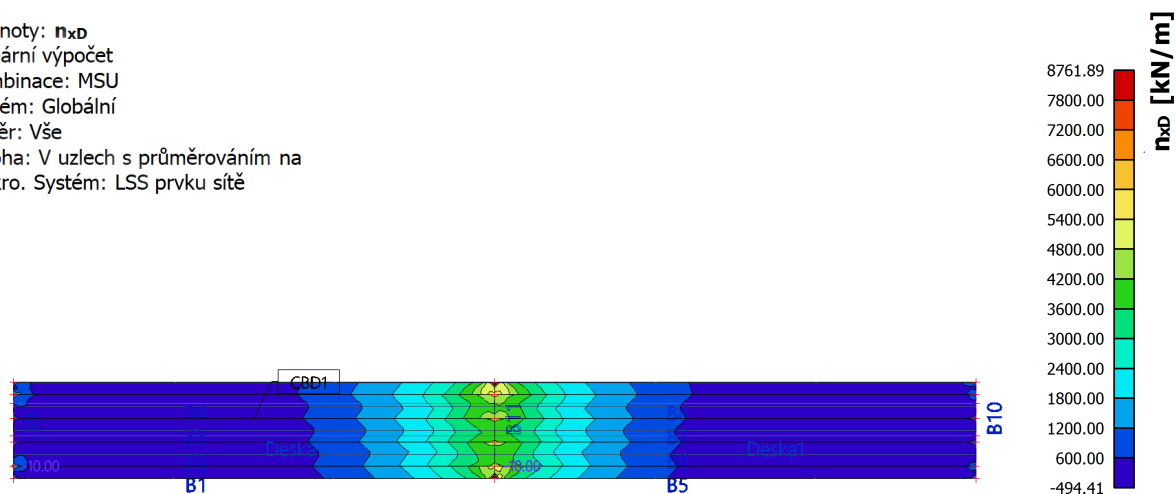
Hodnoty:  $V_z$   
 Lineární výpočet  
 Kombinace: MSU  
 Souřadný systém: Hlavní  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: B4, B8  
 Filtr: Materiál = S 355





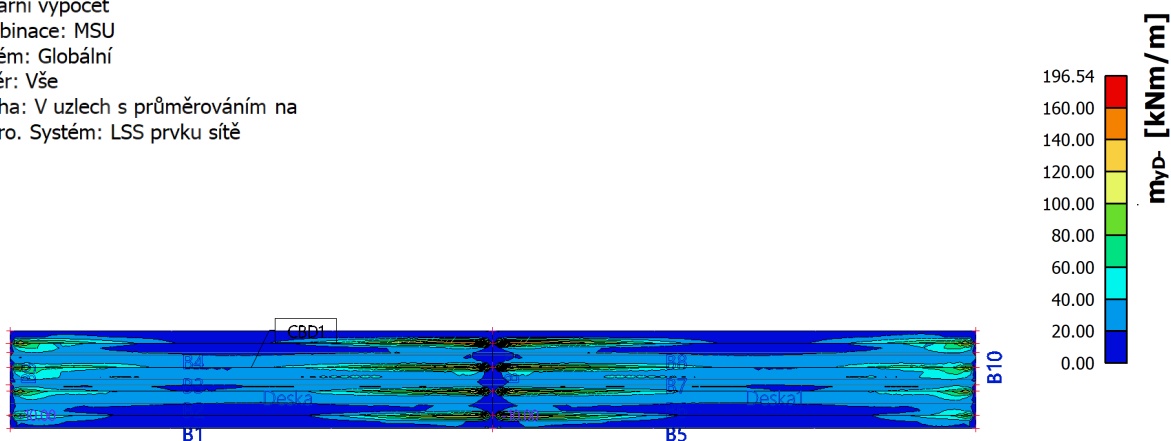
### 4.2.3 Normálové síly v ŽB desce

Hodnoty:  $n_{x0}$   
 Lineární výpočet  
 Kombinace: MSU  
 Extrém: Globální  
 Výběr: Vše  
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



### 4.2.4 Příčný ohybový moment $M_{yD}$ v ŽB desce

Hodnoty:  $m_{yD}$   
 Lineární výpočet  
 Kombinace: MSU  
 Extrém: Globální  
 Výběr: Vše  
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



## 4.3 Posouzení

### 4.3.1 Spřažený průřez nad středním pilířem

#### Posouzení spřaženého průřezu - ocel beton EN1994-2:2005

##### Shrnutí výsledků verze 1.0

##### Třída průřezu - Effective Class 2

Momentová únosnost				dosažení kolapsu	100%	
$M_{pl,Rd}$	33458	$M_{Ed}$	-26412 kNm	plastický moment	$M_{Ed} / M_{pl,Rd}$	79% Vyhovuje

Smyková únosnost				dosažení kolapsu	100%	
$V_{pl,Rd}$	7681	$V_{Ed}$	3634 kNm	plastická únosnost	$V_{Ed} / V_{pl,Rd}$	47% Vyhovuje
$V_{el,Rd}$	5255	$V_{Ed}$	3634 kNm	pružná únosnost	$V_{Ed} / V_{b,Rd}$	69% Vyhovuje

Podélný smyk				dosažení kolapsu	100%	
$V_{L,Rd}$	1960	$V_{L,Ed}$	1879 kN/m	smyková únosnost	$V_{L,Ed} / V_{L,Rd}$	96% Vyhovuje

Napětí				dosažení kolapsu	100%	
$\sigma_a$	308	$\sigma_{allow}$	335 MPa	ocel	$\sigma_a / \sigma_{allow}$	92% Vyhovuje
$\sigma_c$	0	$\sigma_{allow}$	18 MPa	beton	$\sigma_c / \sigma_{allow}$	0% Vyhovuje
$\sigma_s$	185	$\sigma_{allow}$	400 MPa	výztuž	$\sigma_s / \sigma_{allow}$	46% Vyhovuje

#### Materiály

##### Beton C 30/37 třída betonu EN1994-2:2005 2.4.1.2

$f_{ck}$	30 N/mm <sup>2</sup>	válcová pevnost betonu v tlaku
$E_{cm}$	32837 N/mm <sup>2</sup>	modul pružnosti
$\nu$	0.2 -	poissonova konstanta
$\gamma_c$	1.5 -	součinitel bezpečnosti materiálu pro beton
$f_{cd}$	20.0 N/mm <sup>2</sup>	návrhová pevnost betonu = $f_{ck} / \gamma_c$

##### Konstrukční ocel S 355 třída oceli EN1993-1-1:2005, tabulka 3.1

$f_y$	355 N/mm <sup>2</sup>	mez kluzu pro tloušťky materiálu od 0 do 40 mm včetně
$f_y$	335 N/mm <sup>2</sup>	mez kluzu pro tloušťky materiálu 40 do 80 mm včetně
$f_y$	315 N/mm <sup>2</sup>	mez kluzu pro tloušťky materiálu nad 80 mm
$f_u$	510 N/mm <sup>2</sup>	mez pevnosti pro tloušťky materiálu od 0 do 40 mm včetně
$f_u$	470 N/mm <sup>2</sup>	mez pevnosti pro tloušťky materiálu 40 do 80 mm včetně
$f_u$	430 N/mm <sup>2</sup>	mez pevnosti pro tloušťky materiálu nad 80 mm
$E$	210000 N/mm <sup>2</sup>	modul pružnosti
$\nu$	0.3 -	poissonova konstanta
$\gamma_{M0}$	1.0 -	součinitel bezpečnosti materiálu
$\gamma_{M1}$	1.1 -	součinitel bezpečnosti materiálu

##### Betonářská výztuž B500 B třída betonářské výztuže

$f_{sk}$	500 N/mm <sup>2</sup>	mez pevnosti výztuže
$E$	200000 N/mm <sup>2</sup>	modul pružnosti
$\gamma_s$	1.15 -	součinitel bezpečnosti materiálu
$f_{sd}$	435 N/mm <sup>2</sup>	návrhová mez kluzu výztuže = $f_{yk} / \gamma_s$

## Geometrie průřezu

### Deska

b	2250 mm	šířka desky
h	300 mm	tloušťka desky
h <sub>1</sub>	0 mm	odsazení nosníku od desky

### Ocelový nosník

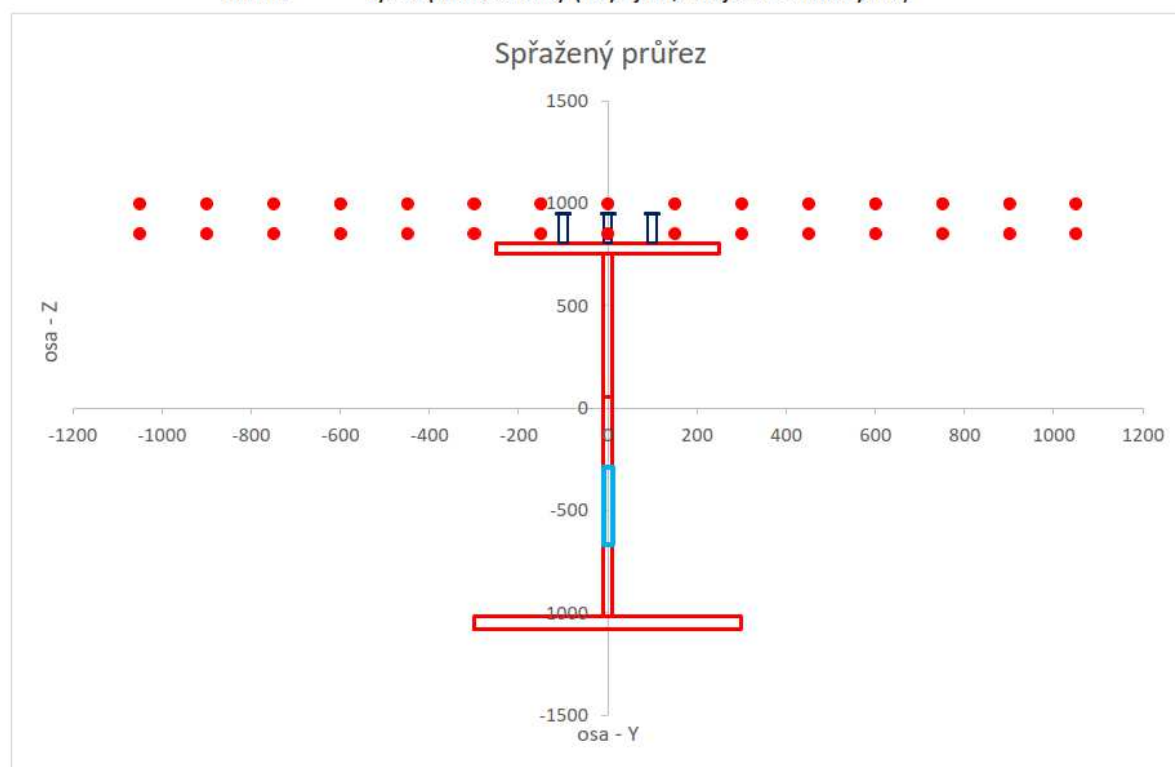
H	1885 mm	celková výška nosníku
t <sub>s</sub>	20 mm	tloušťka stěny
B <sub>h</sub>	500 mm	šířka horní pásnice
t <sub>h</sub>	50 mm	tloušťka horní pásnice
B <sub>d</sub>	600 mm	šířka spodní pásnice
t <sub>d</sub>	65 mm	tloušťka spodní pásnice

### Betonářská výztuž

φ <sub>1,horní</sub>	32 mm	φ <sub>2,dolní</sub>	32 mm	průměr výztuže
á <sub>1</sub>	150 mm	á <sub>2</sub>	150 mm	rozteč výztuže
c <sub>1</sub>	60 mm	c <sub>2</sub>	60 mm	krytí kraje vložky k povrchu

### Přibetonávka

N A/N	levá přibetonávka k nosníku
0 mm	výška přibetonávky (když je 0, tak je na celou výšku)
N A/N	pravá přibetonávka k nosníku
0 mm	výška přibetonávky (když je 0, tak je na celou výšku)



## Zatížení

### Síly působící na ocelový průřez tesně před zatvrdnutím betonu

$F_{x_a}$	0.5 kN	osová síla
$F_{y_a}$	0.0 kN	posouvající síla podél vodorovné osy
$F_{z_a}$	1395.0 kN	posouvající síla podél svislé osy
$M_{x_a}$	0.0 kNm	kroutící moment
$M_{y_a}$	-6157.0 kNm	ohybový moment kolem vodorovné osy
$M_{z_a}$	130.0 kNm	ohybový moment kolem svislé osy

### Síly působící na celkový průřez pro kombinaci MSÚ a MSP - charakteristická

$F_{x_c}$	538.0 kN	$F_{x_{c, char}}$	329.0 kN	osová síla
$F_{y_c}$	0.0 kN	$F_{y_{c, char}}$	0.0 kN	posouvající síla podél vodorovné osy
$F_{z_c}$	2239.0 kN	$F_{z_{c, char}}$	1775.0 kN	posouvající síla podél svislé osy
$M_{x_c}$	0.0 kNm	$M_{x_{c, char}}$	0.0 kNm	kroutící moment
$M_{y_c}$	-20255.0 kNm	$M_{y_{c, char}}$	-15884.0 kNm	ohybový moment kolem vodorovné osy
$M_{z_c}$	300.0 kNm	$M_{z_{c, char}}$	200.0 kNm	ohybový moment kolem svislé osy

## Průřezové charakteristiky

- a** charakteristika pouze ocelového nosníku  
**a,eff** charakteristika pouze ocelového nosníku, zohlednění efektivních rozměrů  
**c** charakteristika spřaženého průřezu  
**c,eff** charakteristika spřaženého průřezu, zohlednění efektivních rozměrů

veličina	a	a,eff	c	c,eff	jednotka	
Area	99400	91856	123527	115983	mm <sup>2</sup>	plocha průřezu
$A_{sy}$	35400	27856	35400	27856	mm <sup>2</sup>	plocha pro smyk svislá osa
$A_{sz}$	64000	64000	64000	64000	mm <sup>2</sup>	plocha pro smyk vodorovná osa
$I_{xx}$	8.05E+07	8.05E+07	1.80E+09	1.80E+09	mm <sup>4</sup>	odolnost vůči kroucení
$I_{yy}$	6.11E+10	6.06E+10	8.85E+10	8.68E+10	mm <sup>4</sup>	moment setrvačnosti kol. vodorovné osy
$I_{zz}$	1.69E+09	1.69E+09	1.18E+10	1.18E+10	mm <sup>4</sup>	moment setrvačnosti kol. svislé osy
$C_{yp}$	300	300	1125	1125	mm	vzdálenost od těžiště ke krajním vláknům (+)y směr
$C_{ym}$	300	300	1125	1125	mm	vzdálenost od těžiště ke krajním vláknům (-)y směr
$C_{zp}$	1066	1048	1104	1075	mm	vzdálenost od těžiště ke krajním vláknům (+)z směr
$C_{zm}$	819	837	1051	1080	mm	vzdálenost od těžiště ke krajním vláknům (-)z směr
Peri-O	5930	5930	10030	10030	mm	celkový obvod průřezu
Cent-y	0	0	0	0	mm	vzdálenost těžiště osa - Y
Cent-z	-1336	-1318	-1104	-1075	mm	vzdálenost těžiště osa - Z
$y_1$	-250	-250	-250	-250	mm	vzdálenost těžiště a bodu 1 osa Y
$z_1$	1066	1048	834	805	mm	vzdálenost těžiště a bodu 1 osa Z
$y_2$	250	250	250	250	mm	vzdálenost těžiště a bodu 2 osa Y
$z_2$	1066	1048	834	805	mm	vzdálenost těžiště a bodu 2 osa Z
$y_3$	300	300	300	300	mm	vzdálenost těžiště a bodu 3 osa Y
$z_3$	-819	-837	-1051	-1080	mm	vzdálenost těžiště a bodu 3 osa Z
$y_4$	-300	-300	-300	-300	mm	vzdálenost těžiště a bodu 4 osa Y
$z_4$	-819	-837	-1051	-1080	mm	vzdálenost těžiště a bodu 4 osa Z
$y_5$	-	-	-1125	-1125	mm	vzdálenost těžiště a bodu 5 osa Y
$z_5$	-	-	1104	1075	mm	vzdálenost těžiště a bodu 5 osa Z
$y_6$	-	-	1125	1125	mm	vzdálenost těžiště a bodu 6 osa Y
$z_6$	-	-	1104	1075	mm	vzdálenost těžiště a bodu 6 osa Z
$y_7$	-	-	1125	1125	mm	vzdálenost těžiště a bodu 7 osa Y
$z_7$	-	-	804	775	mm	vzdálenost těžiště a bodu 7 osa Z
$y_8$	-	-	-1125	-1125	mm	vzdálenost těžiště a bodu 8 osa Y
$z_8$	-	-	804	775	mm	vzdálenost těžiště a bodu 8 osa Z

## Zatřídění průřezu

EN1993-1-1:2005 5.5.2

### Klasifikace pásnic a stěny

popis	c (mm)	t (mm)	f <sub>yd</sub> (MPa)	c/t	ε	
levá horní pásnice	240	50	335	4.80	0.838	
pravá horní pásnice	240	50	335	4.80	0.838	
levá spodní pásnice	290	65	335	4.46	0.838	
pravá spodní pásnice	290	65	335	4.46	0.838	
stěna	1770	20	313.2	88.50	0.866	
	tlak (+)					
popis	σ <sub>1</sub> (MPa)	σ <sub>2</sub> (MPa)	λ <sub>lim-1-2</sub>	λ <sub>lim-2-3</sub>	λ <sub>lim-3-4</sub>	zatřídění
levá horní pásnice	-328	-304	-	-	-	1
pravá horní pásnice	-277	-302	-	-	-	1
levá spodní pásnice	288	318	7.54	8.38	11.73	1
pravá spodní pásnice	349	320	7.54	8.38	11.73	1
stěna	297	-286	61.02	70.27	103.34	3

$$\sigma_{1/2} = -F_{x_a} / A_a - F_{x_c} / A_c + M_{y_a} / I_{yy,a} * z_{i,a} + M_{y_c} / I_{yy,c} * z_{i,c} + M_{z_a} / I_{zz,a} * y_{i,a} + M_{z_c} / I_{zz,c} * y_{i,c}$$

třída průřezu: **Effective Class 2**

Umožňuje vytvořit plastický moment únosnosti, ale v důsledku lokálního boulení stěny je vyloučena část průřezu stěny.

### Efektivní šířka stěny

EN1993-1-1:2005 6.2.2.4

20 ε t<sub>w</sub>      346 mm      spolupůsobící část stěny

### Momentová únosnost - plastický moment únosnosti

EN1994-2:2005 6.2.1.2

poloha plastické neutrální osy: **1020 mm** vzdálenost od horní části průřezu (včetně desky)

část průřezu	pevnost (MPa)	plocha (mm <sup>2</sup> )	síla (kN)	rameno (mm)	moment (kNm)
horní pásnice	335	25000	8375	725	6070
spodní pásnice	335	39000	13065	-1103	14406
stěna-1	313	13997	4384	350	1534
stěna-2	313	21403	6704	-535	3587
stěna-class eff 2	313	-7544	-2363	-535	-1264
deska výztuž-1	435	12064	5245	944	4950
deska výztuž-2	435	12064	5245	796	4174

**Plastický moment únosnosti  $M_{pl,Rd}$**

**33458 kNm**

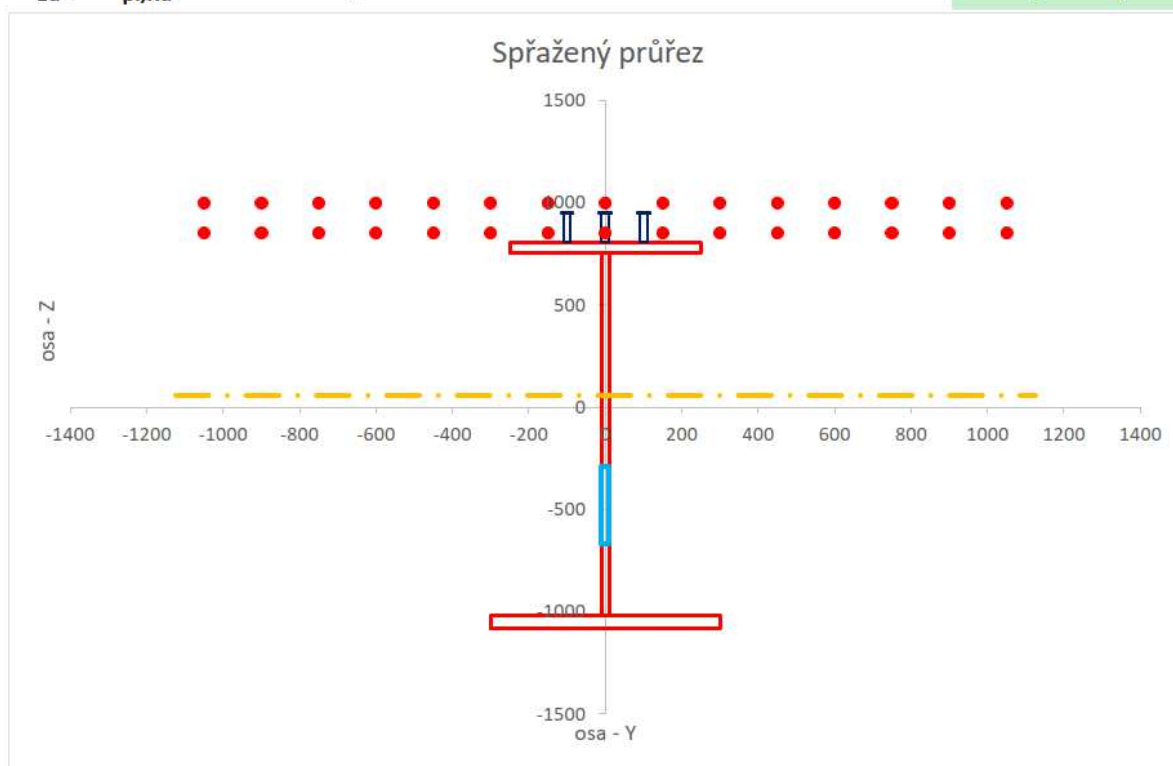
$M_{Ed} / M_{pl,Rd}$  **-26412 / 33458**

**0.79**

**<**

**1.00**

**Vyhovuje**





### Momentová únosnost - pružný moment únosnosti

EN1994-2:2005 6.2.1.5

O únosnosti rozhoduje plastický moment únosnosti.

### Plastická odolnost průřezu na smyk

EN1994-2:2005 6.2.2.2

$$V_{pl,Rd} = A_v * (f_y / 3^{(1/2)}) / \gamma_{M0}$$

$$V_{pl,Rd} = 7681 \text{ kN} \quad \text{plastická smyková únosnost}$$

$$A_v = \eta * (h_w * t_w)$$

EN1993-1-1:2005 6.2.6(3)-d

$$A_v = 42480 \text{ mm}^2 \quad \text{smyková plocha}$$

$$\eta = 1.2 - \quad \text{součinitel který zohledňuje zvětšení smykové odolnosti}$$

$$h_w = 1770 \text{ mm} \quad \text{výška stěny}$$

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad \text{tloušťka stěny}$$

$$f_y = 313.2 \text{ MPa} \quad \text{mez kluzu stěny}$$

$$\gamma_{M0} = 1.00 - \quad \text{součinitel bezpečnosti materiálu}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 3634 / 7681 \quad \mathbf{0.47} < \mathbf{1.00} \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

$$h_w / t > 31 * \varepsilon * (k_t)^{0.5} / \eta \quad 88.50 > 65.14$$

Je potřeba posoudit smykové ochabnutí a je potřeba výztuha nad podporou.

### Smykové ochabnutí

EN1994-2:2005 6.2.2.3, EN1993-1-5:2006 (5.1)

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq (\eta * f_{yw} * h_w * t) / (3^{0.5} * \gamma_{M1})$$

$$V_{b,Rd} \quad 5147 + 109 = 5255 \text{ kN} \quad \leq \quad 6983 \text{ kN}$$

### Příspěvek stojiny

EN1993-1-5:2006 (5.2)

$$V_{bw,Rd} = \chi_w * f_{yw} * h_w * t / (3^{0.5} * \gamma_{M1})$$

$\chi_w$  0.88 - součinitel přízpevku stěny k odolnosti vůči smykovému ochybnutí

$f_{yw}$  313.2 MPa mez kluzu stěny

$h_w$  1770 mm čistá délka stěny mezi pásnicemi

$t$  20 mm tloušťka stěny

$\gamma_{M1}$  1.10 - součinitel bezpečnosti materiálu

$$\alpha = a / h_w$$

$\alpha$  1.129944 - poměr vzdálenosti výztuh k výšce stěny

$a$  2000 mm vzdálenost výztuh

Za předpokladu že mám 0, nebo > 2 podélné výztuhy

$$\alpha \geq 1.0 \quad k_t = 5.34 + 4.00 * (h_w / a)^2 + k_{tst}$$

$$\alpha < 1.0 \quad k_t = 4.00 + 5.34 * (h_w / a)^2 + k_{tst}$$

$k_t$  8.4729 - minimální součinitel smykového ochybnutí pro stěnu EN1993-1-5:2006 A.3

$$k_{tst} = 9 * (h_w / a)^2 * ((I_{sl} / (t^3 * h_w))^3)^{1/4} \geq 2.1 / t * (I_{sl} / h_w)^{1/3}$$

$$k_{tst} \quad 0 -$$

$I_{sl}$  0 mm<sup>4</sup> moment setrvačnosti podélných výztuh kolem svislé osy

$$\lambda_w = h_w / (37.4 * t * \varepsilon * (k_t)^{0.5})$$

$\lambda_w$  0.94 - parametr štíhlosti

$$\varepsilon = (235 / f_y)^{0.5}$$

$$\varepsilon \quad 0.87 -$$

		Rigid end post	Non-rigid end post
$\chi_w$	$\lambda_w < 0.83 / \eta$	$\eta$	$\eta$
	$0.83 / h \leq \lambda_w < 1.08$	$0.83 / \lambda_w$	$0.83 / \lambda_w$
	$\lambda_w \geq 1.08$	$1.37 / (0.7 + \lambda_w)$	$0.83 / \lambda_w$

$V_{bw,Rd}$  5147 kN smyková únosnost stěny zohledňující smykové ochabnutí

### Příspěvek pásnice

EN1993-1-5:2006 5.4(1), EN1993-1-5:2006 (5.8)

$$V_{bf,Rd} = (b_f * t_f^2 * f_{yf}) / (c * \gamma_{M1}) * (1 - (M_{Ed} / M_{f,Rd})^2)$$

$b_f$  500 mm šířka pásnice s menší plochou

$t_f$  50 mm tloušťka pásnice s menší plochou

$f_{yf}$  335 MPa mez kluzu pásnice s menší plochou

$$c = a * (0.25 + (1.6 * b_f * t_f^2 * f_{yf}) / (t * h_w^2 * f_{yw}))$$

$$c \quad 568.28 -$$

redukční součinitel pro  $N_{Ed}$  =  $1 - (N_{Ed} / ((A_{f1} + A_{f2}) * f_{yf} / \gamma_{M0}))$  0.97

$M_{f,Rd}$  28858 kNm plastický moment únosnosti se zanedbáním účinků stěny

$V_{bf,Rd}$  109 kN smyková únosnost pásnice

$$V_{Ed} / V_{b,Rd} \quad 3634 / 5255 \quad 0.69 < 1.00 \quad \text{Vyhovuje}$$



## Interakce ohybu a smyku

EN1994-2:2005 6.2.2.4(1)

### Pro průřez třídy 1 a 2

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd}$$

$$\eta_3 = 0.71 > 0.50 \quad \text{Není nutno posuzovat interakci smyku a ohybu.}$$

Uživatелеm byla ručně upravena pevnost pro smykovou plochu na 313.2 MPa

## Odolnost na podélný smyk

### Podélný smyk, parametry návrhu

d	19 mm	průměr trnu	$f_y$	235 MPa	mez kluzu trnů
n	3 ks	počet kusů příčně	$f_u$	360 MPa	mez pevnosti
$s_t$	100 mm	příčná vzdálenost	$\gamma_v$	1.25 -	součinitel materiálu
$h_{sc}$	150 mm	výška trnu			
$s_c$	100 mm	podélná vzdálenost trnů			

### Podélný smyk, návrhové zatížení

$N_{c,el}$	0 kN	pružná normálová síla v desce
$N_{c,f}$	0 kN	plastická normálová síla v desce
$M_{Ed}$	-26412 kNm	návrhový moment
$V_{Ed}$	3634 kN	návrhová posouvající síla
$M_{pl,Rd}$	33458 kNm	plastický moment únosnosti
$M_{el,Rd}$	26238 kNm	pružný moment únosnosti

### Podélný smyk, návrhové zatížení

$P_{Rd,1} = 0.8 * f_u * \pi * d^2 / 4 / \gamma_v$	$P_{Rd,2} = 0.29 * \alpha * d^2 * (f_{ck} * E_{cm})^{0.5} / \gamma_v$
$P_{Rd,1} = 65 \text{ kN}$	$P_{Rd,2} = 83 \text{ kN}$
	$\alpha = 1.00 -$
$P_{Rd} = \min [P_{Rd,1}; P_{Rd,2}]$	
$P_{Rd} = 65 \text{ kN}$	

### Posouzení

$V_{L,Ed} = V_{Ed} * (A_c * z / I_{yc})$	
$A_c = 105546 \text{ mm}^2$	plocha desky ponížená poměr $E_s/E_c$
$z = 425 \text{ mm}$	vzdálenost neutrální osy spodní hrany desky
$I_{yc} = 8.68E+10 \text{ mm}^4$	moment setrvačnosti průřezu
$V_{L,Ed} = 1879 \text{ kN/m}$	zatížení podélným smykem na 1 m

$$V_{L,Rd} = P_{Rd} * n / s_c$$

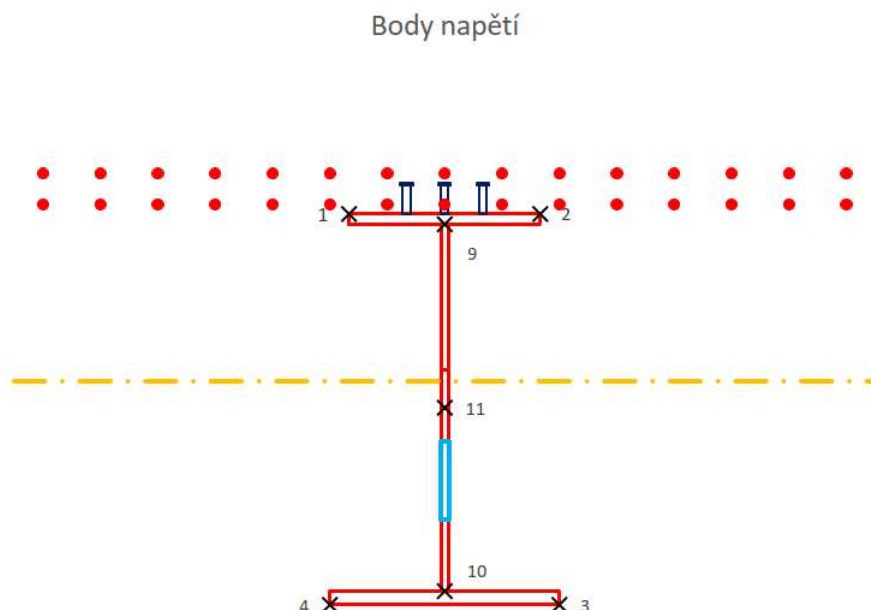
EN1994-2:2005 6.6.2.2

$$V_{L,Rd} = 1960 \text{ kN/m} \quad \text{podélná smyková únosnost na 1 m}$$

$$V_{L,Ed} / V_{L,Rd} = 1879 / 1960 \quad \mathbf{0.96} < \mathbf{1.00}$$

**Vyhovuje**

### Posudek napětí pro mezní stav použitelnosti



#### Posouzení normálového napětí v ocelovém průřezu

EN1994-2:2005 7.2.2.(5)

$$\frac{\sigma_{Ed,ser}}{\gamma_{M,ser}} \leq \sigma_{allow} = \frac{f_y}{\gamma_{M,ser}}$$

součinitel bezpečnosti materiálu

napětí jsou vyhodnocována ve všech stádiích konstrukce

$$\begin{aligned}\sigma_{Ed,a} &= N_{a,Ed} / A_a + M_{y,a,Ed} / I_{yy,a} * z_{a,i} + M_{z,a,Ed} / I_{zz,a} * y_{a,i} \\ \sigma_{Ed,a,eff} &= N_{a,Ed} / A_{a,eff} + M_{y,a,Ed} / I_{yy,a,eff} * z_{a,i,eff} + M_{z,a,Ed} / I_{zz,a,eff} * y_{a,i,eff} \\ \sigma_{Ed,c} &= \sigma_{Ed,a} + N_{c,char} / A_c + M_{y,c,char} / I_{yy,c} * z_{c,i} + M_{z,c,char} / I_{zz,c} * y_{c,i} \\ \sigma_{Ed,c,eff} &= \sigma_{Ed,a,eff} + N_{c,char} / A_{c,eff} + M_{y,c,char} / I_{yy,c,eff} * z_{c,i,eff} + M_{z,c,char} / I_{zz,c,eff} * y_{c,i,eff}\end{aligned}$$

tlak (-) [MPa]

umístění	$\sigma_{Ed,a}$	$\sigma_{Ed,a,eff}$	$\sigma_{Ed,c}$	$\sigma_{Ed,c,eff}$	$\sigma_{max}$	$\sigma_{allow}$	-	-	-
bod 1	127	126	283	280	<b>283</b>	335	0.85	<	1.00
bod 2	88	87	236	233	<b>236</b>	335	0.71	<	1.00
bod 3	-106	-108	-296	-308	<b>308</b>	335	0.92	<	1.00
bod 4	-59	-62	-240	-252	<b>252</b>	335	0.75	<	1.00
bod 9	102	101	246	242	<b>246</b>	335	0.73	<	1.00
bod 10	-76	-78	-250	-261	<b>261</b>	335	0.78	<	1.00
bod 11	13	11	-2	-9	<b>13</b>	335	0.04	<	1.00

#### Posouzení smykového napětí v ocelovém průřezu

EN1994-2:2005 7.2.2.(5)

$$\begin{aligned}\tau_{Ed,ser} &\leq f_y / (3^{0.5} \gamma_{M,ser}) \\ \tau_{Ed,a} &= V_a * S_{y,a} / (I_{yy,a} * t) \\ \tau_{Ed,a,eff} &= V_a * S_{y,a,eff} / (I_{yy,a,eff} * t) \\ \tau_{Ed,c} &= \tau_{Ed,a} + V_c * S_{y,c} / (I_{yy,c} * t) \\ \tau_{Ed,c,eff} &= \tau_{Ed,a,eff} + V_c * S_{y,c,eff} / (I_{yy,c,eff} * t)\end{aligned}$$

[MPa]

umístění	$\tau_{Ed,a}$	$\tau_{Ed,a,eff}$	$\tau_{Ed,c}$	$\tau_{Ed,c,eff}$	$\tau_{max}$	$\tau_{allow}$	-	-	-
bod 9	30	29	50	49	<b>50</b>	181	0.28	<	1.00
bod 10	35	36	75	78	<b>78</b>	181	0.43	<	1.00
bod 11	42	41	68	67	<b>68</b>	181	0.38	<	1.00

**Posouzení srovnávacího napětí v ocelovém průřezu**

EN1994-2:2005 7.2.2.(5)

$$\sigma_{Ed,vm} \leq \sigma_{allow} = f_y / \gamma_{M,ser}$$

$$\sigma_{Ed,vm} = (\sigma_{Ed,ser}^2 + 3\tau_{Ed,ser}^2)^{0.5}$$

umístění	$\sigma_{Ed,vm,a}$	$\sigma_{Ed,vm,a,eff}$	$\sigma_{Ed,vm,c}$	$\sigma_{Ed,vm,c,eff}$	$\sigma_{Ed,vm,max}$	$\sigma_{allow}$	-	-	-
bod 9	115	114	261	257	<b>261</b>	335	0.78	<	1.00
bod 10	97	100	282	294	<b>294</b>	335	0.88	<	1.00
bod 11	73	72	118	116	<b>118</b>	335	0.35	<	1.00

**Posouzení normálového napětí v betonu**

EN 1994-2: 7.2.2

$$\sigma_{Ed,c} \leq k_1 * f_{ck}$$

$k_1$  0.6 - součinitel pro charakteristickou kombinaci

$$\sigma_{Ed,c} = N_{c,char} / A_c + M_{y,c,char} / I_{yy,c} * z_{c,i} / (E_s / E_{cm}) + M_{z,c,char} / I_{zz,c} * y_{c,i} / (E_s / E_{cm})$$

$$\sigma_{Ed,c,eff} = N_{c,char} / A_{c,eff} + M_{y,c,char} / I_{yy,c,eff} * z_{c,i,eff} / (E_s / E_{cm}) + M_{z,c,char} / I_{zz,c,eff} * y_{c,i,eff} / (E_s / E_{cm})$$

**tlak (-) [MPa] - beton v tahu se neuvažuje**

umístění	-	-	$\sigma_{Ed,c}$	$\sigma_{Ed,c,eff}$	$\sigma_{max}$	$\sigma_{allow}$	-	-	-
bod 5			0.0	0.0	<b>0.0</b>	18	0.00	<	1.00
bod 6			0.0	0.0	<b>0.0</b>	18	0.00	<	1.00
bod 7			0.0	0.0	<b>0.0</b>	18	0.00	<	1.00
bod 8			0.0	0.0	<b>0.0</b>	18	0.00	<	1.00

**Posouzení normálového napětí ve výztuži**

EN 1994-2: 7.2.2

$$\sigma_{Ed,s} \leq k_3 * f_{sk}$$

$k_3$  0.8 - součinitel pro charakteristickou kombinaci

$$\sigma_{Ed,s,c} = N_{c,char} / A_c + M_{y,c,char} / I_{yy,c} * z_{c,i}$$

$$\sigma_{Ed,s,c,eff} = N_{c,char} / A_{c,eff} + M_{y,c,char} / I_{yy,c,eff} * z_{c,i,eff}$$

**tah (+) [MPa] - výztuž v tlaku se neuvažuje**

umístění	-	-	$\sigma_{Ed,s,c}$	$\sigma_{Ed,s,c,eff}$	$\sigma_{max}$	$\sigma_{allow}$	-	-	-
výztuž-1			185	183	<b>185</b>	400	0.46	<	1.00
výztuž-2			158	156	<b>158</b>	400	0.40	<	1.00

#### 4.3.2 Spřažený průřez v poli

### Posouzení spřaženého průřezu - ocel beton EN1994-2:2005

#### Shrnutí výsledků verze 1.0

Třída průřezu - 4

Momentová únosnost					dosažení kolapsu	100%	
$M_{pl,Rd}$	26665	$M_{Ed}$	18841 kNm	plastický moment	$M_{Ed} / M_{pl,Rd}$	71%	Vyhovuje

Smyková únosnost					dosažení kolapsu	100%	
$V_{pl,Rd}$	5377	$V_{Ed}$	2540 kNm	plastická únosnost	$V_{Ed} / V_{pl,Rd}$	47%	Vyhovuje
$V_{el,Rd}$	2773	$V_{Ed}$	2540 kNm	pružná únosnost	$V_{Ed} / V_{el,Rd}$	92%	Vyhovuje

Podélný smyk					dosažení kolapsu	100%	
$V_{L,Rd}$	1307	$V_{L,Ed}$	905 kN/m	smyková únosnost	$V_{L,Ed} / V_{L,Rd}$	69%	Vyhovuje

Napětí					dosažení kolapsu	100%	
$\sigma_a$	297	$\sigma_{allow}$	335 MPa	ocel	$\sigma_a / \sigma_{allow}$	89%	Vyhovuje
$\sigma_c$	11	$\sigma_{allow}$	18 MPa	beton	$\sigma_c / \sigma_{allow}$	60%	Vyhovuje

#### Materiály

Beton	C 30/37	třída betonu	EN1994-2:2005 2.4.1.2
-------	---------	--------------	-----------------------

$f_{ck}$	30 N/mm <sup>2</sup>	válcová pevnost betonu v tlaku
$E_{cm}$	32837 N/mm <sup>2</sup>	modul pružnosti
$\nu$	0.2 -	poissonova konstanta
$\gamma_c$	1.5 -	součinitel bezpečnosti materiálu pro beton
$f_{cd}$	20.0 N/mm <sup>2</sup>	návrhová pevnost betonu = $f_{ck} / \gamma_c$

Konstrukční ocel	S 355	třída oceli	EN1993-1-1:2005, tabulka 3.1
------------------	-------	-------------	------------------------------

$f_y$	355 N/mm <sup>2</sup>	mez kluzu pro tloušťky materiálu od 0 do 40 mm včetně
$f_y$	335 N/mm <sup>2</sup>	mez kluzu pro tloušťky materiálu 40 do 80 mm včetně
$f_y$	315 N/mm <sup>2</sup>	mez kluzu pro tloušťky materiálu nad 80 mm
$f_u$	510 N/mm <sup>2</sup>	mez pevnosti pro tloušťky materiálu od 0 do 40 mm včetně
$f_u$	470 N/mm <sup>2</sup>	mez pevnosti pro tloušťky materiálu 40 do 80 mm včetně
$f_u$	430 N/mm <sup>2</sup>	mez pevnosti pro tloušťky materiálu nad 80 mm
$E$	210000 N/mm <sup>2</sup>	modul pružnosti
$\nu$	0.3 -	poissonova konstanta
$\gamma_{M0}$	1.0 -	součinitel bezpečnosti materiálu
$\gamma_{M1}$	1.1 -	součinitel bezpečnosti materiálu

Betonářská výztuž	B500 B	třída betonářské výztuže
-------------------	--------	--------------------------

$f_{sk}$	500 N/mm <sup>2</sup>	mez pevnosti výztuže
$E$	200000 N/mm <sup>2</sup>	modul pružnosti
$\gamma_s$	1.15 -	součinitel bezpečnosti materiálu
$f_{sd}$	435 N/mm <sup>2</sup>	návrhová mez kluzu výztuže = $f_{yk} / \gamma_s$

## Geometrie průřezu

### Deska

b	2250 mm	šířka desky
h	300 mm	tloušťka desky
h <sub>1</sub>	0 mm	odsazení nosníku od desky

### Ocelový nosník

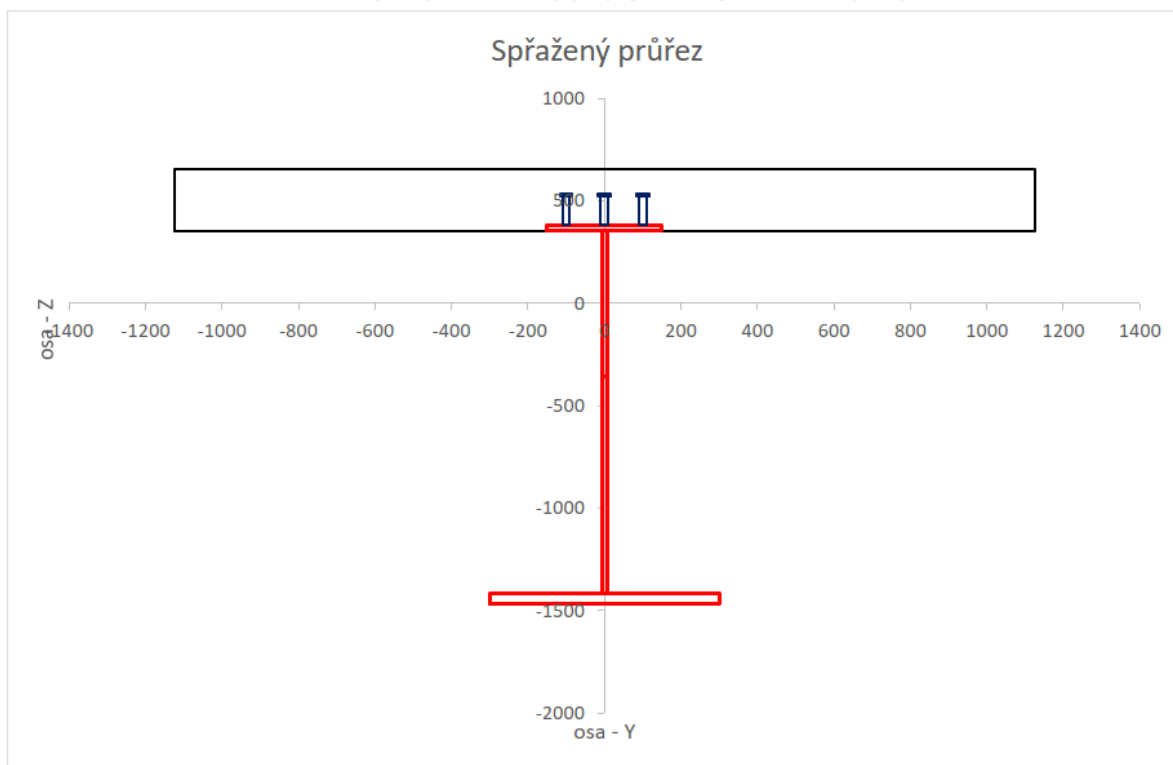
H	1850 mm	celková výška nosníku
t <sub>s</sub>	14 mm	tloušťka stěny
B <sub>h</sub>	300 mm	šířka horní pásnice
t <sub>h</sub>	30 mm	tloušťka horní pásnice
B <sub>d</sub>	600 mm	šířka spodní pásnice
t <sub>d</sub>	50 mm	tloušťka spodní pásnice

### Betonářská výztuž

φ <sub>1,horní</sub>	32 mm	φ <sub>2,dolní</sub>	32 mm	průměr výztuže
á <sub>1</sub>	150 mm	á <sub>2</sub>	150 mm	rozteč výztuže
c <sub>1</sub>	60 mm	c <sub>2</sub>	60 mm	krytí kraje vložky k povrchu

### Přibetonávka

N A/N	levá přibetonávka k nosníku
0 mm	výška přibetonávky (když je 0, tak je na celou výšku)
N A/N	pravá přibetonávka k nosníku
0 mm	výška přibetonávky (když je 0, tak je na celou výšku)





## Zatížení

### Síly působící na ocelový průřez tesně před zatvrdnutím betonu

$F_{x_a}$	0.5 kN	osová síla
$F_{y_a}$	0.0 kN	posouvající síla podél vodorovné osy
$F_{z_a}$	962.0 kN	posouvající síla podél svislé osy
$M_{x_a}$	0.0 kNm	kroučící moment
$M_{y_a}$	4739.0 kNm	ohybový moment kolem vodorovné osy
$M_{z_a}$	150.0 kNm	ohybový moment kolem svislé osy

### Síly působící na celkový průřez pro kombinaci MSÚ a MSP - charakteristická

$F_{x_c}$	994.0 kN	$F_{x_{c,char}}$	691.0 kN	osová síla
$F_{y_c}$	0.0 kN	$F_{y_{c,char}}$	0.0 kN	posouvající síla podél vodorovné osy
$F_{z_c}$	1578.0 kN	$F_{z_{c,char}}$	1175.0 kN	posouvající síla podél svislé osy
$M_{x_c}$	0.0 kNm	$M_{x_{c,char}}$	0.0 kNm	kroučící moment
$M_{y_c}$	14102.0 kNm	$M_{y_{c,char}}$	10983.0 kNm	ohybový moment kolem vodorovné osy
$M_{z_c}$	300.0 kNm	$M_{z_{c,char}}$	200.0 kNm	ohybový moment kolem svislé osy

## Průřezové charakteristiky

**a** charakteristika pouze ocelového nosníku

**a,eff** charakteristika pouze ocelového nosníku, zohlednění efektivních rozměrů

**c** charakteristika spřaženého průřezu

**c,eff** charakteristika spřaženého průřezu, zohlednění efektivních rozměrů

veličina	a	a,eff	c	c,eff	jednotka	
Area	63780	63780	169326	169326	mm <sup>2</sup>	plocha průřezu
$A_{sy}$	24780	24780	24780	24780	mm <sup>2</sup>	plocha pro smyk svislá osa
$A_{sz}$	39000	39000	39000	39000	mm <sup>2</sup>	plocha pro smyk vodorovná osa
$I_{xx}$	2.93E+07	2.93E+07	1.74E+09	1.74E+09	mm <sup>4</sup>	odolnost vůči kroucení
$I_{yy}$	3.28E+10	3.28E+10	1.05E+11	1.05E+11	mm <sup>4</sup>	moment setrvačnosti kol. vodorovné osy
$I_{zz}$	9.68E+08	9.68E+08	4.55E+10	4.55E+10	mm <sup>4</sup>	moment setrvačnosti kol. svislé osy
$C_{yp}$	300	300	1125	1125	mm	vzdálenost od těžiště ke krajním vláknům (+)y směr
$C_{ym}$	300	300	1125	1125	mm	vzdálenost od těžiště ke krajním vláknům (-)y směr
$C_{zp}$	1216	1216	653	653	mm	vzdálenost od těžiště ke krajním vláknům (+)z směr
$C_{zm}$	634	634	1467	1467	mm	vzdálenost od těžiště ke krajním vláknům (-)z směr
Peri-O	5472	5472	9972	9972	mm	celkový obvod průřezu
Cent-y	0	0	0	0	mm	vzdálenost těžiště osa - Y
Cent-z	-1486	-1486	-653	-653	mm	vzdálenost těžiště osa - Z
$y_1$	-150	-150	-150	-150	mm	vzdálenost těžiště a bodu 1 osa Y
$z_1$	1216	1216	383	383	mm	vzdálenost těžiště a bodu 1 osa Z
$y_2$	150	150	150	150	mm	vzdálenost těžiště a bodu 2 osa Y
$z_2$	1216	1216	383	383	mm	vzdálenost těžiště a bodu 2 osa Z
$y_3$	300	300	300	300	mm	vzdálenost těžiště a bodu 3 osa Y
$z_3$	-634	-634	-1467	-1467	mm	vzdálenost těžiště a bodu 3 osa Z
$y_4$	-300	-300	-300	-300	mm	vzdálenost těžiště a bodu 4 osa Y
$z_4$	-634	-634	-1467	-1467	mm	vzdálenost těžiště a bodu 4 osa Z
$y_5$	-	-	-1125	-1125	mm	vzdálenost těžiště a bodu 5 osa Y
$z_5$	-	-	653	653	mm	vzdálenost těžiště a bodu 5 osa Z
$y_6$	-	-	1125	1125	mm	vzdálenost těžiště a bodu 6 osa Y
$z_6$	-	-	653	653	mm	vzdálenost těžiště a bodu 6 osa Z
$y_7$	-	-	1125	1125	mm	vzdálenost těžiště a bodu 7 osa Y
$z_7$	-	-	353	353	mm	vzdálenost těžiště a bodu 7 osa Z
$y_8$	-	-	-1125	-1125	mm	vzdálenost těžiště a bodu 8 osa Y
$z_8$	-	-	353	353	mm	vzdálenost těžiště a bodu 8 osa Z

## Zatřídění průřezu

EN1993-1-1:2005 5.5.2

### Klasifikace pásnic a stěny

popis	c (mm)	t (mm)	f <sub>yd</sub> (MPa)	c/t	ε	
levá horní pásnice	143	30	355	4.77	0.814	
pravá horní pásnice	143	30	355	4.77	0.814	
levá spodní pásnice	293	50	335	5.86	0.838	
pravá spodní pásnice	293	50	335	5.86	0.838	
stěna	1770	14	313.2	126.43	0.866	
	tlak (+)					
popis	σ <sub>1</sub> (MPa)	σ <sub>2</sub> (MPa)	λ <sub>lim-1-2</sub>	λ <sub>lim-2-3</sub>	λ <sub>lim-3-4</sub>	zatřídění
levá horní pásnice	197	220	7.32	8.14	11.39	1
pravá horní pásnice	246	222	7.32	8.14	11.39	1
levá spodní pásnice	-344	-296	-	-	-	1
pravá spodní pásnice	-247	-294	-	-	-	1
stěna	-281	213	72.36	83.42	86.60	4

$$\sigma_{1/2} = -F_{x_a} / A_a - F_{x_c} / A_c + M_{y_a} / I_{yy,a} * z_{i,a} + M_{y_c} / I_{yy,c} * z_{i,c} + M_{z_a} / I_{zz,a} * y_{i,a} + M_{z_c} / I_{zz,c} * y_{i,c}$$

třída průřezu: **4**

V důsledku lokálního boulení není možné dosáhnout mez kluzu v jedné nebo více částech průřezu.

Efektivní rozměry jsou větší, než tlačенá část stěny, proto je průřez posuzován plasticky, jak v třídě 1.

**Momentová únosnost - plastický moment únosnosti**

EN1994-2:2005 6.2.1.2

poloha plastické neutrální osy: **1012 mm** vzdálenost od horní části průřezu (včetně desky)

část průřezu	pevnost (MPa)	plocha (mm <sup>2</sup> )	síla (kN)	rameno (mm)	moment (kNm)
horní pásnice	355	9000	3195	727	2324
spodní pásnice	335	30000	10050	-1083	10880
stěna-1	313	9973	3124	356	1113
stěna-2	313	14807	4637	-529	2452
deska	17	675000	11475	862	9896

**Plastický moment únosnosti  $M_{pl,Rd}$**

**26665 kNm**

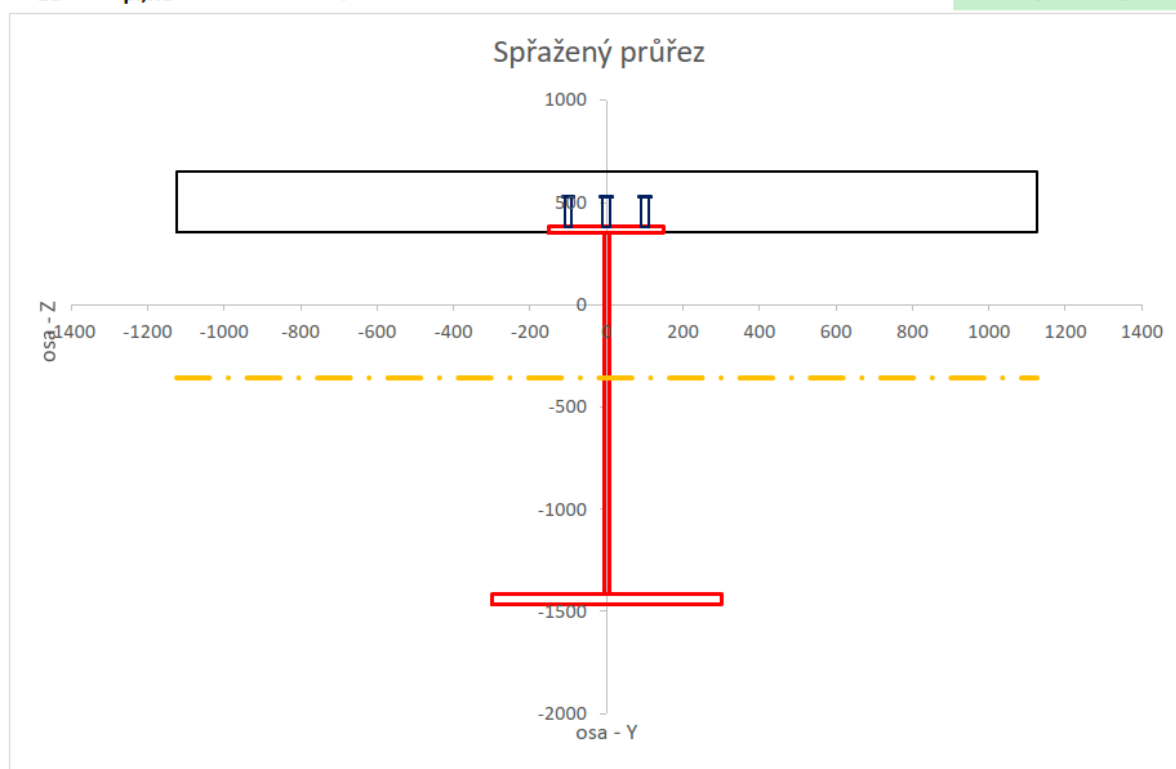
$M_{Ed} / M_{pl,Rd}$  **18841 / 26665**

**0.71**

**<**

**1.00**

**Vyhovuje**





### Momentová únosnost - pružný moment únosnosti

EN1994-2:2005 6.2.1.5

O únosnosti rozhoduje plastický moment únosnosti.

### Plastická odolnost průřezu na smyk

EN1994-2:2005 6.2.2.2

$$V_{pl,Rd} = A_v * (f_y / 3^{(1/2)}) / \gamma_{Mo}$$

$$V_{pl,Rd} = 5377 \text{ kN} \quad \text{plastická smyková únosnost}$$

$$A_v = \eta * (h_w * t_w)$$

EN1993-1-1:2005 6.2.6(3)-d

$$A_v = 29736 \text{ mm}^2 \quad \text{smyková plocha}$$

$$\eta = 1.2 - \quad \text{součinitel který zohledňuje zvětšení smykové odolnosti}$$

$$h_w = 1770 \text{ mm} \quad \text{výška stěny}$$

$$t_w = 14 \text{ mm} \quad \text{tloušťka stěny}$$

$$f_y = 313.2 \text{ MPa} \quad \text{mez kluzu stěny}$$

$$\gamma_{Mo} = 1.00 - \quad \text{součinitel bezpečnosti materiálu}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 2540 / 5377 \quad \mathbf{0.47} < \mathbf{1.00} \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

$$h_w / t > 31 * \epsilon * (k_t)^{0.5} / \eta \quad 126.43 > 65.14$$

Je potřeba posoudit smykové ochabnutí a je potřeba výztuha nad podporou.

### Smykové ochabnutí

EN1994-2:2005 6.2.2.3, EN1993-1-5:2006 (5.1)

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq (\eta * f_{yw} * h_w * t) / (3^{0.5} * \gamma_{M1})$$

$$V_{b,Rd} \quad 2735 + 38 = 2773 \text{ kN} \quad \leq \quad 4888 \text{ kN}$$

### Příspěvek stojiny

EN1993-1-5:2006 (5.2)

$$V_{bw,Rd} = \chi_w * f_{yw} * h_w * t / (3^{0.5} * \gamma_{M1})$$

$\chi_w$  0.67 - součinitel přízpevku stěny k odolnosti vůči smykovému ochybnutí

$f_{yw}$  313.2 MPa mez kluzu stěny

$h_w$  1770 mm čistá délka stěny mezi pásnicemi

$t$  14 mm tloušťka stěny

$\gamma_{M1}$  1.10 - součinitel bezpečnosti materiálu

$$\alpha = a / h_w$$

$\alpha$  1.129944 - poměr vzdálenosti výztuh k výšce stěny

$a$  2000 mm vzdálenost výztuh

Za předpokladu že mám 0, nebo > 2 podélné výztuhy

$$\alpha \geq 1.0 \quad k_t = 5.34 + 4.00 * (h_w / a)^2 + k_{tst}$$

$$\alpha < 1.0 \quad k_t = 4.00 + 5.34 * (h_w / a)^2 + k_{tst}$$

$k_t$  8.4729 - minimální součinitel smykového ochybnutí pro stěnu EN1993-1-5:2006 A.3

$$k_{tst} = 9 * (h_w / a)^2 * ((I_{sl} / (t^3 * h_w))^3)^{1/4} \geq 2.1 / t * (I_{sl} / h_w)^{1/3}$$

$$k_{tst} \quad 0 -$$

$I_{sl}$  0 mm<sup>4</sup> moment setrvačnosti podélných výztuh kolem svislé osy

$$\lambda_w = h_w / (37.4 * t * \varepsilon * (k_t)^{0.5})$$

$\lambda_w$  1.34 - parametr štíhlosti

$$\varepsilon = (235 / f_y)^{0.5}$$

$$\varepsilon \quad 0.87 -$$

		Rigid end post	Non-rigid end post
$\chi_w$	$\lambda_w < 0.83 / \eta$	$\eta$	$\eta$
	$0.83 / h \leq \lambda_w < 1.08$	$0.83 / \lambda_w$	$0.83 / \lambda_w$
	$\lambda_w \geq 1.08$	$1.37 / (0.7 + \lambda_w)$	$0.83 / \lambda_w$

$V_{bw,Rd}$  2735 kN smyková únosnost stěny zohledňující smykové ochabnutí

### Příspěvek pásnice

EN1993-1-5:2006 5.4(1), EN1993-1-5:2006 (5.8)

$$V_{bf,Rd} = (b_f * t_f^2 * f_{yf}) / (c * \gamma_{M1}) * (1 - (M_{Ed} / M_{f,Rd})^2)$$

$b_f$  300 mm šířka pásnice s menší plochou

$t_f$  30 mm tloušťka pásnice s menší plochou

$f_{yf}$  355 MPa mez kluzu pásnice s menší plochou

$$c = a * (0.25 + (1.6 * b_f * t_f^2 * f_{yf}) / (t * h_w^2 * f_{yw}))$$

$$c \quad 522.33 -$$

redukční součinitel pro  $N_{Ed}$  =  $1 - (N_{Ed} / ((A_{f1} + A_{f2}) * f_{yf} / \gamma_{M0}))$  0.93

$M_{f,Rd}$  21441 kNm plastický moment únosnosti se zanedbáním účinků stěny

$V_{bf,Rd}$  38 kN smyková únosnost pásnice

$$V_{Ed} / V_{b,Rd} \quad 2540 / 2773 \quad 0.92 < 1.00 \quad \text{Vyhovuje}$$

## Interakce ohybu a smyku

EN1994-2:2005 6.2.2.4(1)

### Pro průřez třídy 3 a 4

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd}$$

$$\eta_3 = 0.93 > 0.50 \quad \text{Je nutno posoudit interakci smyku a ohybu.}$$

$$\eta_1 = \max [M_{Ed} / M_{pl,Rd} ; M_{f,Rd} / M_{pl,Rd}]$$

$$\eta_1 = 0.80$$

$$\eta_1 + (1 - M_{f,Rd} / M_{pl,Rd}) * (2 * \eta_3 - 1)^2 = 0.95 < 1.00 \quad \text{EN1993-1-5:2006 7.1(1)}$$

Splňuje podmínku.

## Odolnost na podélný smyk

### Podélný smyk, parametry návrhu

d	19 mm	průměr trnu	f <sub>y</sub>	235 MPa	mez kluzu trnů
n	3 ks	počet kusů příčně	f <sub>u</sub>	360 MPa	mez pevnosti
s <sub>t</sub>	100 mm	příčná vzdálenost	γ <sub>v</sub>	1.25 -	součinitel materiálu
h <sub>sc</sub>	150 mm	výška trnu			
s <sub>c</sub>	150 mm	podélná vzdálenost trnů			

### Podélný smyk, návrhové zatížení

N <sub>c,el</sub>	6542 kN	pružná normálová síla v desce
N <sub>c,f</sub>	11475 kN	plastická normálová síla v desce
M <sub>Ed</sub>	18841 kNm	návrhový moment
V <sub>Ed</sub>	2540 kN	návrhová posouvající síla
M <sub>pl,Rd</sub>	26665 kNm	plastický moment únosnosti
M <sub>el,Rd</sub>	25217 kNm	pružný moment únosnosti

### Podélný smyk, návrhové zatížení

P <sub>Rd,1</sub>	= 0.8 * f <sub>u</sub> * π * d <sup>2</sup> / 4 / γ <sub>v</sub>	P <sub>Rd,2</sub>	= 0.29 * α * d <sup>2</sup> * (f <sub>ck</sub> * E <sub>cm</sub> ) <sup>0.5</sup> / γ <sub>v</sub>
P <sub>Rd,1</sub>	65 kN	P <sub>Rd,2</sub>	83 kN
		α	1.00 -
P <sub>Rd</sub>	= min [P <sub>Rd,1</sub> ; P <sub>Rd,2</sub> ]		
P <sub>Rd</sub>	65 kN		

### Posouzení

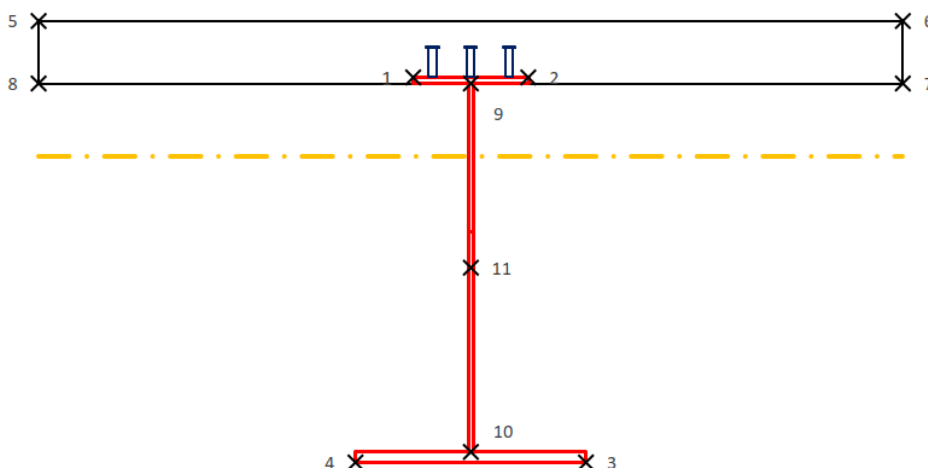
V <sub>L,Ed</sub>	= V <sub>Ed</sub> * (A <sub>c</sub> * z / I <sub>yc</sub> )	
A <sub>c</sub>	105546 mm <sup>2</sup>	plocha desky ponížená poměr Es/Es
z	353 mm	vzdálenost neutrální osy spodní hrany desky
I <sub>yc</sub>	1.05E+11 mm <sup>4</sup>	moment setrvačnosti průřezu
V <sub>L,Ed</sub>	905 kN/m	zatížení podélným smykem na 1 m

V <sub>L,Rd</sub>	= P <sub>Rd</sub> * n / s <sub>c</sub>	EN1994-2:2005 6.6.2.2
V <sub>L,Rd</sub>	1307 kN/m	podélná smyková únosnost na 1 m

$$V_{L,Ed} / V_{L,Rd} = 905 / 1307 = 0.69 < 1.00 \quad \text{Vyhovuje}$$

## Posudek napětí pro mezní stav použitelnosti

Body napětí



### Posouzení normálového napětí v ocelovém průřezu

EN1994-2:2005 7.2.2.(5)

$$\sigma_{Ed,ser} \leq \sigma_{allow} = f_y / \gamma_{M,ser}$$

$\gamma_{M,ser}$  1 - součinitel bezpečnosti materiálů

napětí jsou vyhodnocována ve všech stádiích konstrukce

$$\begin{aligned} \sigma_{Ed,a} &= N_{a,Ed} / A_a + M_{y,a,Ed} / I_{yy,a} * z_{a,i} + M_{z,a,Ed} / I_{zz,a} * y_{a,i} \\ \sigma_{Ed,a,eff} &= N_{a,Ed} / A_{a,eff} + M_{y,a,Ed} / I_{yy,a,eff} * z_{a,i,eff} + M_{z,a,Ed} / I_{zz,a,eff} * y_{a,i,eff} \\ \sigma_{Ed,c} &= \sigma_{Ed,a} + N_{c,char} / A_c + M_{y,c,char} / I_{yy,c} * z_{c,i} + M_{z,c,char} / I_{zz,c} * y_{c,i} \\ \sigma_{Ed,c,eff} &= \sigma_{Ed,a,eff} + N_{c,char} / A_{c,eff} + M_{y,c,char} / I_{yy,c,eff} * z_{c,i,eff} + M_{z,c,char} / I_{zz,c,eff} * y_{c,i,eff} \end{aligned}$$

tlak (-) [MPa]

umístění	$\sigma_{Ed,a}$	$\sigma_{Ed,a,eff}$	$\sigma_{Ed,c}$	$\sigma_{Ed,c,eff}$	$\sigma_{max}$	$\sigma_{allow}$	-	-	-
bod 1	-152	-152	-188	-188	<b>188</b>	355	0.53	<	1.00
bod 2	-199	-199	-236	-236	<b>236</b>	355	0.66	<	1.00
bod 3	45	45	202	202	<b>202</b>	335	0.60	<	1.00
bod 4	138	138	297	297	<b>297</b>	335	0.89	<	1.00
bod 9	-171	-171	-204	-204	<b>204</b>	335	0.61	<	1.00
bod 10	84	84	237	237	<b>237</b>	335	0.71	<	1.00
bod 11	-43	-43	16	16	<b>43</b>	335	0.13	<	1.00

### Posouzení smykového napětí v ocelovém průřezu

EN1994-2:2005 7.2.2.(5)

$$\begin{aligned} \tau_{Ed,ser} &\leq f_y / (3^{0.5} \gamma_{M,ser}) \\ \tau_{Ed,a} &= V_a * S_{y,a} / (I_{yy,a} * t) \\ \tau_{Ed,a,eff} &= V_a * S_{y,a,eff} / (I_{yy,a,eff} * t) \\ \tau_{Ed,c} &= \tau_{Ed,a} + V_c * S_{y,c} / (I_{yy,c} * t) \\ \tau_{Ed,c,eff} &= \tau_{Ed,a,eff} + V_c * S_{y,c,eff} / (I_{yy,c,eff} * t) \end{aligned}$$

[MPa]

umístění	$\tau_{Ed,a}$	$\tau_{Ed,a,eff}$	$\tau_{Ed,c}$	$\tau_{Ed,c,eff}$	$\tau_{max}$	$\tau_{allow}$	-	-	-
bod 9	23	23	25	25	<b>25</b>	181	0.14	<	1.00
bod 10	38	38	73	73	<b>73</b>	181	0.40	<	1.00
bod 11	43	43	47	47	<b>47</b>	181	0.26	<	1.00

**Posouzení srovnávacího napětí v ocelovém průřezu**

EN1994-2:2005 7.2.2.(5)

$$\sigma_{Ed,vm} \leq \sigma_{allow} = f_y / \gamma_{M,ser}$$

$$\sigma_{Ed,vm} = (\sigma_{Ed,ser}^2 + 3\tau_{Ed,ser}^2)^{0.5}$$

umístění	$\sigma_{Ed,vm,a}$	$\sigma_{Ed,vm,a,eff}$	$\sigma_{Ed,vm,c}$	$\sigma_{Ed,vm,c,eff}$	$\sigma_{Ed,vm,max}$	$\sigma_{allow}$			
bod 9	176	176	209	209	<b>209</b>	335	0.62	<	1.00
bod 10	107	107	269	269	<b>269</b>	335	0.80	<	1.00
bod 11	87	87	82	82	<b>92</b>	335	0.27	<	1.00

**Posouzení normálového napětí v betonu**

EN 1994-2: 7.2.2

$$\sigma_{Ed,c} \leq k_1 * f_{ck}$$

$$k_1 = 0.6 - \text{součinitel pro charakteristickou kombinaci}$$

$$\sigma_{Ed,c} = N_{c,char} / A_c + M_{y,c,char} / I_{yy,c} * z_{c,i} / (E_s / E_{cm}) + M_{z,c,char} / I_{zz,c} * y_{c,i} / (E_s / E_{cm})$$

$$\sigma_{Ed,c,eff} = N_{c,char} / A_{c,eff} + M_{y,c,char} / I_{yy,c,eff} * z_{c,i,eff} (E_s / E_{cm}) + M_{z,c,char} / I_{zz,c,eff} * y_{c,i,eff} / (E_s / E_{cm})$$

**tlak (-) [MPa] - beton v tahu se neuvažuje**

umístění	-	-	$\sigma_{Ed,c}$	$\sigma_{Ed,c,eff}$	$\sigma_{max}$	$\sigma_{allow}$			
bod 5			-9.3	-9.3	<b>9.3</b>	18	0.52	<	1.00
bod 6			-10.9	-10.9	<b>10.9</b>	18	0.60	<	1.00
bod 7			-5.9	-5.9	<b>5.9</b>	18	0.33	<	1.00
bod 8			-4.4	-4.4	<b>4.4</b>	18	0.24	<	1.00

## 5. Závěr

Statickým výpočtem byly především ověřeny základní rozměry hlavních nosných prvků. Všechny navržené průřezy vyhovují.

V Praze 09/2024

Jiří Pokorný

