



## II/360, Velké Meziříčí – JV obchvat

### SO 204

#### Most přes Františkovský potok

### STATICKÝ VÝPOČET





## OBSAH

<b>1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE .....</b>	<b>5</b>
<b>2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTĚ .....</b>	<b>5</b>
<b>3. LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
3.1. SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ .....	6
<b>4. ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
4.1. POPIS MOSTNÍHO OBJEKTU .....	7
4.1.1. Obecný popis .....	7
4.1.2. Založení.....	7
4.1.3. Nosná konstrukce .....	7
4.1.4. Materiály .....	7
4.1.5. Přehledná schémata .....	8
<b>5. CHARAKTERISTIKY VÝPOČTOVÉHO MODELU .....</b>	<b>10</b>
5.1. POPIS VÝPOČTOVÉHO MODELU .....	10
5.2. FÁZE VÝSTAVBY .....	11
5.3. PRŮŘEZY.....	13
<b>6. ZATÍŽENÍ.....</b>	<b>13</b>
6.1. STÁLÁ ZATÍŽENÍ.....	13
6.1.1. Vlastní tíha.....	13
6.1.2. Ostatní stálé zatížení .....	14
6.1.3. Zemní tlak.....	14
6.1.4. Sednutí podpěr/opěr.....	15
6.1.5. Dotvarování a smršťování .....	15
6.1.6. Funkce vývoje pevnosti pro beton .....	16
6.2. PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ.....	17
6.2.1. Pohyblivá zatížení .....	17
6.2.2. Zatížení účinky teploty.....	20
6.2.3. Zatížení větrem .....	22
6.3. KOMBINACE ZATÍŽENÍ .....	23
<b>7. NOSNÁ KONSTRUKCE.....</b>	<b>24</b>
7.1. KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL .....	24
7.1.1. Charakteristická kombinace .....	24
7.1.2. MSÚ .....	24
7.2. NAPJATOST V MSP CHARAKTERISTICKÁ .....	25
<b>7.3. PODÉLNÝ SMĚR – MSÚ OHYB .....</b>	<b>26</b>
7.3.1. Pole .....	26
7.3.2. Podpora .....	27
7.4. PODÉLNÝ SMĚR – MSP KVAZI .....	28
7.4.1. Pole .....	28
7.4.2. Podpora .....	29
7.5. MSÚ SMYK.....	30
<b>8. STOJINY RÁMU .....</b>	<b>32</b>
8.1. MSÚ OHYB.....	32
8.2. MSP.....	33
8.3. MSÚ SMYK.....	34
<b>9. KŘÍDLA .....</b>	<b>36</b>





---

9.1.	MSÚ OHYB.....	36
9.2.	MSP.....	37
9.3.	MSÚ SMYK.....	38
<b>10.</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>40</b>





## 1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Stavba:	II/360, Velké Meziříčí - JV obchvat
Název mostu:	SO 204 - Most přes Františkovský potok
Katastrální území:	Velké Meziříčí [779091]
Kraj:	Vysočina
Investor:	Kraj Vysočina Žižkova 57, 587 33, Jihlava
Druh přemostované překážky:	Františkovský potok

## 2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTĚ

Charakteristika mostu dle ČSN 73 6200.

Délka přemostění (v ose):	5,25 m
Délka mostu (v ose):	14,52 m
Délka nosné konstrukce (v ose):	6,52 m
Rozpětí:	5,60 m
Šikmost mostu:	pravá 71,97°
Volná šířka mostu:	10,25 m
Šířka průchozího prostoru:	není
Šířka mostu:	11,85 m
Výška mostu nad terénem:	cca 3,00 m
Stavební výška:	0,55 m
Plocha mostu:	77,26 m <sup>2</sup>
Plocha spočtená jako součin = délka NK x šířka mostu	
Zatížení mostu:	dle ČSN EN 1991-2-1





### 3. LITERATURA

- [1] ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí (včetně změn A1, Z1-Z4 a oprav Opr. 1-4) + ed. 2 + NA ed. A
- [2] ČSN EN 1991-1-1 – Zatížení konstrukcí. Část 1-1 (včetně změn Z1-Z2 a opravy Opr. 1) + NA ed. A
- [3] ČSN EN 1991-1-4 – Zatížení konstrukcí. Část 1-4 (včetně změn A1, Z1 a opravy Opr. 1-4) + ed. 2 + NA ed. A
- [4] ČSN EN 1991-1-5 – Zatížení konstrukcí. Část 1-5 (včetně změn Z1-Z2 a opravy Opr. 1-2) + NA ed. A
- [5] ČSN EN 1991-1-7 – Zatížení konstrukcí. Část 1-7 (včetně změn A1, Z1 a opravy Opr. 1) + NA ed. A
- [6] ČSN EN 1991-2 – Zatížení konstrukcí – část 2: Zatížení mostů dopravou (včetně změn Z1-Z5 a opravy Opr. 1) + ed. 2 + NA ed. A
- [7] ČSN EN 1992-1-1 – Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby (včetně změn A1, Z1-Z4 a oprav Opr. 1-2) + ed. 2 + NA ed. A
- [8] ČSN EN 1992-2 – Navrhování betonových konstrukcí – Betonové mosty (včetně změn Z1-Z2 a opravy Opr. 1) + NA ed. A
- [9] ČSN 73 6200 – Mosty - Terminologie a třídění (07.2011)

#### 3.1. Seznam použitých programů

- [1] Midas Civil 2022 – výpočtový model konstrukce
- [2] BetPrur, – posouzení průřezů
- [3] GEO 5 2019 – posouzení založení
- [4] MS Office – texty, pomocné výpočty a posouzení
- [5] AutoCAD 2024 – schémata





## 4. ÚVOD

### 4.1. Popis mostního objektu

#### 4.1.1. Obecný popis

Most převádí silnici II/392 přes františkovský potok v místě stávajícího mostku. Parametry mostního objektu jsou dány šířkovým uspořádáním převáděné komunikace a zpevněné krajnice, která bude sloužit pro dopravu při výstavbě SO 201.

Osa komunikace je na mostě v přímé. Niveleta klesá ve spádu 0,89% ve směru staničení. Na mostě je navržen oboustranný příčný sklon 2,50%.

Celková volná šířka mostu je 10,25 m. Jedná se o monolitický rám o jednom poli s kolmým rozpětím 5,60 m. Trasa před a za mostem je vedena na stávajícím terénu.

#### 4.1.2. Založení

Založení mostu je na velkopřůměrových vrtaných pilotách. Základy jsou založeny na 7 ks velkopřůměrových pilot  $\phi 900$  mm a délky 10 m.

Základy budou budovány na podkladní betony tl. 200 mm. Horní povrchy základů budou zhotoveny ve spádu 4 %. Piloty budou vrtány s použitím hluchého vrtání.

#### 4.1.3. Nosná konstrukce

Jedná se o rámovou nosnou konstrukci s konstantní výškou. Železobetonový průřez má základní výšku 550 mm. Nosná konstrukce je doplněna zavěšenými rovnoběžnými křídly.

#### 4.1.4. Materiály

##### Beton

Betony dle ČSN EN 206+A1

- |                 |        |
|-----------------|--------|
| • Příčel NK     | C30/37 |
| • Spodní stavba | C30/37 |
| • Základy       | C30/37 |
| • Piloty        | C25/30 |

##### Betonářská výztuž

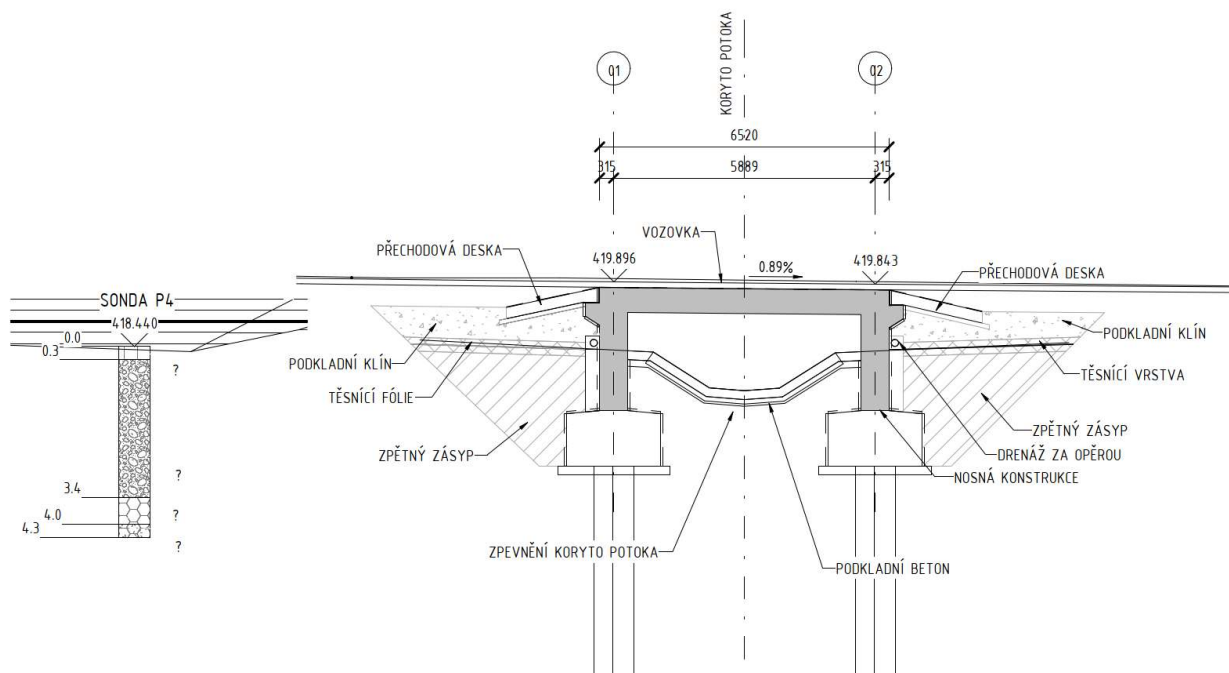
Ocel – B500B



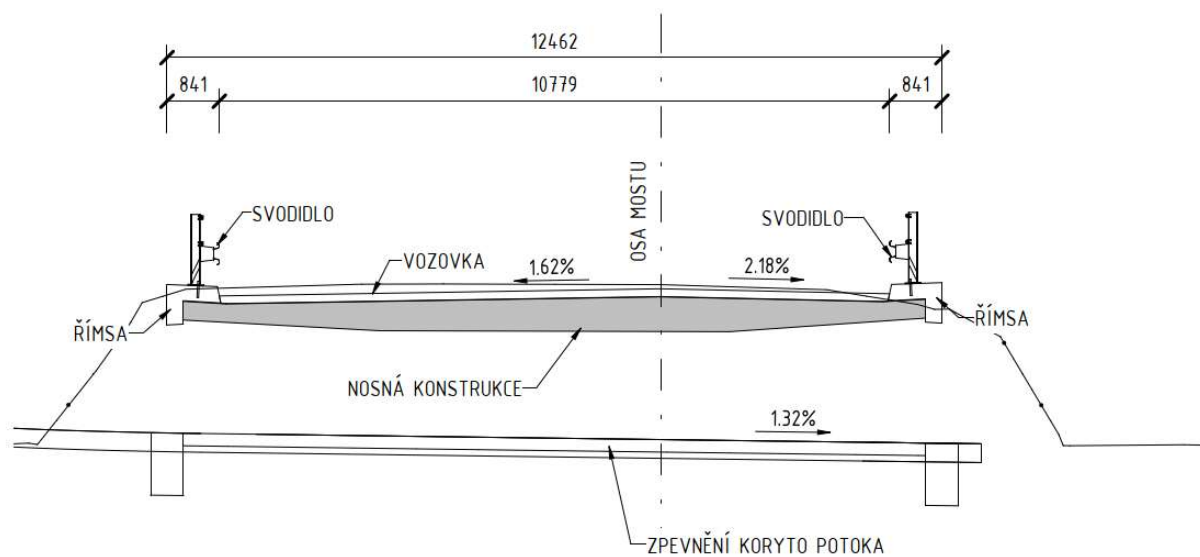
#### 4.1.5. Přehledná schémata



Obr. 1 Půdorys



Obr. 2 Podélný řez



Obr. 3 Příčný řez

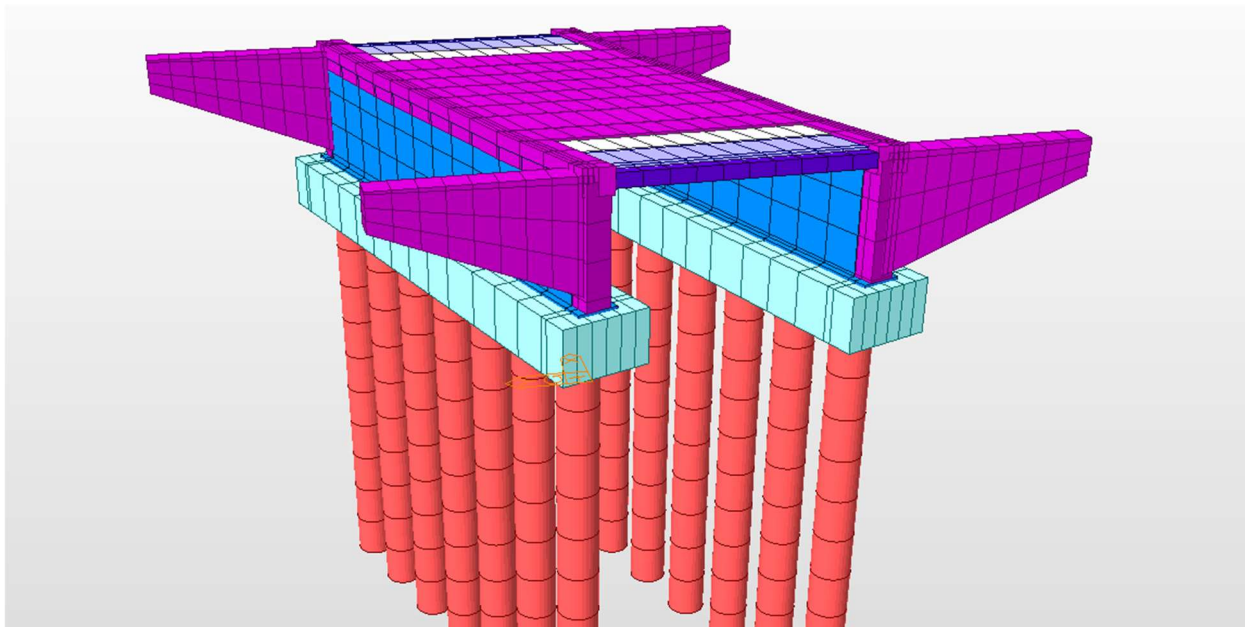


## 5. CHARAKTERISTIKY VÝPOČTOVÉHO MODELU

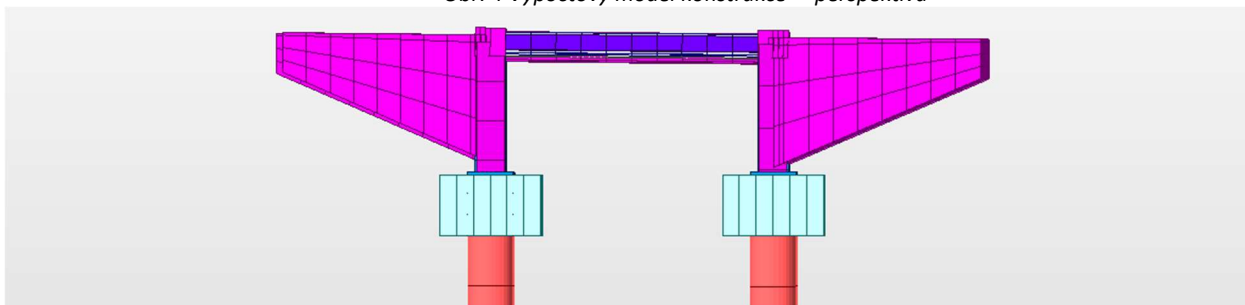
### 5.1. Popis výpočtového modelu

Statická analýza byla provedena pomocí metody konečných prvků (MKP). Pro výpočet nosné konstrukce byl zvolen prostorový náhradní výpočtový model plošný. Nosné konstrukce jsou modelovány prvky typu „PLATE“. Piloty jsou modelovány pomocí prvků „BEAM“.

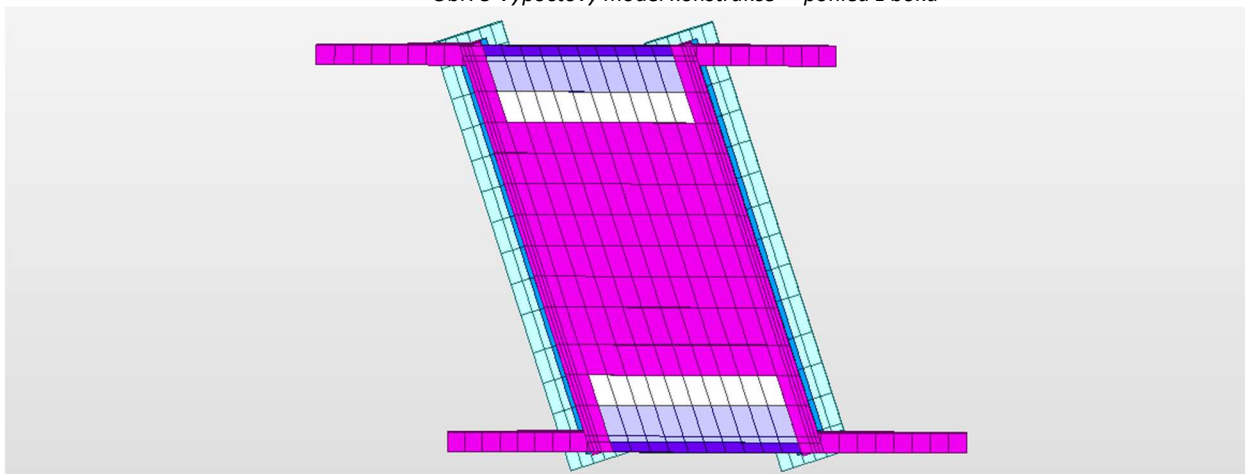
Statický model zahrnuje postup výstavby (zohledňuje postupné betonování v jednotlivých fázích výstavby). Dále zohledňuje dlouhodobé účinky zatížení s ohledem na stáří konstrukce a zohledňuje tak materiálově nelineární chování betonu v čase.



Obr. 4 Výpočtový model konstrukce – perspektiva

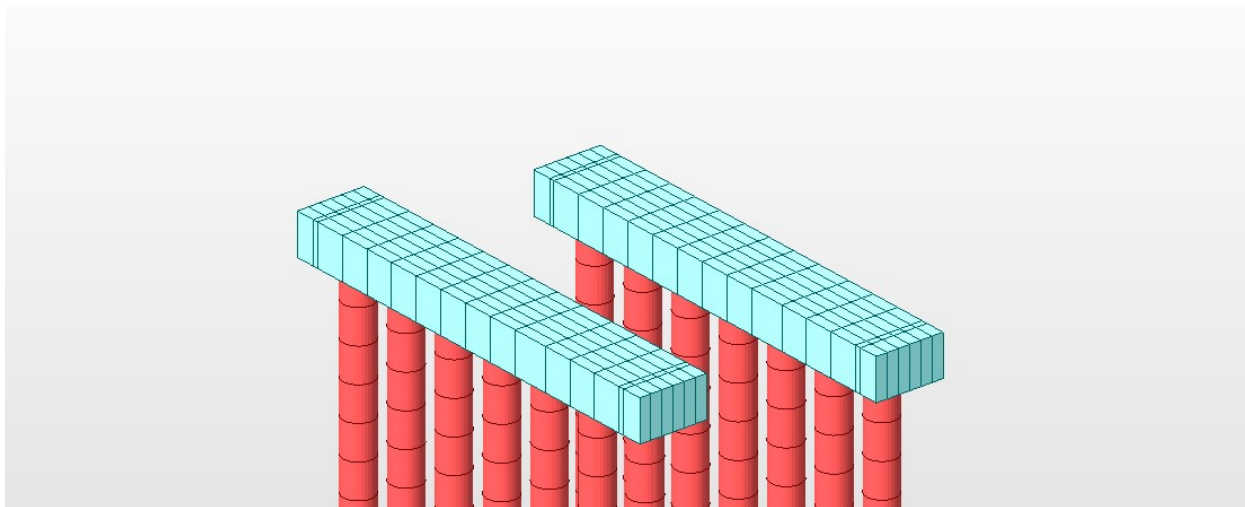


Obr. 5 Výpočtový model konstrukce – pohled z boku

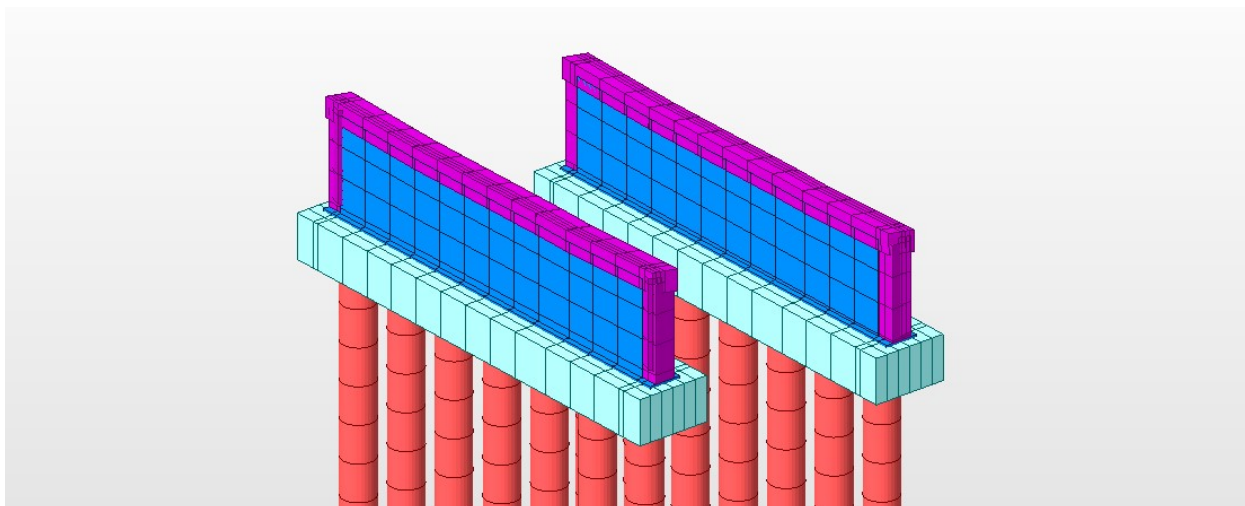


Obr. 6 Výpočtový model konstrukce – půdorys

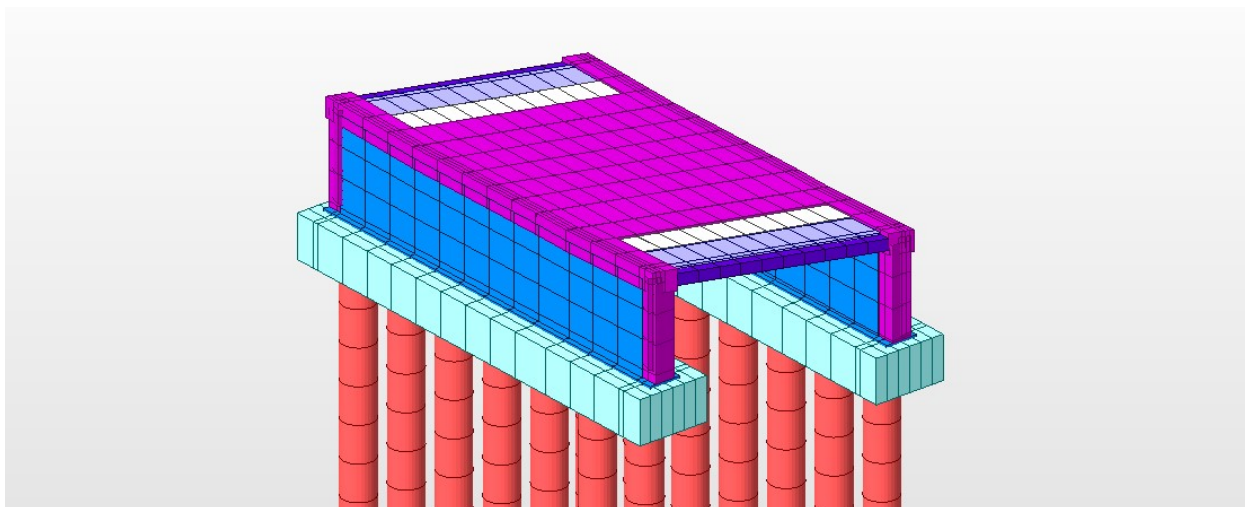
## 5.2. Fáze výstavby



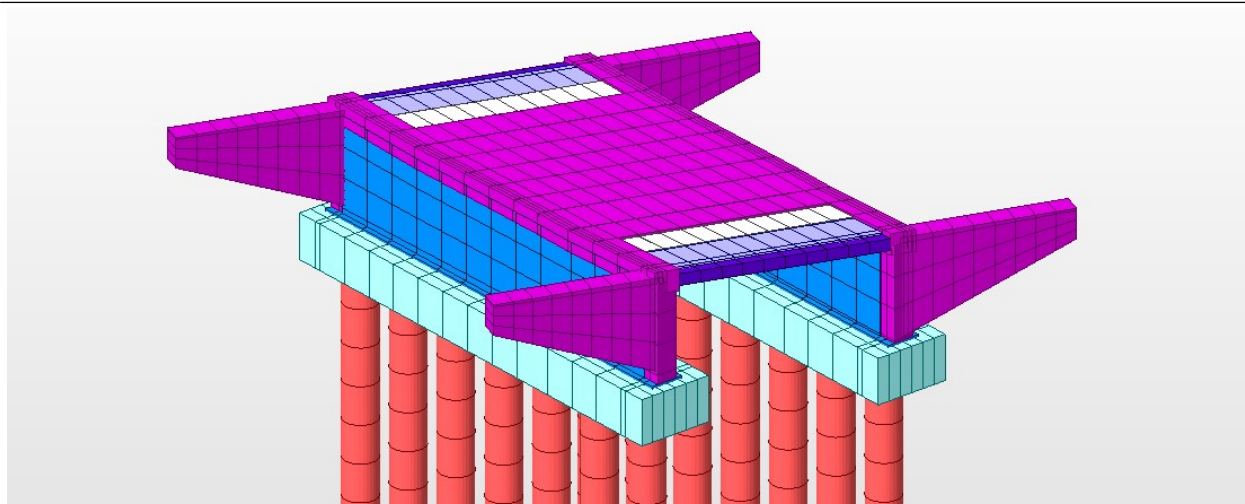
Obr. 7 Fáze založení



Obr. 8 Fáze spodní stavby



Obr. 9 Fáze nosné konstrukce



Obr. 10 Fáze křídel

Ostatní fáze už slouží pouze pro doplnění zatížení a časovou analýzu konstrukce.

Níže jsou přehledové tabulky aktivací skupin elementů a zatížení podle jednotlivých fází výstavby.

	Group Name	Zalození		O1+O2		NK		Kridla		Ostatní-stala		T0-provoz		T25		T100	
		A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T
►	Piloty-OP1	0	0		0		0		0		0		0		0		0
	Piloty-OP2	0	0		0		0		0		0		0		0		0
	Piloty																
	Zaklady-OP1	0	0		0		0		0		0		0		0		0
	Zaklady-OP2	0	0		0		0		0		0		0		0		0
	OP1			0	0		0		0		0		0		0		0
	OP2			0	0		0		0		0		0		0		0
	NK					0	0		0		0		0		0		0
	TuhaRamena			0	0		0		0		0		0		0		0
	Kridlo-O1L							0	0		0		0		0		0
	Kridlo-O1P							0	0		0		0		0		0
	Kridlo-O2L							0	0		0		0		0		0
	Kridlo-O2P							0	0		0		0		0		0
	TuhaRamenaZa			0	0		0		0		0		0		0		0
	Help_entity																

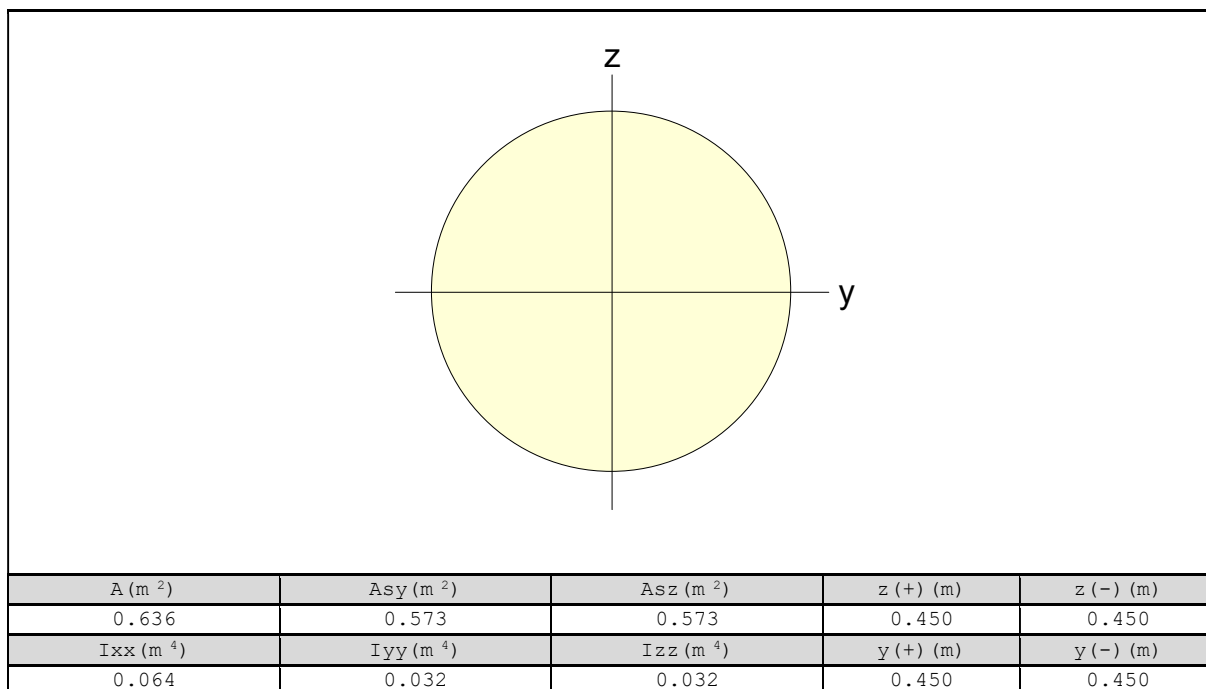
	Group Name	Zalození		O1+O2		NK		Kridla		Ostatní-stala		T0-provoz		T25		T100	
		A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T
►	vl-tiha	0	0		0		0		0		0		0		0		0
	ost-izolace									0	0		0		0		0
	ost-rimsyL									0	0		0		0		0
	ost-rimsyP									0	0		0		0		0
	ost-zabradli									0	0		0		0		0
	ost-svodidla									0	0		0		0		0
	ost-vozovka																
	vítr																
	brzdy-LM1																
	brzdy-LM3																
	teplota-RZT																
	teplota-NZT																
	pohyb																
	Sedání-OP1																
	Sedání-OP2																
	Zemní tlak																

Ostatní typy zatížení jsou zadávány až po výstavbě – na finálním stavu konstrukce.



### 5.3. Průřezy

Tabulka 1 9 : Pilota900



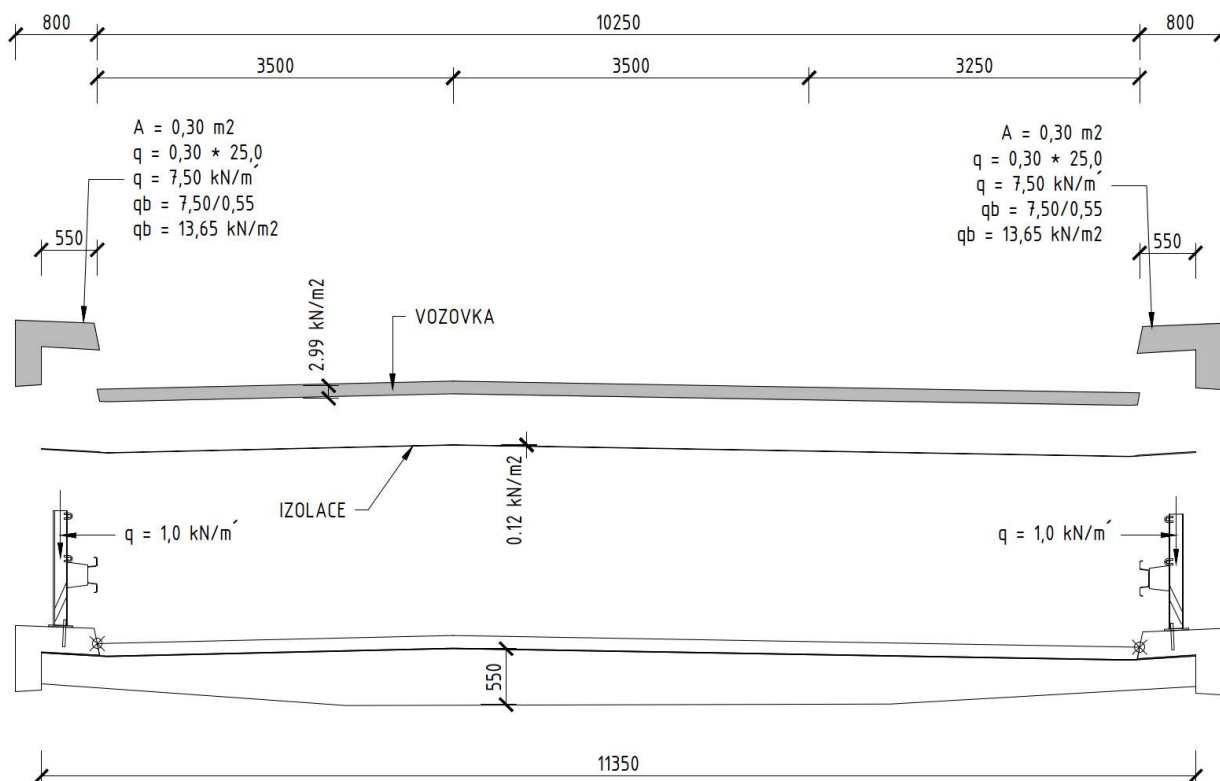
## 6. ZATÍŽENÍ

### 6.1. Stálá zatížení

#### 6.1.1. Vlastní tíha

Vlastní tíha je generována automaticky programem na základě zadaných průřezů / tloušťek a materiálových charakteristik.

### 6.1.2. Ostatní stálé zatížení



### 6.1.3. Zemní tlak

Uvažován je klidový zemní tlak a tlak zvětšený o dopravní zatížení. Kombinace zatížení je zadána na konstrukci tak, že na jednu opěru působí tlak klidový, na druhou klidový zvětšený, a naopak. Tím je dosaženo jisté nerovnoměrnosti zemních tlaků.

#### Zemní tlak

Typ zeminy:

Dle ČSN 73 6244 Zásyp za opěrou dle 5.4

$$\varphi = 27.5^\circ$$

$$\gamma = 18.79 \text{ kN/m}^3$$

$$K_0 = 1 - \sin \varphi = 0.54$$

#### OP1

Výška konstrukce

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

Šířka

$$b = 12 \text{ m}$$

$$\sigma_{z, \max} = h \cdot \gamma = 75.14 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x, \max} = K_0 \cdot \sigma_{y, \max} = 40.45 \text{ kPa}$$

$$f \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}$$

$$f_{\max} = 485 \text{ kN/m}$$

#### OP5

Výška základ + HP kce+vozovka

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

Šířka

$$b = 12 \text{ m}$$

$$\sigma_{z, \max} = h \cdot \gamma = 112.71 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{x, \max} = K_0 \cdot \sigma_{y, \max} = 60.67 \text{ kPa}$$

$$f \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}$$

$$f_{\max} = 728 \text{ kN/m}$$



		$\phi$	$\gamma$	$k_0$		
F1		26	19	0.56	64.03	
F2		24	19.5	0.59	69.41	
F3		24	18	0.59	64.07	
S4		29	18	0.52	55.64	
S5		27	18.5	0.55	60.61	
G3		32.5	19	0.46	52.75	
G5		30	19.5	0.50	58.50	
Průměr		27.5	18.78571	0.54	60.72	
g21,sup	min	24	18	0.59	64.07	součinitel 1.06
g21,inf	max	32.5	19.5	0.46	54.14	součinitel 0.89

Součinitele zohledňující různé vlastnosti zeminy

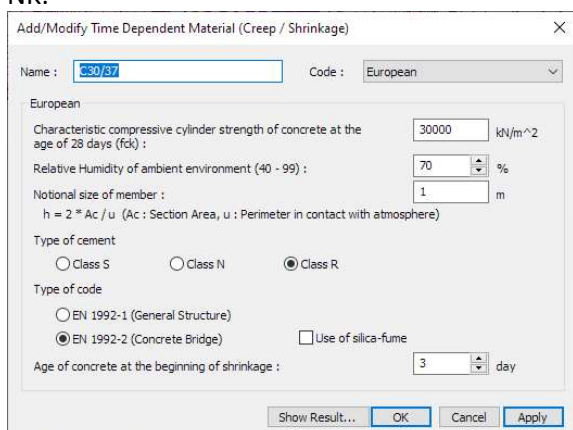
#### 6.1.4. Sednutí podpěr/opěr

Při výpočtu je uvažováno nerovnoměrné sednutí 10 mm.

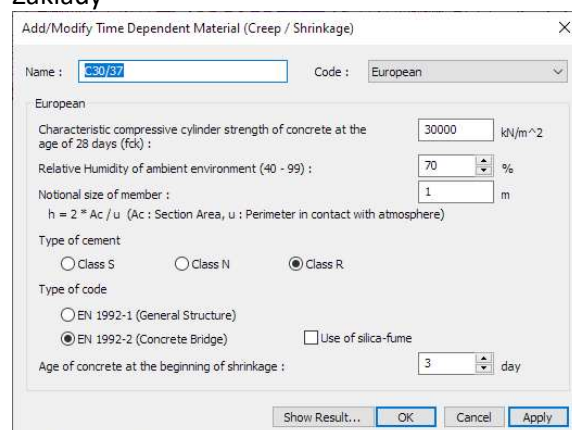
#### 6.1.5. Dotvarování a smršťování

Účinky dotvarování a smršťování betonu jsou automaticky stanovovány pomocí časově závislé analýzy (TDA) výpočetního programu MIDAS Civil. Funkonstrukce dotvarování, smršťování a nárůstu pevnosti betonu pilířů a nosné konstrukce vychází z ČSN EN 1992-1.

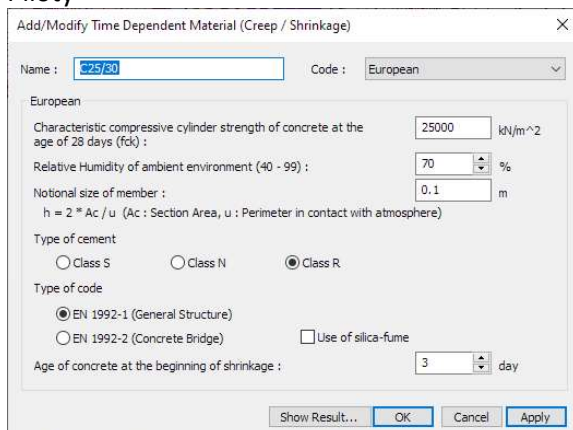
NK:



Základy

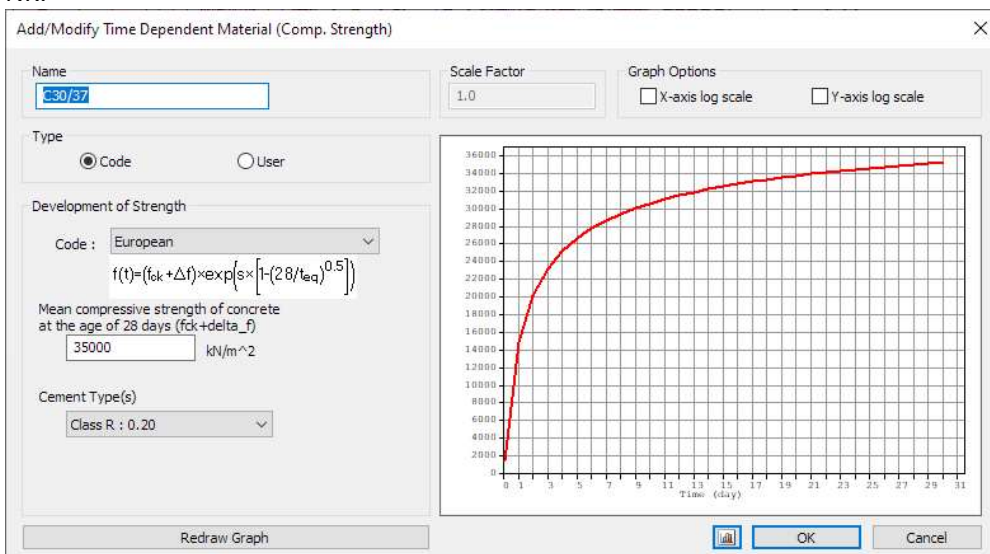


Piloty

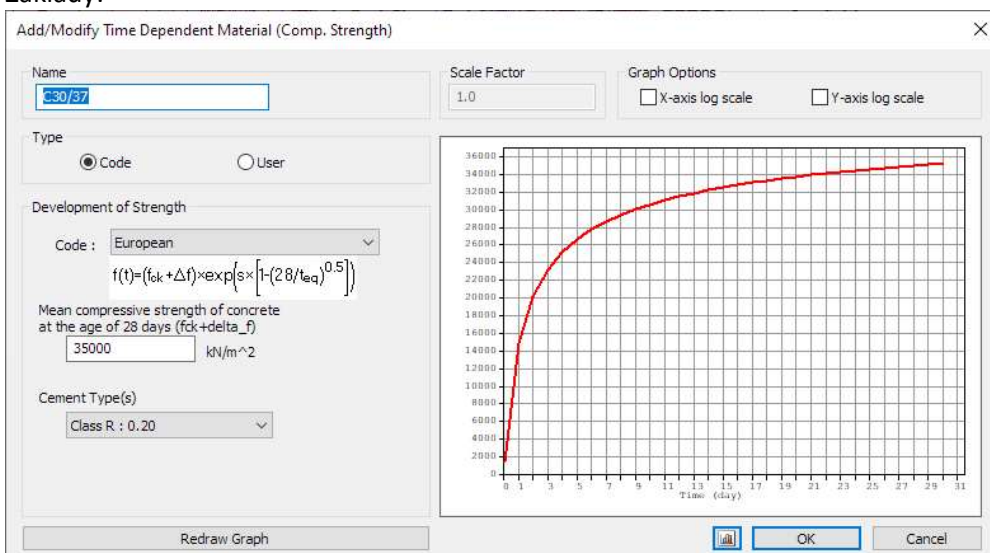



## 6.1.6. Funkce vývoje pevnosti pro beton

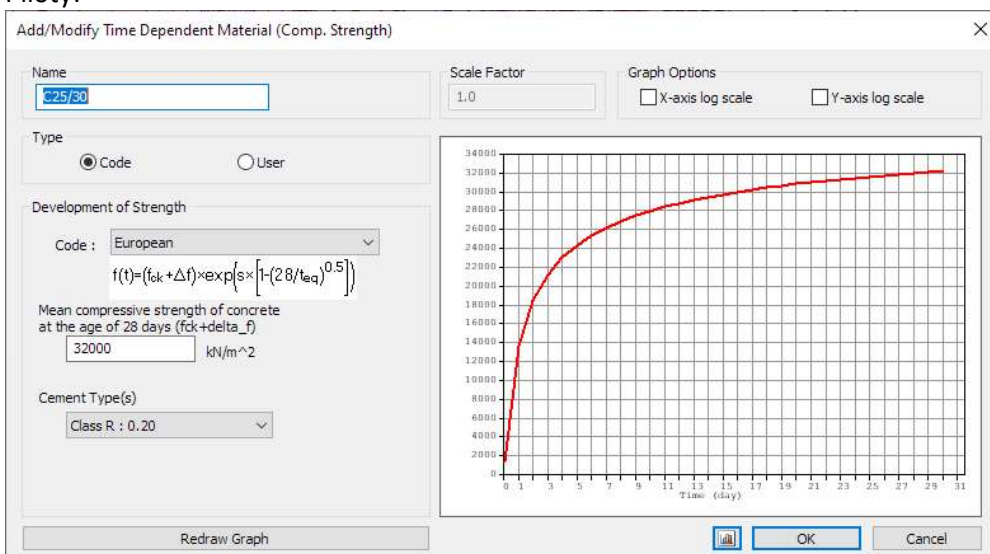
NK:



Základy:



Piloty:



## 6.2. Proměnná zatížení

### 6.2.1. Pohyblivá zatížení

#### Load model 1 (LM1)

Zatížení se umísťuje v zatěžovacích pruzích nezávisle na sobě, aby bylo dosaženo extrémního účinku zatížení. Zatěžovací pruhy se mohou v příčném směru libovolně přemísťovat. Část plochy zatěžovacího prostoru (jak v podélném, tak v příčném směru) nemusí být zatížena, pokud se tím vyvodí extrémní účinek.

Model zatížení LM1 se skládá ze dvou dílčích soustav:

- soustředěné zatížení od dvojnápravy (TS), každá náprava o tíze  $\alpha_Q Q_k$ ,
- rovnoměrné zatížení (UDL) o velikosti  $\alpha_q q_k$  (pouze v nepříznivých částech příčinkových ploch).

V zatěžovacím pruhu pouze jedna kompletní dvojnáprava, která se pohybuje v ose pruhu pro celkové ověření.

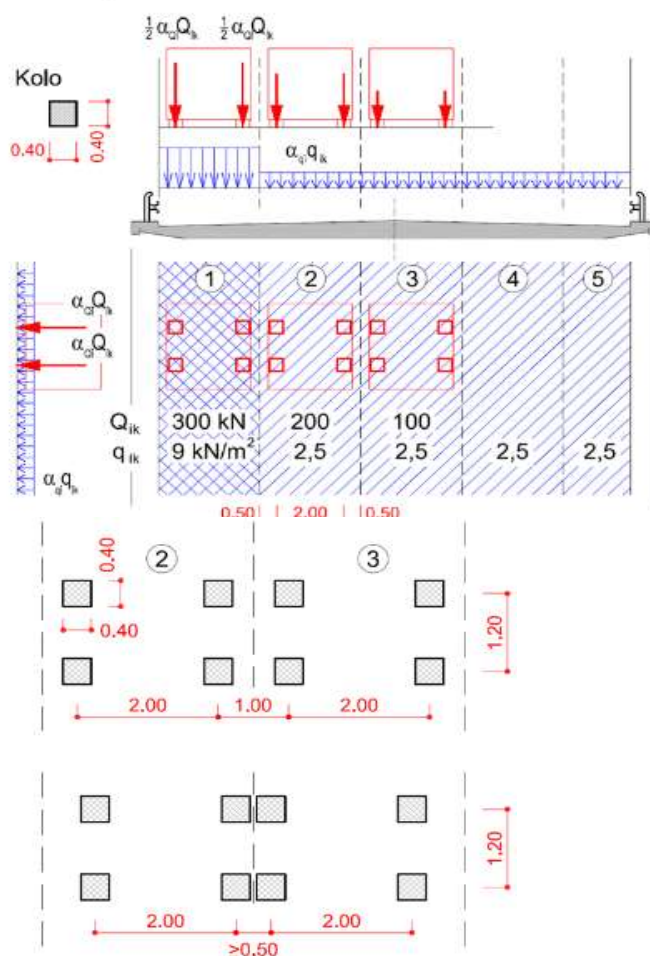
Lokálně může jet mino osu pruhu.

Každé kolo nápravy vyvozuje zatížení  $0,5 \alpha_Q Q_k$ .

Kontaktní plocha kola  $0,4 \times 0,4$  m.

Umístění	Dvojnáprava (TS)	Rovnoměrné zat. (UDL)
	$Q_{ik}$ [kN]	$q_k$ (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

V tabulce jsou uvedeny charakteristické hodnoty včetně dynamického součinitele.





### Load model 3 (LM3)

**Tabulka NA.4 – Zvláštní vozidla pro silnice I. a II. třídy**

Celková tíha	1800 kN
Označení	1800/200
Nápravy	$n = 9 \times 200 \text{ kN}$ , $e = 1,50 \text{ m}$
Umístění zatížení	Zvláštní vozidlo se pohybuje v ideální stopě v prostoru všech zatěžovacích pruhů podle A.3 (2), přičemž se uvažuje možná odchylka od této polohy $\pm 0,50 \text{ m}$ .
Kombinace zatížení	Po celé délce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava.
Rychlost	Normální ( $\leq 70 \text{ km/hod}$ )
Dynamický součinitel	Ano, $\varphi = 1,25$
Poznámka	Jedná se o jediné vozidlo na mostě.

#### Dělení pozemních komunikací:

**Skupina 1 ... všechny pozemní komunikace kromě uvedených ve skupině 2**

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

#### 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	1.0	1.0	1.0	1.0	2.4	1.2
2	0.8	0.8	0.8	0.45 <sup>1)</sup>	1.6	1.6



### Brzdné a rozjezdové síly

Brzdná (rozjezdová) síla se uvažuje jako podélná síla působící v úrovni povrchu vozovky v ose kteréhokoliv zatěžovacího pruhu. Pokud nejsou účinky excentricity významné, předpokládá se působíště v ose vozovky a rovnoměrné rozdělení po celé zatěžovací šířce.

#### Brzdné a rozjezdové síly – LM1

##### BRZDNÉ SÍLY PRO LM1 dle 4.4.1

Délka NK			L =	6.5	m
Šířka pruhu č. 1			w1 =	3.00	m
Hodnota vodorovné síly (4.6)	$Q_{lk} = 0.6 \cdot \alpha_{Q,1} \cdot 2Q_{1,k} + 0.1 \cdot \alpha_{Q,1} \cdot q_{1,k} \cdot w_1 \cdot L =$			377.6	kN
síla působí v úrovni vozovky v ose jakéhokoliv pruhu	$Q_{lk}$	>	$180 \cdot \alpha_{Q,1} =$	180	kN
		$Q_{lk}$	<	900	kN
Přepočet na liniové zatížení			$q_{lk} = Q_{lk}/L =$	58.08	kN/m

#### Brzdné a rozjezdové síly – LM3

##### MODEL ZATÍŽENÍ 3 - dle tab. NA.3

- Dálnice, rychlostní silnice a vybrané trasy					
<b>Vozidlo 1800/200</b>					
Celková tíha			$Q_{LM3} =$	1800	kN
Nápravy				9x200	kN
Dyn. součinitel				1.25	-
Ostatní doprava			spolu s LM1 - pruhy 2,3 a "Z"		
Pohybuje se v				jízdních pruzích	
Brzdná síla	$Q_{l,k} = 0.6 \cdot Q_{LM3} + 0.1 \cdot \alpha_{Q,2} \cdot q_{2,k} \cdot w_2 \cdot L < 600$			600	kN
Přepočet na liniové zatížení			$q_{lk} = Q_{lk}/L =$	92.31	kN/m

### Ostředivé síly

Nejsou uvažovány.

### Sestavy zatížení dopravou

		VOZOVKA					CHODNÍKY A CYKLISTICKÉ PRUHY
Zatěžovací systém		svislé síly			vodorovné síly		pouze svislé zatížení
		dvojnáprava a rov. zat. LM1	jednotlivá náprava LM2	zvláštní vozidla LM3	zatížení dávem lidí LM4	brzdné a rozjezd. síly <sup>(a)</sup>	odstředivé síly a příčné síly <sup>(a)</sup>
SESTAVY ZATÍŽENÍ	gr1a	charakteristické hodnoty					
	gr1b		charakteristická hodnota				
	gr2	časté hodnoty				charakteristická hodnota	charakteristická hodnota
	gr3						charakteristická hodnota <sup>(c)</sup>
	gr4				charakteristická hodnota		charakteristická hodnota
	gr5	charak. hod. rov. zatížení		charakteristická hodnota			

  ... Hlavní složka zatížení (označená jako složka příslušející sestavě)

## 6.2.2. Zatížení účinky teploty

### Teplotní změny u mostů dle ČSN EN 1991-1-5, Čl. 6

#### 6.1 Nosné konstrukce mostů

##### 6.1.1 Typy nosných konstrukcí mostů

3. typ: betonová nosná konstrukce

##### 6.1.3 Rovnoměrná složka teploty

Minimální teploty vzduchu ve stínu

-32,1 až -34 °C

$T_{\min} = -34.0$  °C

Maximální teploty vzduchu ve stínu

36,1 až 38 °C

$T_{\max} = 38.0$  °C

Minimální rovnoměrná složka teploty

$T_{e,\min} = T_{\min} + 8 = -26.0$  °C

Maximální rovnoměrná složka teploty

$T_{e,\max} = T_{\max} + 1.5 = 39.5$  °C

Výchozí teplota mostu

$T_0 = 0.0$  °C

##### Rozsah rovnoměrných složek teplot pro výpočet mostu

Charakteristická hodnota pro výpočet zkrácení mostu  $\Delta T_{N,\text{con}} = -(T_0 - T_{e,\min}) = -26.0$  °C

Charakteristická hodnota pro výpočet prodloužení mostu  $\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_0 = 39.5$  °C

Celkový rozsah rovnoměrné složky teploty mostu  $\Delta T_N = 65.5$  °C

##### Rozsah rovnoměrných složek teplot pro výpočet ložisek a dilatačních spár

Teplota, při které jsou ložiska a dilatační spáry prováděny

je známa

Maximální rozsah pro výpočet zkrácení mostu  $\max \Delta T_{N,\text{con}} = \Delta T_{N,\text{con}} - 10 = -36.0$  °C

Maximální rozsah pro výpočet prodloužení mostu  $\max \Delta T_{N,\text{exp}} = \Delta T_{N,\text{exp}} + 10 = 49.5$  °C

Celkový rozsah rovnoměrné složky teploty mostu  $\max \Delta T_N = 85.5$  °C

##### Rozsah rovnoměrných složek teplot pro výpočet ložisek dle ČSN EN 1993-2, Příl. A, Čl. A.4.2

Charakteristická hodnota pro výpočet zkrácení mostu  $\Delta T_{K\min} = -26.0$  °C

Charakteristická hodnota pro výpočet prodloužení mostu  $\Delta T_{K\max} = 39.5$  °C

Dodatečná jistící hodnota rozdílu teplot na mostě  $\Delta T_Y = 5.0$  °C

Pro výpočet jistící hodnoty  $\Delta T_0$  se uvažuje:

doporučená hodnota dle NA.2.53

Jistící hodnota, beroucí v úvahu neurčitost v umístění ložisek  $\Delta T_0 = 15.0$  °C

Návrhová hodnota pro výpočet zkrácení mostu  $\Delta T_{d\min}^* = \Delta T_{K\min} - \Delta T_Y - \Delta T_0 = -46.0$  °C

Návrhová hodnota pro výpočet prodloužení mostu  $\Delta T_{d\max}^* = \Delta T_{K\max} + \Delta T_Y + \Delta T_0 = 59.5$  °C

Celkový rozsah rovnoměrné složky teploty mostu  $\Delta T_d^* = 105.5$  °C

## 6.1.4 Rozdílové složky teploty

### 6.1.4.1 Svislá lineární složka (postup 1)

Typ konstrukce

3. typ: betonová nosná konstrukce – betonový komorový nosník

Tloušťka mostního svršku

100 mm

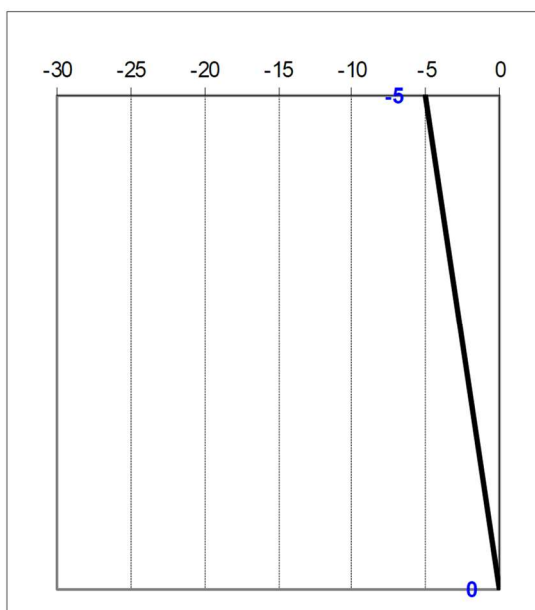
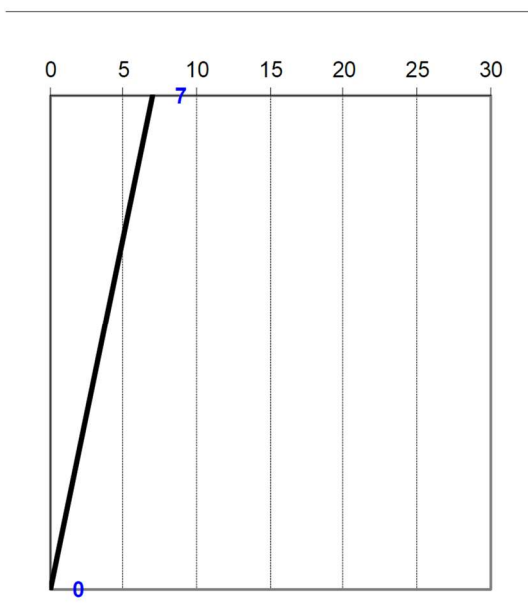
**Lineární rozdílové složky:**

Horní povrch teplejší než dolní

$$\Delta T_{M, \text{heat}} = 0.7 \cdot 10 = 7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dolní povrch teplejší než horní

$$\Delta T_{M, \text{cool}} = 1.0 \cdot -5 = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$$



### 6.1.5 Současné působení rovnoměrné a rozdílové složky teploty

Rozdílová složka teploty

$\Delta T$

Rovnoměrná složka teploty

$\Delta T_N$

Kombinace složek

$\Delta T + 0.35\Delta T_N$

$0.75\Delta T + \Delta T_N$

Rozhoduje nejnepříznivější účinek.

### 6.2.3. Zatížení větrem

Zatížení větrem podle ČSN EN 1991-1-4, Kap. 4: Rychlost větru a dynamický tlak, Kap. 8: Zatížení mostů větrem

Výchozí základní rychlost větru (dle 4.2 (2))	$v_{b,0} =$	27.5 m/s
Součinitel směru větru (dle 4.2 (2) - Pozn. 2)	$c_{dir} =$	1.0
součinitel ročního období (dle 4.2 (2) - Pozn. 3)	$c_{season} =$	1.0
Základní rychlost větru (dle 4.2, rov. 4.1)	$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} =$	27.5 m/s
Výška nad terénem	$z =$	0.00 m
( $z_{min}$ - dle Tab. 4.1)	$z > z_{min} =$	1.00 m
	$z < z_{max} =$	200.00 m
	$\rightarrow z =$	1.00 m
Parametr drsnosti terénu (dle 4.3.2)	$z_0 =$	0.3 m
Parametr drsnosti terénu pro kat. II (dle Tab. 4.1)	$z_{0,II} =$	0.05 m
Součinitel terénu, který závisí na $z_0$ (dle 4.3.2, rov. 4.5)	$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} =$	0.22
Součinitel drsnosti (dle 4.3.2, rov. 4.4)	$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) =$	0.26
Součinitel orografie (dle 4.3.3)	$c_0(z) =$	1.0
Střední rychlost větru ve výšce "z" nad terénem (dle 4.3.1, rov. 4.3)	$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b =$	7.1 m/s
Součinitel turbulence (dle 4.4, Pozn. 2)	$k_l =$	1.0
Intenzita turbulence ve výšce "z" (dle 4.4, rov. 4.7)	$I_v(z) = k_l / [c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)] =$	0.831
Měrná hmotnost vzduchu (dle 4.5, Pozn. 2)	$\rho =$	1.25 kg/m <sup>3</sup>
Základní dynamický tlak větru (dle 4.5, rov. 4.10)	$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 =$	0.47 kN/m <sup>2</sup>
Max. dynamický tlak (dle 4.5, rov. 4.8)	$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) =$	0.217 kN/m <sup>2</sup>
Součinitel expozice (dle 4.5, rov. 4.9)	$c_e = q_p(z)/q_b =$	0.46

Zatížení nosné konstrukce: Směr X (dle 8.3.1, 8.3.2)

Šířka mostu ve směru X	$b =$	12.000 m
Délka nosné konstrukce ve směru Y	$L_{sup} =$	6.000 m
Výška nosné konstrukce ve směru Z	$d =$	0.700 m
Výška levého zábradlí (PHS, svodidlo, ...) (doprava)	$d_{add,l} =$	1.100 m
Výška pravého zábradlí (PHS, svodidlo, ...)	$d_{add,r} =$	0.000 m
Celková referenční výška pro působení větru	$d_{tot} = d + d_{add,l} + d_{add,r} =$	1.800 m
Poměr šířky NK a ref. výšky	$b/d_{tot} =$	6.67
Souč. síly bez vlivu prodění kolem volných konců (dle 8.3.1, Obr. 8.3)	$c_{fx,0} =$	1.30
$c_{fx,0} = \{2.4 \text{ pro } b/d_{tot} \leq 1/3; -0.3 \cdot b/d_{tot} + 2.5 \text{ pro } 1/3 \leq b/d_{tot} \leq 4; 1.3 \text{ pro } b/d_{tot} \geq 4\}$ doporuč. 1.3		
Příčný sklon konstrukce (dle 8.3.1, (3))	$i_d =$	1.43 °
Zvětšení součinitele síly vlivem sklonu konstrukce	$k_d = \min[(1+0.03 \cdot i_d); 1.25] =$	1.04
Zvětšený součinitel síly ve směru X	$c_{fx,0} = c_{fx,0} \cdot k_d =$	1.36
Součinitel síly ve směru X (dle 8.3.1, rov. 8.1; (3))	$c_{f,x} = c_{fx,0} =$	1.36
Součinitel zatížení větrem (dle 8.3.2)	$C = c_e \cdot c_{f,x} =$	0.62
Referenční plocha pro zatížení ve směru X (dle 8.3.1)	$A_{ref,x} = L_{sup} \cdot d_{tot} =$	10.80 m <sup>2</sup>
Síla od větru ve směru X (dle 8.3.2, rov. 8.2)	$F_{w,x} = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} =$	3.17 kN
Síla od větru ve směru X - spojitě liniové zatížení	$q_{wl,x} = F_{w,x}/L_{sup} =$	0.53 kN/m
Síla od větru ve směru X - spojitě plošné zatížení	$q_{ws,x} = F_{w,x}/A_{ref,x} =$	0.29 kN/m <sup>2</sup>
Svislá excentricita působící síly (od spodního povrchu NK)	$e_x =$	0.900 m

### 6.3. Kombinace zatížení

Doporučené hodnoty součinitele  $\psi$  pro mosty silničních komunikací

zatížení	značka		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
dopravou	gr1a	TS (dvounápravy)	0.75	0.75	0
		UDL (rovnorné zatížení)	0.40	0.40	0
		chodci a cyklisti	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 (zatížení davem lidí)		0	-	0
	gr5 (zvláštní vozidla)		0	-	0
větrém	$F_{wk}$ - trvalé návrhové situace		0.6	0.2	0
	- provádění		0.8	-	0
	$F_w^*$		1.0	-	0
teplotou	$T_k$		0.6	0.6	0.5
sněhem	$Q_{Sn,k}$ (během provádění)		0.8	-	-
staveništní	$Q_c$		1.0	-	1.0

Kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Předpětí	Hlavní proměnné zatížení	Vedlejší proměnná zatížení	
	Nepříznivá	Příznivá			Nejúčinnější	Ostatní
<b>Výraz 6.10</b>	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
$\gamma_{Gj,sup} = 1.35$ $\gamma_{Gj,inf} = 1.00$ $\gamma_Q = 1.35$ $\gamma_Q = 1.45$ $\gamma_Q = 1.20$ $\gamma_Q = 1.50$ $\xi = 0.85$						
nepříznivě působící zatížení silniční dopravou a chodci zatížení železniční dopravou, sestavy gr11 až gr31 (s výjimkou 16,17, 26 a 27) zatížení železniční dopravou, sestavy gr16 a 17 a model SW/2 ostatní zatížení dopravou a další proměnná zatížení						

Kombinace zatížení pro mezní stav použitelnosti

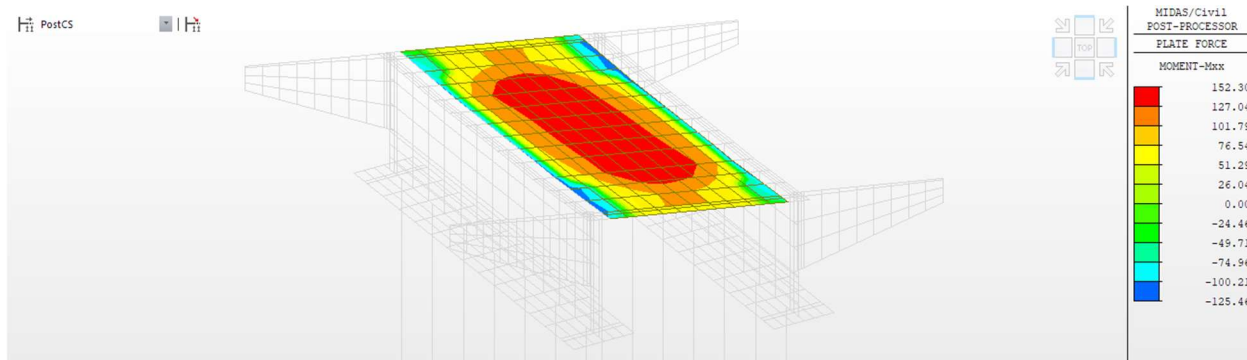
Kombinace	Stálá zatížení		Předpětí	Proměnná zatížení	
	Nepříznivá	Příznivá		Nejúčinnější	Ostatní
Charakteristická	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	P	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Častá	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	P	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Kvazistálá	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	P	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$



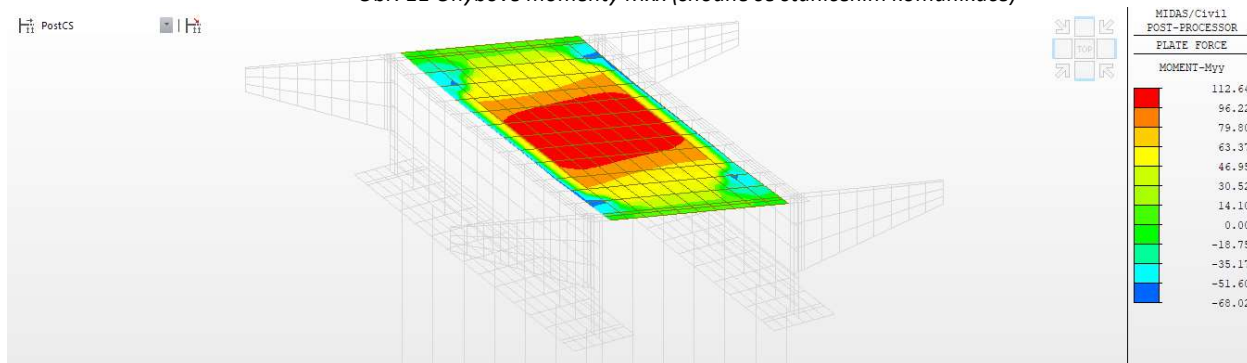
## 7. NOSNÁ KONSTRUKCE

### 7.1. Kombinace vnitřních sil

#### 7.1.1. Charakteristická kombinace

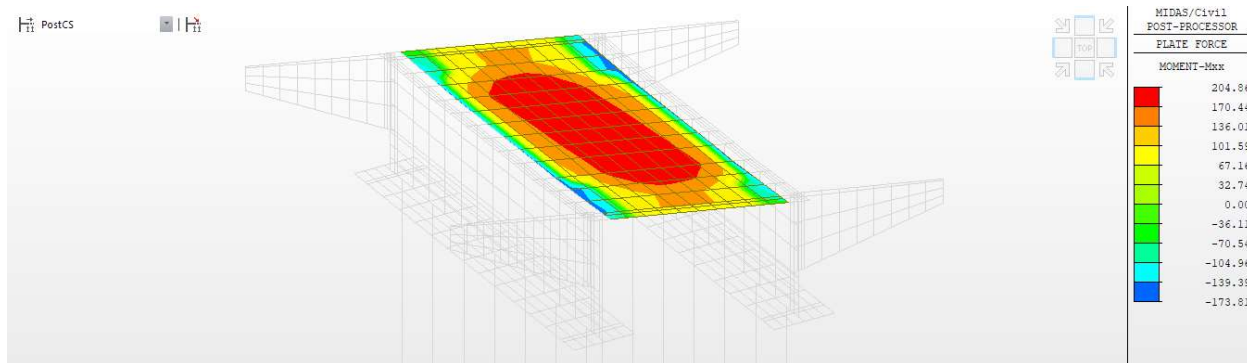


Obr. 11 Ohybové momenty  $M_{xx}$  (shodně se staničením komunikace)

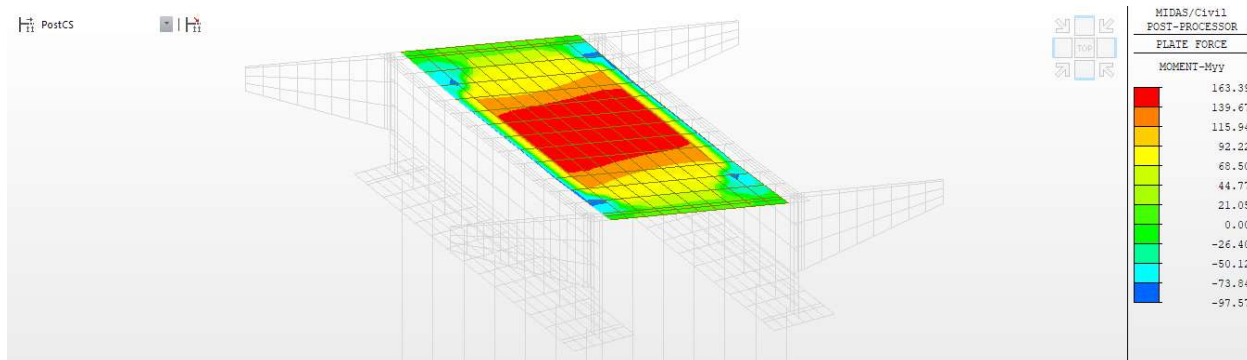


Obr. 12 Ohybové momenty  $M_{yy}$  (moment v příčném směru)

#### 7.1.2. MSÚ

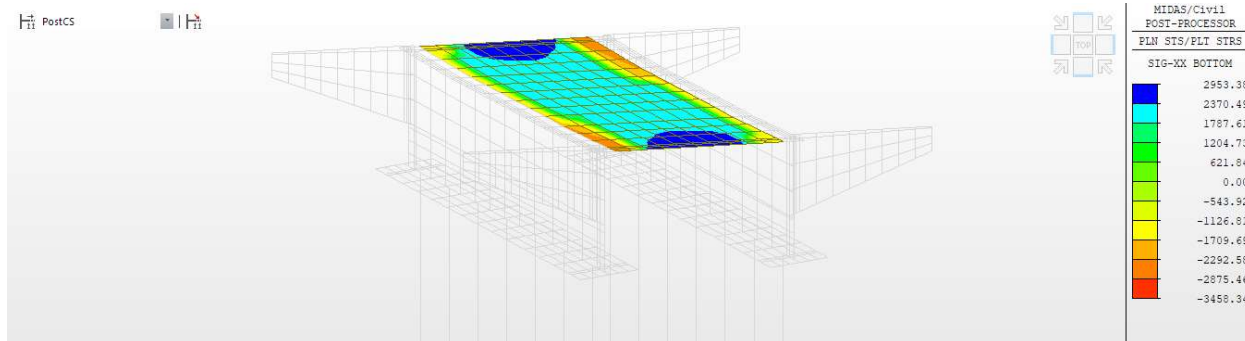


Obr. 13 Ohybové momenty  $M_{xx}$  (shodně se staničením komunikace)

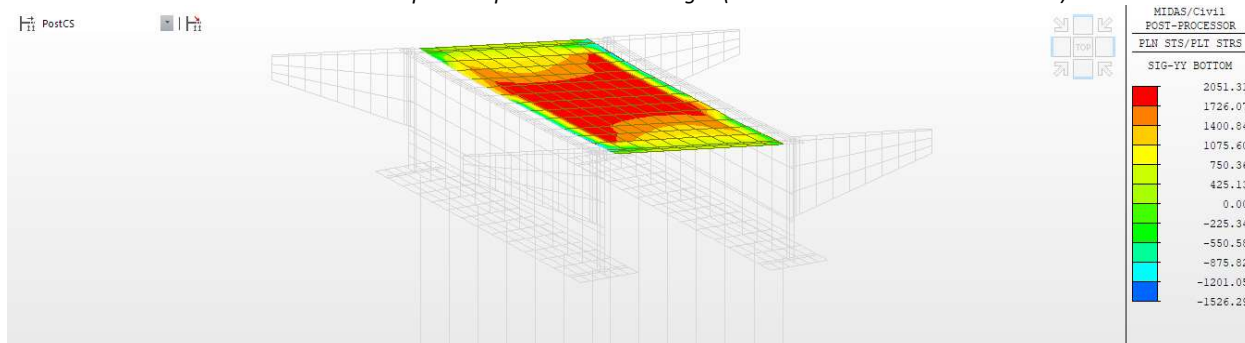


Obr. 14 Ohybové momenty  $M_{yy}$  (moment v příčném směru)

## 7.2. Napjatost v MSP charakteristická

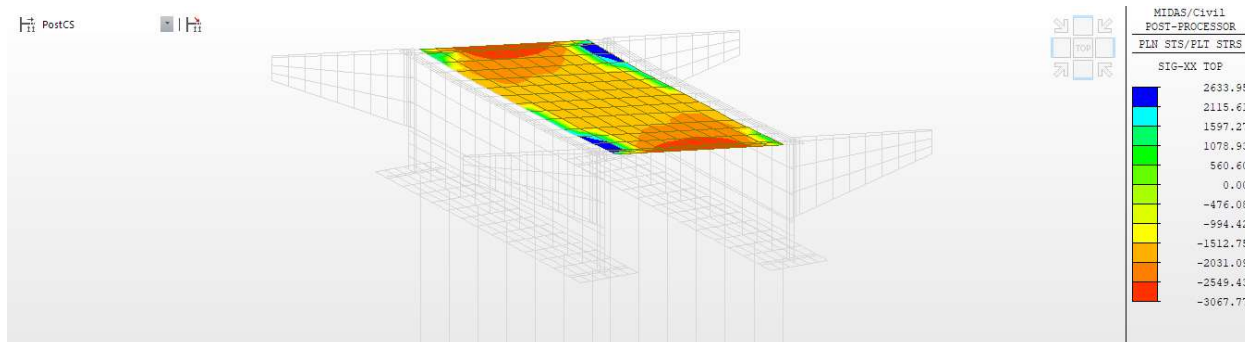


Obr. 15 Napětí na spodních vláknech Sigxx (shodně se staničením komunikace)

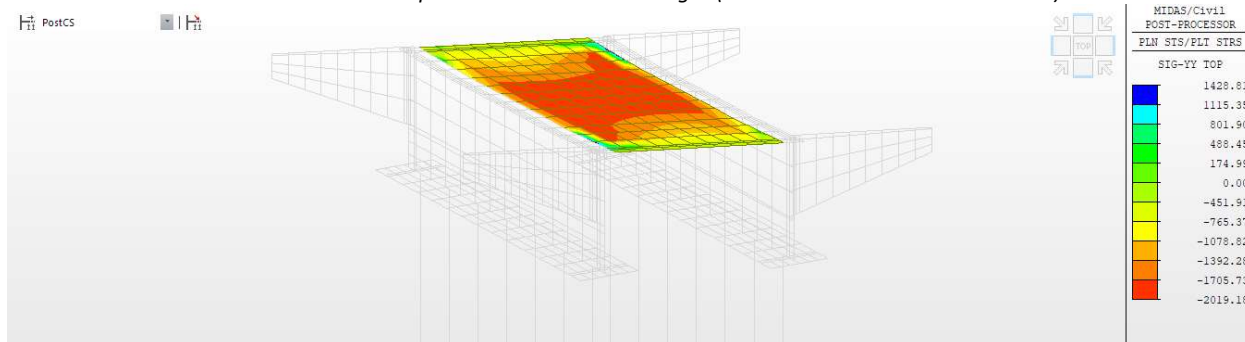


Obr. 16 Napětí na spodních vláknech Sigyy (v příčném směru mostem)

Všechna spodní vlákna jsou tlačena.  $\text{Sigxx, min} = -3,5 \text{ MPa} > 0,6 \cdot \text{fck} (\text{C30/37}) = -18,0 \text{ MPa} \dots \text{OK.}$



Obr. 17 Napětí na horních vláknech Sigxx (shodně se staničením komunikace)



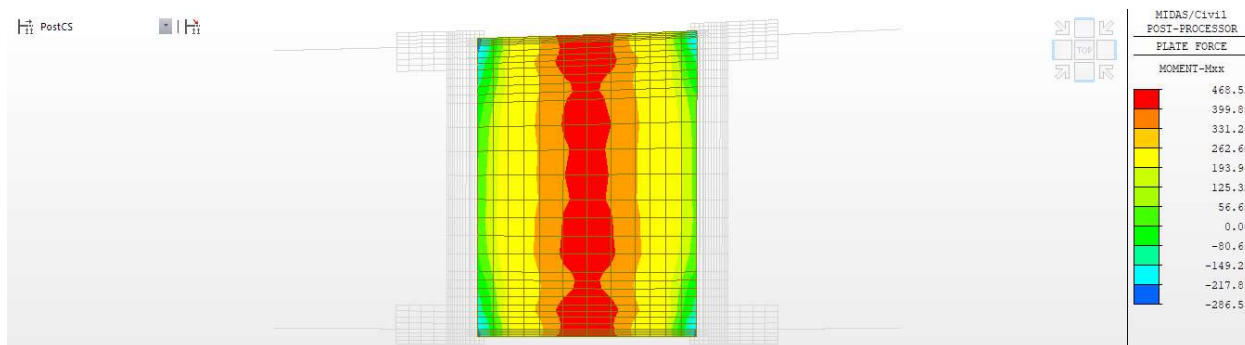
Obr. 18 Napětí na horních vláknech Sigyy (v příčném směru mostem)

Všechna horní vlákna jsou tlačena.  $\text{Sigxx, min} = -3,1 \text{ MPa} > 0,6 \cdot \text{fck} (\text{C30/37}) = -18,0 \text{ MPa} \dots \text{OK.}$



## 7.3. Podélný směr – MSÚ ohyb

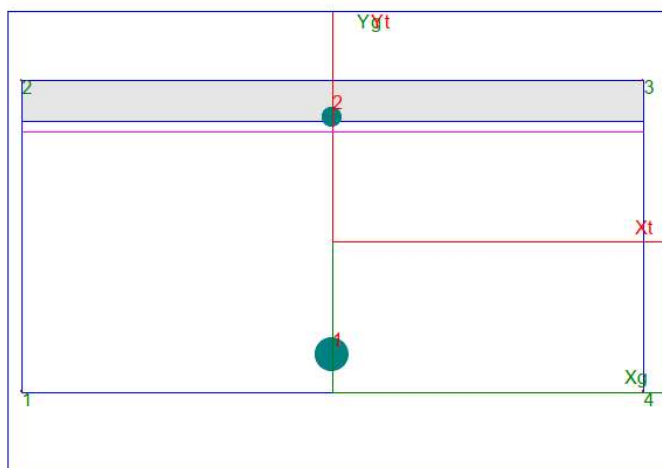
### 7.3.1. Pole



$M_{max} = 470 \text{ kNm/bm}$

#### Zatěžovací Stav 1 : MSÚ Ohyb max M / ULS kombinace

N	Mx	My	Ty
-8,0	470,0	0,0	0,0



#### EC2 EN 1992-1-1

$N_{Rd}$ [kN]	=	-8,00
$M_{Rd}$ [kNm]	=	649,42
$M_{XRd}$ [kNm]	=	649,42
$M_{YRd}$ [kNm]	=	0,00
Alfau	=	0,000

DRCENÍ BETONU

Využití : 72,37 %

Nulová osa	P.č.	X[m]	Y[m]		P.č.	X[m]	Y[m]			
	1	-0,500	0,418		2	0,500	0,418			
Beton	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε
	1	-0,500	0,000	0,000	0,017733	3	0,500	0,500	-21,000	-0,003500
	2	-0,500	0,500	-21,000	-0,003500	4	0,500	0,000	0,000	0,017733
Výztuž	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε
	1	0,000	0,060	434,783	0,015185	2	0,000	0,440	-190,400	-0,000952

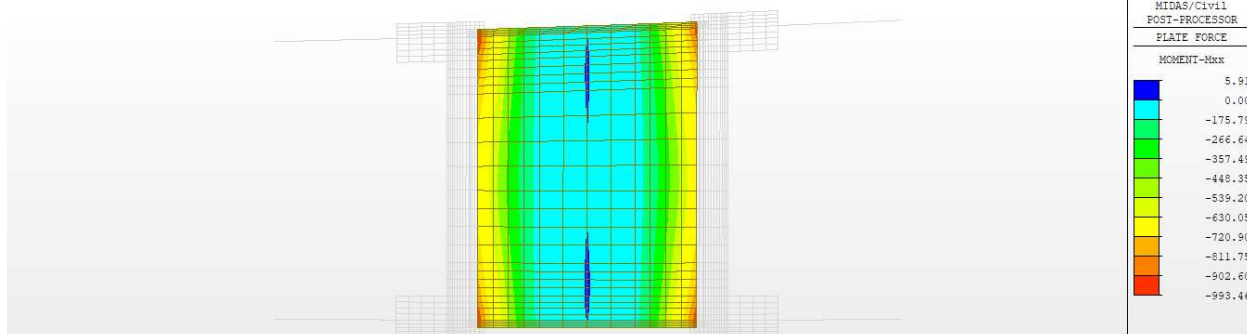
#### Extrémní hodnoty napětí

P.č.	X[m]	Y[m]	$\sigma$ [MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	$\sigma$ [MPa]
Beton 1	-0,500	0,000	0,000	2	-0,500	0,500	-21,000
Výztuž 1	0,000	0,060	434,783	2	0,000	0,440	-190,400
Předpětí 1	0,000	0,000	0,000	2	0,000	0,000	0,000

Přesnost výpočtu : N : 0,000 % Mx : 0,000 % My : 0,000 %  
Nb: -1384,62 Na : 1376,62 Na1: 0,00 Nv : 0,00

**M,Rd > M,Ed ... OK**

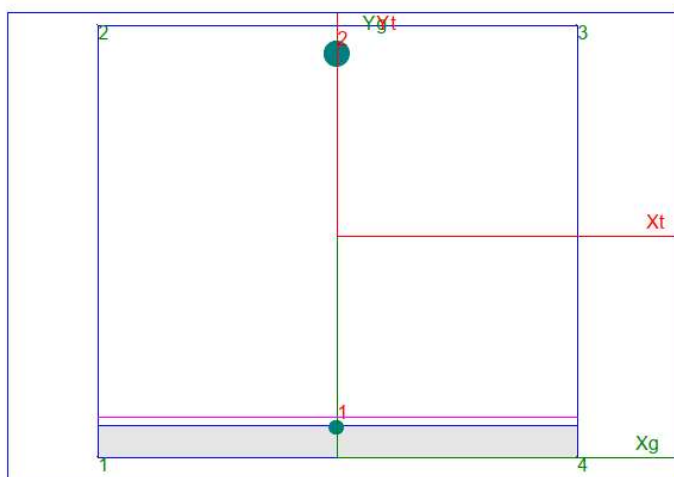
### 7.3.2. Podpora



M,min = -995 kNm/bm

#### Zatěžovací Stav 1 : MSÚ Ohyb max M / ULS kombinace

N	Mx	My	Ty
-8,0	-995,0	0,0	0,0



#### EC2 EN 1992-1-1

$N_{Rd}$ [kN]	=	-8,00
$M_{Rd}$ [kNm]	=	1293,55
$M_{XRd}$ [kNm]	=	-1293,55
$M_{YRd}$ [kNm]	=	0,00
Alfau	=	180,000

DRCENÍ BETONU

Využití : 76,92 %

Nulová osa	P.č.	X[m]	Y[m]			P.č.	X[m]	Y[m]		
	1	-0,500	0,082			2	0,500	0,082		
Beton	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε
	1	-0,500	0,000	-21,000	-0,003500	3	0,500	0,900	0,000	0,034720
	2	-0,500	0,900	0,000	0,034720	4	0,500	0,000	-21,000	-0,003500
Výztuž	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε
	1	0,000	0,060	-190,400	-0,000952	2	0,000	0,840	434,783	0,032172

#### Extrémní hodnoty napětí

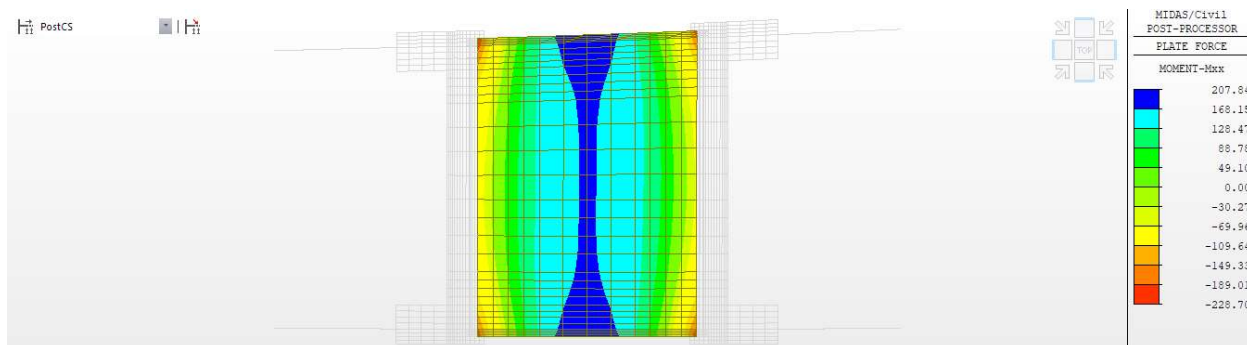
P.č.	X[m]	Y[m]	$\sigma$ [MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	$\sigma$ [MPa]
Beton 2	-0,500	0,900	0,000	1	-0,500	0,000	-21,000
Výztuž 2	0,000	0,840	434,783	1	0,000	0,060	-190,400
Předpětí 2	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000

Přesnost výpočtu : N : 0,000 % Mx : 0,000 % My : 0,000 %  
Nb: -1384,62 Na : 1376,62 Na1: 0,00 Nv : 0,00

**M,Rd > M,Ed ... OK**

## 7.4. Podélný směr – MSP kvazi

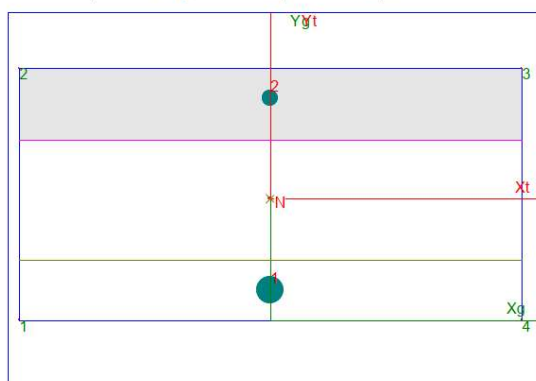
### 7.4.1. Pole



M<sub>max</sub> = 208 kNm/bm

Zatěžovací Stav 3 : MSP Kvazi MaxM / Kvazi-stálá kombinace

N	Mx	My	Ty
0,0	207,0	0,0	0,0



#### EC2 EN 1992-1-pružný Průřezové Charakteristiky Ideální průřez

A [m <sup>2</sup> ]	=	0,1907
X <sub>t</sub> [m]	=	0,0000
Y <sub>t</sub> [m]	=	0,3583
I <sub>xt</sub> [m <sup>4</sup> ]	=	0,004316
I <sub>yt</sub> [m <sup>4</sup> ]	=	0,01181
A <sub>b</sub> [m <sup>2</sup> ]	=	0,1417
A <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ]	=	0,00490088

Natočení neutrálné osy  
Alfa = 0,00000

Vyloučený tah v betonu

Nulová osa P.č.	X[m]	Y[m]		P.č.	X[m]	Y[m]	
1	-0,500	0,358		2	0,500	0,358	
Beton P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
1	-0,500	0,000	0,000	3	0,500	0,500	-6,794
2	-0,500	0,500	-6,794	4	0,500	0,000	0,000
Výztuž P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
1	0,000	0,060	143,051	2	0,000	0,440	-39,172

Extrémní hodnoty napětí

P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
Beton 1	-0,500	0,000	0,000	2	-0,500	0,500	-6,794
Výztuž 1	0,000	0,060	143,051	2	0,000	0,440	-39,172
Předpětí 1	0,000	0,000	0,000	2	0,000	0,000	0,000

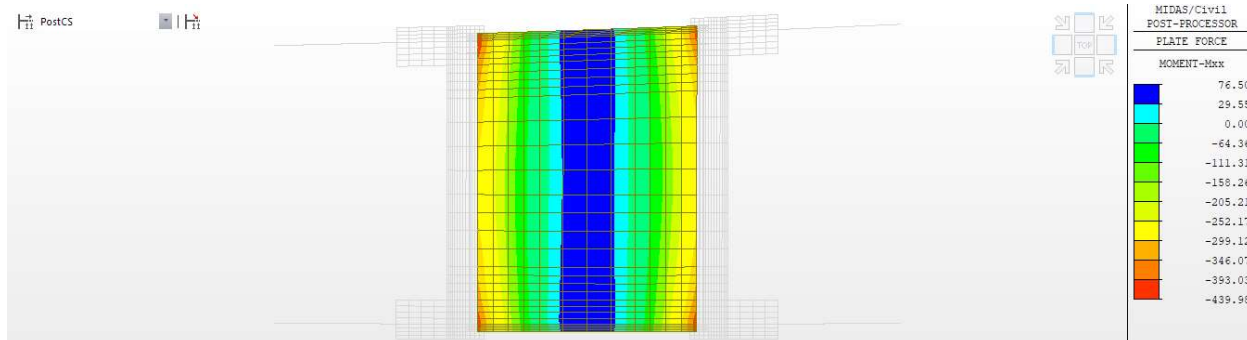
Přesnost výpočtu : N : 0,000 % Mx : 0,001 % My : 0,000 %  
Nb : -481,35 Na : 528,50 Na1 : -47,26 Nv : 0,00

Trhlinky ČSN EN 1992-1-1

$w_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	$S_{r,max} = k_3 * c + k_1 * k_2 * k_4 * \Phi / \rho_{p,eff}$	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t * f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})] / E_s$
$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 A_p) / A_{c,eff}$		
$\sigma_s$ [MPa]	$\rho_{p,eff}$	$\alpha_e$
143,06	0,0309	5,8824
$k_t$	$A_s$ [m <sup>2</sup> ]	$A_p$ [m <sup>2</sup> ]
0,4000	0,00369	0,00000
$\Phi$ [m]	$c$ [m]	$A_{c,eff}$ [m <sup>2</sup> ]
0,0280	0,0460	0,1194
$f_{ct,eff}$ [MPa]	$\xi_1$	$y_{c,eff}$ [m]
3,2000	0,7071	0,1194
$k_1$	$k_2$	$k_3$
0,80	0,50	2,26

w<sub>k</sub> ≤ 0,3 ... OK

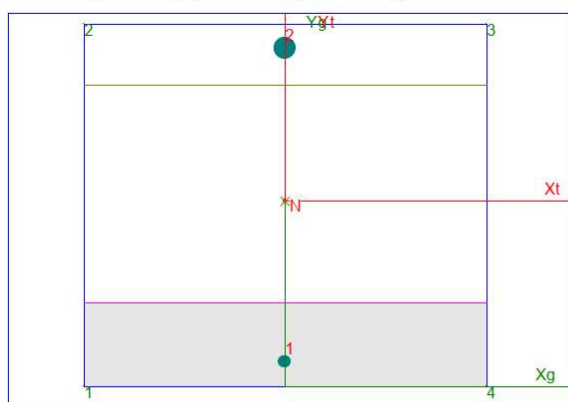
## 7.4.2. Podpora



M,min = -440 kNm/bm

Zatěžovací Stav 3 : MSP Kvazi MaxM / Kvazi-stálá kombinace

N 0,0 Mx -440,0 My 0,0 Ty 0,0



### EC2 EN 1992-1-pružný Průřezové Charakteristiky Ideální průřez

A [m<sup>2</sup>] = 0,2568  
Xt [m] = 0,0000  
Yt [m] = 0,2077  
Ixt [m<sup>4</sup>] = 0,01802  
Iyt [m<sup>4</sup>] = 0,01731  
Ab [m<sup>2</sup>] = 0,2078  
As [m<sup>2</sup>] = 0,00490088

Natočení neutrálné osy  
Alfa = 180,00000

Vyloučený tah v betonu

Nulová osa P.č.				P.č.				
	X[m]	Y[m]			X[m]	Y[m]		
	1	-0,500	0,208		2	0,500	0,208	
Beton	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
	1	-0,500	0,000	-5,072	3	0,500	0,900	0,000
	2	-0,500	0,900	0,000	4	0,500	0,000	-5,072
Výztuž	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
	1	0,000	0,060	-36,073	2	0,000	0,840	154,364

Extrémní hodnoty napětí

P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
Beton 2	-0,500	0,900	0,000	1	-0,500	0,000	-5,072
Výztuž 2	0,000	0,840	154,364	1	0,000	0,060	-36,073
Předpětí 2	0,000	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0,000

Přesnost výpočtu : N : 0,000 % Mx : 0,000 % My : 0,000 %  
Nb: -526,88 Na: 570,30 Na1: -43,52 Nv: 0,00

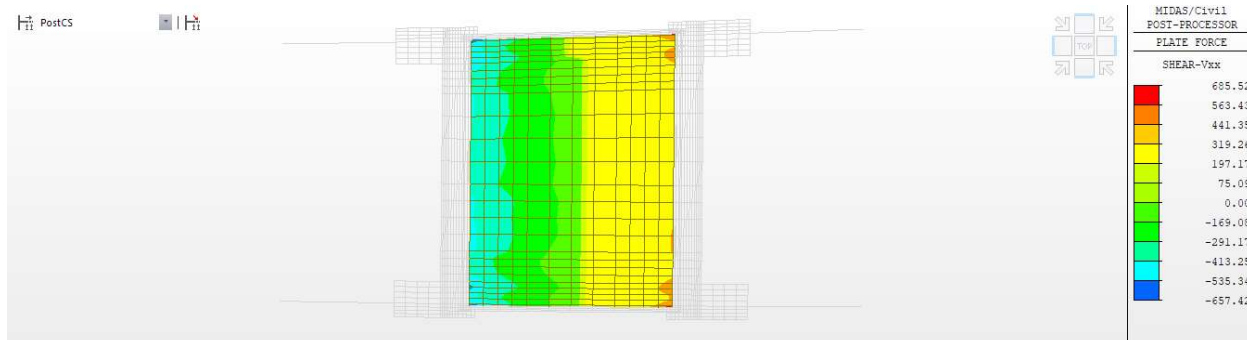
Trhlinky ČSN EN 1992-1-1

$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$				$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \Phi / \rho_{p,eff}$				$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})] / E_s$			
$\sigma_s$ [MPa]	$\rho_{p,eff}$	$\alpha_e$	$\Phi$ [m]	$c$ [m]	$A_{c,eff}$ [m <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	$S_{r,max}$ [m]	$w_k$ [mm]			
154,38	0,0246	5,8824	0,0280	0,0460	0,1500	0,000474	0,2974	0,141			
$k_t$	$A_s$ [m <sup>2</sup> ]	$A_p$ [m <sup>2</sup> ]	$f_{ct,eff}$ [MPa]	$\xi_1$	$y_{c,eff}$ [m]	$k_1$	$k_2$	$k_3$			
0,4000	0,00369	0,00000	3,2000	0,7071	0,1500	0,80	0,50	2,26			

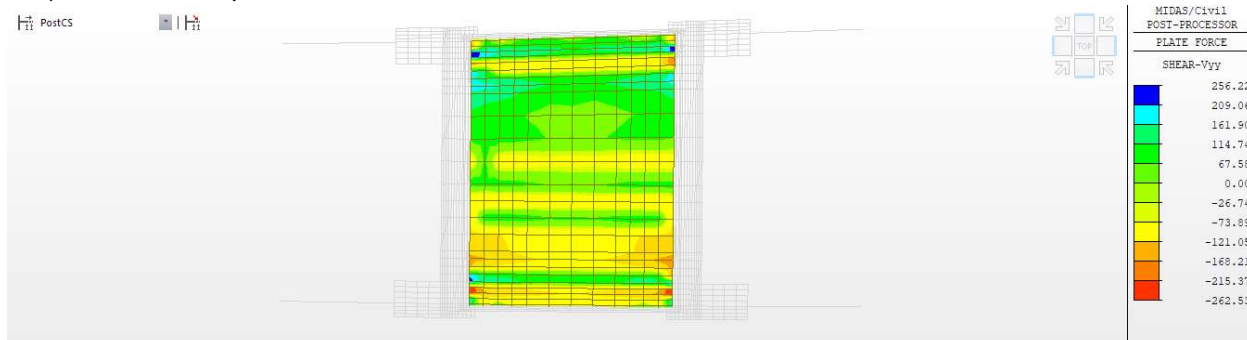
W,k <= 0,3 ... OK



## 7.5. MSÚ smyk



$V_{xx,max} = 1060 \text{ kN/bm}$



$V_{yy,max} = 260 \text{ kN/bm}$

$V_{Ed} = V_{xx} + V_{yy} = 1320 \text{ kN/bm}$

## SMYKOVÁ ÚNOSNOST DESKY

### Materiálové vlastnosti betonu

beton pevnostní třídy C 35/45

charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku:

$f_{ck} = 35.0 \text{ MPa}$

součinitel vyjadřující nepříznivé účinky zatížení:

$\alpha_{cc} = 0.90$

dílčí součinitel spolehlivosti betonu:

$\gamma_C = 1.50$

návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku:

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C = 21.0 \text{ MPa}$

NÁVRHOVÁ hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu:

$f_{ctd} = 1.3 \text{ MPa}$

### Materiálové vlastnosti smykové výztuže

ocel B500B

charakteristická hodnota meze kluzu oceli:

$f_{yk} = 500.0 \text{ MPa}$

dílčí součinitel spolehlivosti betonářské výztuže:

$\gamma_S = 1.15$

návrhová hodnota meze kluzu oceli:

$f_{ywd} = f_{yk} / \gamma_S = 434.8 \text{ MPa}$

### Návrh a posouzení smykové výztuže

výška průřezu:

$h = 0.900 \text{ m}$

nejmenší šířka průřezu mezi tlačným a taženým pásem:

$b_w = 1.000 \text{ m}$

krytí výztuže betonem:

$c_{nom} = 0.050 \text{ m}$

průměr podélné tahové výztuže:

$d_s = 0.028 \text{ m}$

návrhová hodnota posouvající síly:

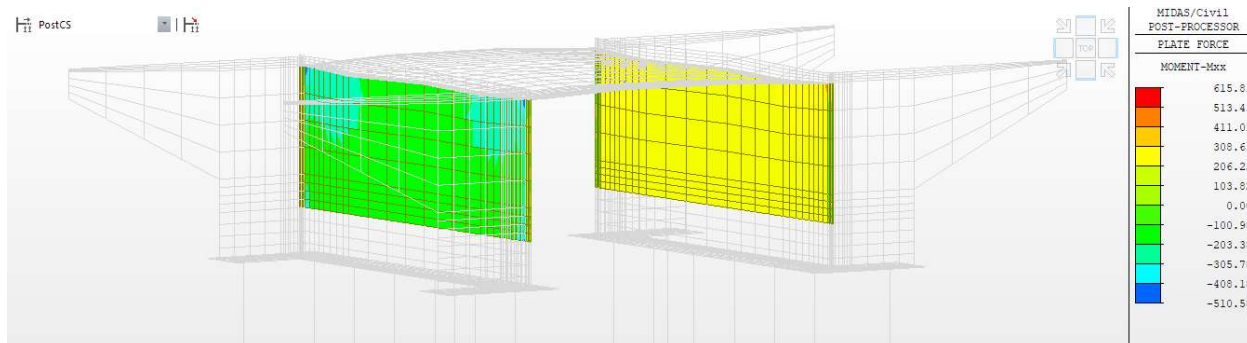
$V_{Ed} = 1320.0 \text{ kN}$



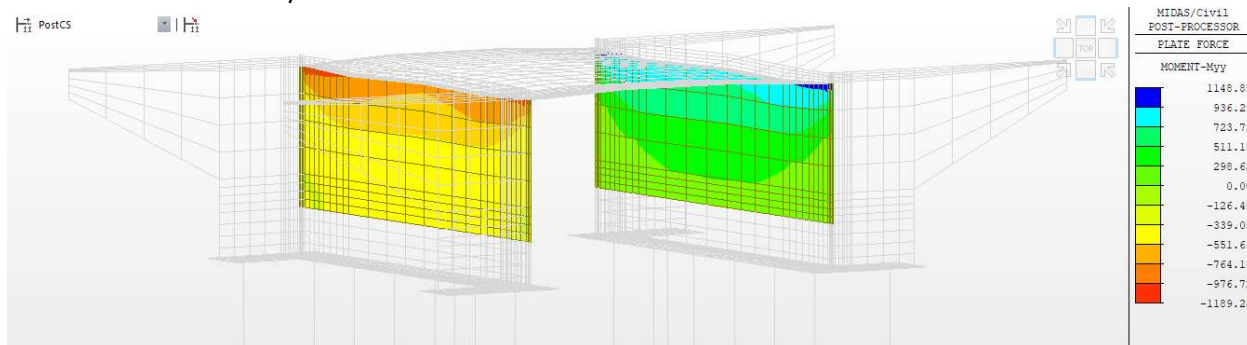
návrh smykové výztuže:		4-střížné třmínky	Ø 16 à 150mm
		0 ohyby 60°	Ø 16 à 500mm
		0.00E+00	
průřezová plocha třmínků:		$A_{sw} =$	8.04E-04 m <sup>2</sup>
průřezová plocha ohybů:		$A_{sw} =$	0.00E+00 m <sup>2</sup>
účinná výška průřezu:		$d = h - c_{nom} - d_{sw} - d_s / 2 =$	0.82 m
stupeň smykového vyztužení:		$\rho_w = A_{sw} / (b_w \cdot s) =$	5.36E-03
minimální stupeň smykového vyztužení:		$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{0,5} / f_{yk} =$	9.47E-04
maximální stupeň smykového vyztužení:		$\rho_{w,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} / f_{ywd} =$	1.25E-02
	$\rho_w =$	5.36E-03	> $\rho_{w,min} = 9.47E-04$ ► <b>Vyhovuje</b>
			< $\rho_{w,max} = 1.25E-02$ ► <b>Vyhovuje</b>
osová vzdálenost třmínků v podélném směru:			
	$s =$	0.150 m	< $s_{max} = 0,75d = 0.615$ m ► <b>Vyhovuje</b>
			< $s_{max} = 0.400$ m ► <b>Vyhovuje</b>
redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem:		$v_1 = v = 0,6(1 - f_{ck}/250) =$	0.516
rameno vnitřních sil:		$z = 0,9d =$	0.738 m
úhel odklonu tlačené diagonály:		$\theta =$	45.0 °
cot úhlu sklonu tlakové diagonály:		$\cot\theta =$	1.00
	1,0 >	$\cot\theta = 1.00$	< 2,5 ► <b>Vyhovuje</b>
Únosnost tlakových diagonál:			
		$V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \cot\theta / (1 + \cot\theta^2) =$	3998.48 kN
	$V_{Ed} =$	1320.00 kN	< $V_{Rd,max} = 3998.48$ kN ►
	► <b>tlaková diagonála vyhoví</b>		
návrhová únosnost svislých třmínků:		$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cot\theta / s =$	1720.39 kN
návrhová únosnost ohybů:		$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha / s =$	0.00 kN
celková návrhová únosnost výztuže:		$V_{Rd,s} =$	1720.39 kN
	$V_{Ed} =$	1320.00 kN	< $V_{Rd,s} = 1720.39$ kN ► <b>Vyhovuje</b>

## 8. STOJINY RÁMU

### 8.1. MSÚ ohyb



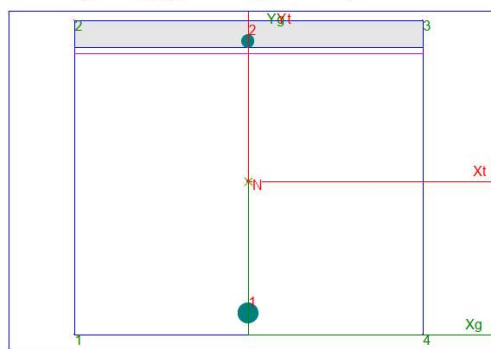
MaxMvdor = 616 kNm/bm



MaxMsvs = 1190 kNm/bm

Zatěžovací Stav 1 : MSÚ Ohyb max M / ULS kombinace

N	Mx	My	Ty
0,0	1190,0	0,0	0,0



**EC2 EN 1992-1-1**

$N_{Rd}$ [kN]	=	0,00
$M_{Rd}$ [kNm]	=	1671,41
$M_{X,Rd}$ [kNm]	=	1671,41
$M_{Y,Rd}$ [kNm]	=	0,00
$\alpha_{fau}$	=	0,000

DRČENÍ BETONU

Využití: 71,20 %

Nulová osa P.č.					X[m]	Y[m]	P.č.					X[m]	Y[m]	
1					-0,500	0,804	2					0,500	0,804	
Beton					P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε
1					-0,500	0,000	0,000	0,029442		3	0,500	0,900	-21,000	-0,003500
2					-0,500	0,900	-21,000	-0,003500		4	0,500	0,000	0,000	0,029442
Výztuž					P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε
1					0,000	0,060	434,783	0,027245		2	0,000	0,840	-260,779	-0,001304

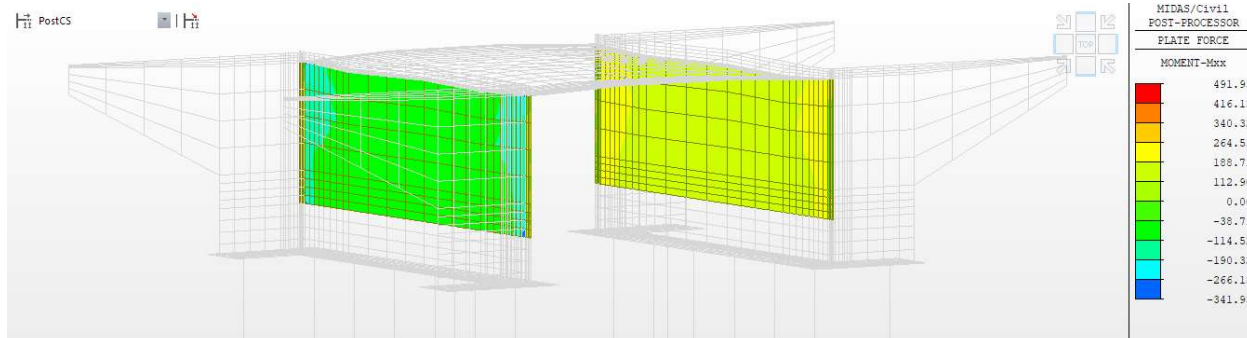
Extrémní hodnoty napětí

P.č.	X[m]	Y[m]	$\sigma$ [MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	$\sigma$ [MPa]
Beton 1	-0,500	0,000	0,000	2	-0,500	0,900	-21,000
Výztuž 1	0,000	0,060	434,783	2	0,000	0,840	-260,779
Předpětí 1	0,000	0,000	0,000	2	0,000	0,000	0,000

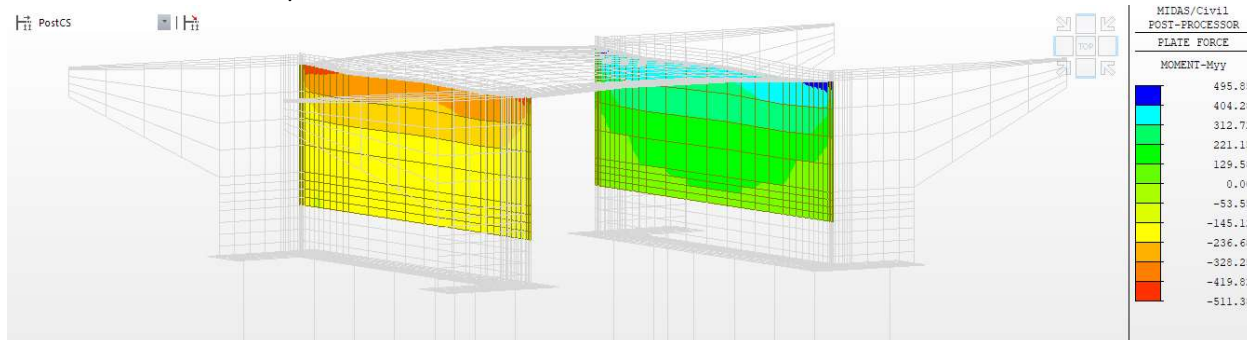
Přesnost výpočtu : N : 0,000 % Mx : 0,000 % My : 0,000 %  
Nb: -1606,48 Na: 1606,48 Na1: 0,00 Nv: 0,00

**MRd > MEd ... OK**

## 8.2. MSP



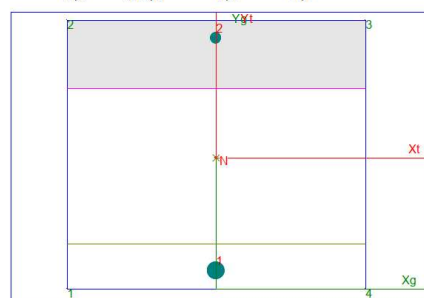
MaxMvdor = 490 kNm/bm



MaxMsvs = 510 kNm/bm

Zatěžovací Stav 3 : MSP Kvazi MaxM / Kvazi-stálá kombinace

N	Mx	My	Ty
0,0	510,0	0,0	0,0



**EC2 EN 1992-1-pružný**  
**Průřezové Charakteristiky**  
**Ideální průřez**

A [m <sup>2</sup> ]	=	0,2964
x <sub>t</sub> [m]	=	0,0000
y <sub>t</sub> [m]	=	0,6707
I <sub>xt</sub> [m <sup>4</sup> ]	=	0,02256
I <sub>yt</sub> [m <sup>4</sup> ]	=	0,01911
A <sub>b</sub> [m <sup>2</sup> ]	=	0,2293
A <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ]	=	0,00671044

Natočení neutrální osy  
Alfa = 0,00000

Vyloučený tah v betonu

Nulová osa P.č.	X[m]	Y[m]	P.č.	X[m]	Y[m]
1	-0,500	0,671	2	0,500	0,671

Beton P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
1	-0,500	0,000	0,000	3	0,500	0,900	-5,184
2	-0,500	0,900	-5,184	4	0,500	0,000	0,000

Výztuž P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
1	0,000	0,060	138,081	2	0,000	0,840	-38,273

Extrémní hodnoty napětí

P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
Beton 1	-0,500	0,000	0,000	2	-0,500	0,900	-5,184
Výztuž 1	0,000	0,060	138,081	2	0,000	0,840	-38,273
Předpětí 1	0,000	0,000	0,000	2	0,000	0,000	0,000

Přesnost výpočtu : N : 0,000 % Mx : 0,000 % My : 0,000 %  
Nb: -594,27 Na: 666,31 Na1: -72,14 Nv: 0,00

Trhlinky ČSN EN 1992-1-1

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \quad S_{r,max} = k_s \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \Phi / \rho_{p,eff} \quad \epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_1 \cdot f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})] / E_s$$

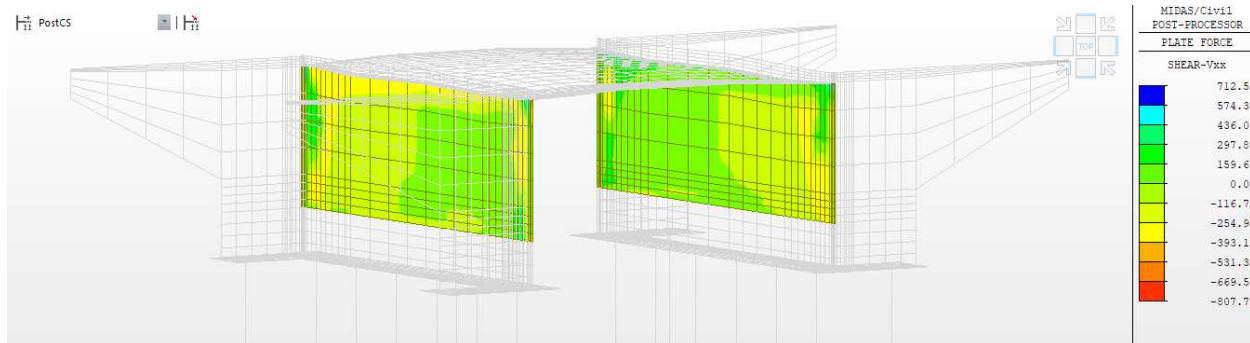
$$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 A_p) / A_{c,eff}$$

σ <sub>s</sub> [MPa]	ρ <sub>p,eff</sub>	α <sub>e</sub>	Φ [m]	c [m]	A <sub>c,eff</sub> [m <sup>2</sup> ]	ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub>	S <sub>r,max</sub> [m]	w <sub>k</sub> [mm]
138,09	0,0322	5,8824	0,0320	0,0440	0,1500	0,000454	0,2717	0,123
k <sub>t</sub>	A <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>p</sub> [m <sup>2</sup> ]	f <sub>ct,eff</sub> [MPa]	ξ <sub>1</sub>	y <sub>c,eff</sub> [m]	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>
0,4000	0,00483	0,00000	3,2000	0,7071	0,1500	0,80	0,50	2,33

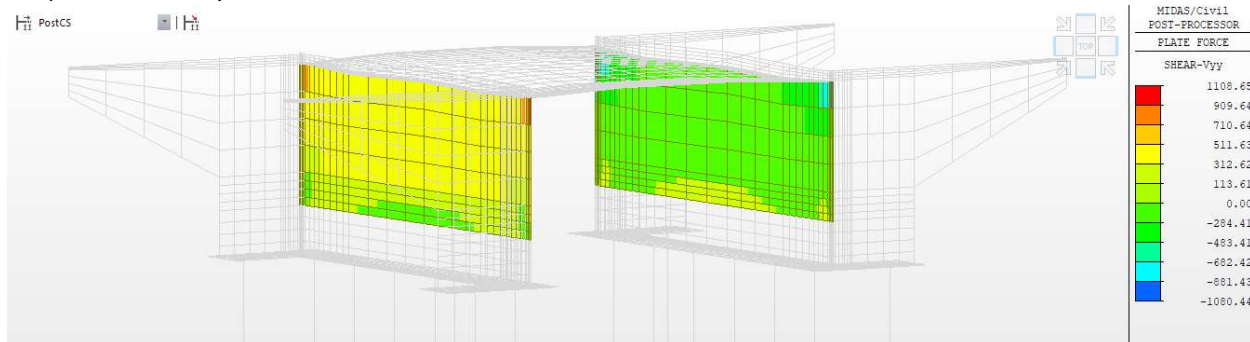
w,k < 0,3 mm ... OK



### 8.3. MSÚ smyk



Vxx,max = 807 kN/bm



Vyy,max = 1110 kN/bm

VEd = Vxx+Vyy = 1917 kN/bm

## SMYKOVÁ ÚNOSNOST STOJIN

### Materiálové vlastnosti betonu

beton pevnostní třídy C 35/45

charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku:

$f_{ck} = 35.0$  MPa

součinitel vyjadřující nepříznivé účinky zatížení:

$\alpha_{cc} = 0.90$

dílčí součinitel spolehlivosti betonu:

$\gamma_C = 1.50$

návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku:

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C = 21.0$  MPa

NÁVRHOVÁ hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu:

$f_{ctd} = 1.3$  MPa

### Materiálové vlastnosti smykové výztuže

ocel B500B

charakteristická hodnota meze kluzu oceli:

$f_{yk} = 500.0$  MPa

dílčí součinitel spolehlivosti betonářské výztuže:

$\gamma_S = 1.15$

návrhová hodnota meze kluzu oceli:

$f_{ywd} = f_{yk} / \gamma_S = 434.8$  MPa

### Návrh a posouzení smykové výztuže

výška průřezu:

$h = 0.900$  m

nejmenší šířka průřezu mezi tlačným a taženým pásem:

$b_w = 1.000$  m

krytí výztuže betonem:

$c_{nom} = 0.050$  m

průměr podélné tahové výztuže:

$d_s = 0.028$  m

návrhová hodnota posouvající síly:

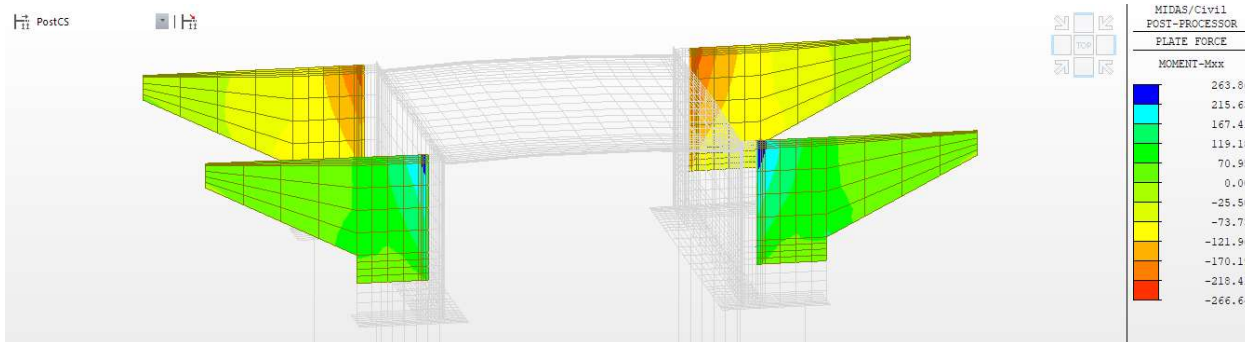
$V_{Ed} = 1917.0$  kN



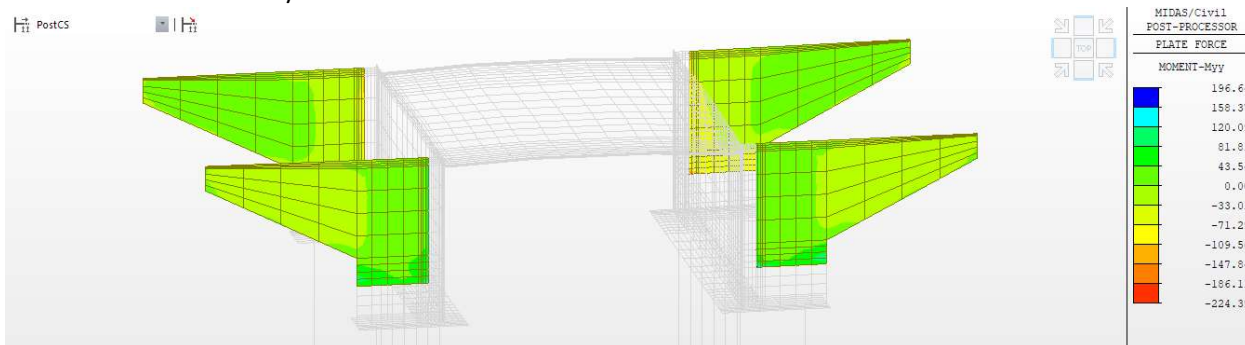
<b>návrh smykové výztuže:</b>		<b>5-střížné třmínky</b>	<b>Ø 16 à 150mm</b>
		<b>0 ohyby 60°</b>	<b>Ø 16 à 500mm</b>
			0.00E+00
průřezová plocha třmínků:		$A_{sw} =$	1.01E-03 m <sup>2</sup>
průřezová plocha ohybů:		$A_{sw} =$	0.00E+00 m <sup>2</sup>
účinná výška průřezu:		$d = h - c_{nom} - d_{sw} - d_s / 2 =$	0.82 m
stupeň smykového vyztužení:		$\rho_w = A_{sw} / (b_w \cdot s) =$	6.70E-03
minimální stupeň smykového vyztužení:		$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{0,5} / f_{yk} =$	9.47E-04
maximální stupeň smykového vyztužení:		$\rho_{w,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} / f_{ywd} =$	1.25E-02
	$\rho_w =$	6.70E-03	> $\rho_{w,min} = 9.47E-04$ ► <b>Vyhovuje</b>
			< $\rho_{w,max} = 1.25E-02$ ► <b>Vyhovuje</b>
osová vzdálenost třmínků v podélném směru:			
	$s =$	0.150 m	< $s_{max} = 0,75d = 0.615$ m ► <b>Vyhovuje</b>
			< $s_{max} = 0.400$ m ► <b>Vyhovuje</b>
redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem:		$v_1 = v = 0,6(1 - f_{ck}/250) =$	0.516
rameno vnitřních sil:		$z = 0,9d =$	0.738 m
úhel odklonu tlačené diagonály:		$\theta =$	45.0 °
cot úhlu sklonu tlakové diagonály:		$\cot\theta =$	1.00
	1,0 >	$\cot\theta = 1.00$	< 2,5 ► <b>Vyhovuje</b>
Únosnost tlakových diagonál:			
		$V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \cot\theta / (1 + \cot^2\theta) =$	3998.48 kN
	$V_{Ed} =$	1917.00 kN	< $V_{Rd,max} = 3998.48$ kN ►
	► <b>tlaková diagonála vyhoví</b>		
návrhová únosnost svislých třmínků:		$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cot\theta / s =$	2150.49 kN
návrhová únosnost ohybů:		$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha / s =$	0.00 kN
celková návrhová únosnost výztuže:		$V_{Rd,s} =$	2150.49 kN
	$V_{Ed} =$	1917.00 kN	< $V_{Rd,s} = 2150.49$ kN ► <b>Vyhovuje</b>

## 9. KŘÍDLA

### 9.1. MSÚ ohyb



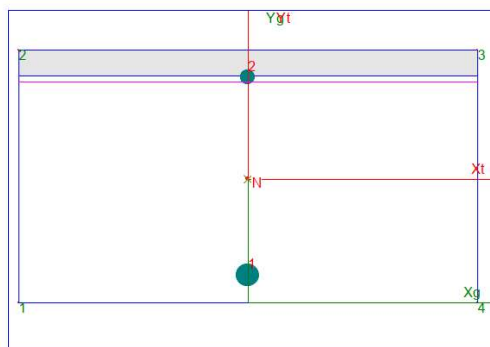
MaxMvdor = 300 kNm/bm



MaxMsvis = 225 kNm/bm

Zatěžovací Stav 1 : MSÚ Ohyb max M / ULS kombinace

N	Mx	My	Ty
0,0	300,0	0,0	0,0



**EC2 EN 1992-1-1**

$N_{Rd}$ [kN]	=	0,00
$M_{Rd}$ [kNm]	=	588,22
$M_{XRd}$ [kNm]	=	588,22
$M_{YRd}$ [kNm]	=	0,00
$\alpha_{fau}$	=	0,000

DRCENÍ BETONU

Využití : 51,00 %

Nulová osa P.č.		X[m]	Y[m]		P.č.	X[m]	Y[m]			
1		-0,500	0,481		2	0,500	0,481			
Beton	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε
	1	-0,500	0,000	0,000	0,024234	3	0,500	0,550	-21,000	-0,003500
	2	-0,500	0,550	-21,000	-0,003500	4	0,500	0,000	0,000	0,024234
Výztuž	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	ε
	1	0,000	0,060	434,783	0,021209	2	0,000	0,490	-94,890	-0,000474

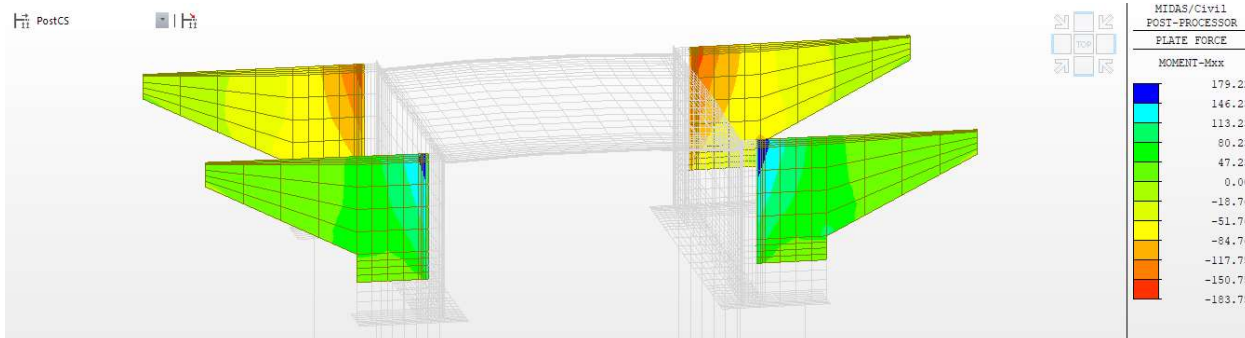
Extrémní hodnoty napětí

	P.č.	X[m]	Y[m]	$\sigma$ [MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	$\sigma$ [MPa]
Beton	1	-0,500	0,000	0,000	2	-0,500	0,550	-21,000
Výztuž	1	0,000	0,060	434,783	2	0,000	0,490	-94,890
Předpětí	1	0,000	0,000	0,000	2	0,000	0,000	0,000

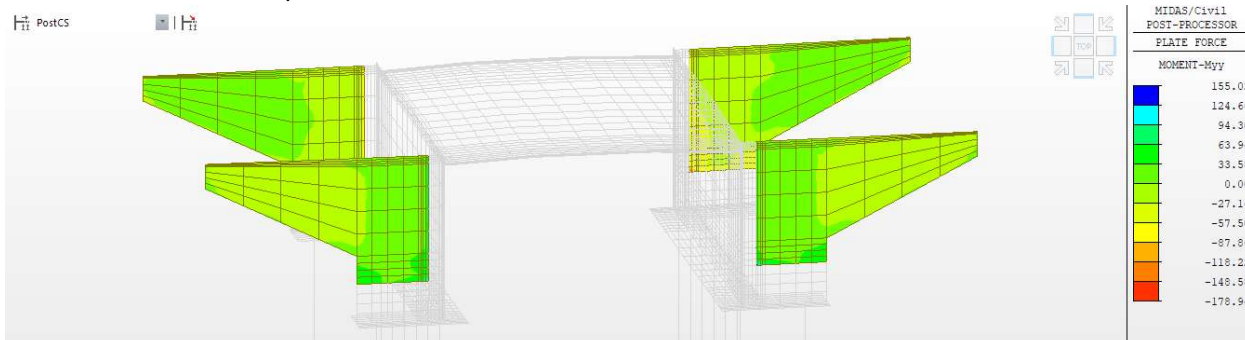
Přesnost výpočtu : N : 0,000 % Mx : 0,000 % My : 0,000 %  
Nb: -1166,07 Na: 1166,07 Na1: 0,00 Nv: 0,00

MRd > MEd ... OK

## 9.2. MSP



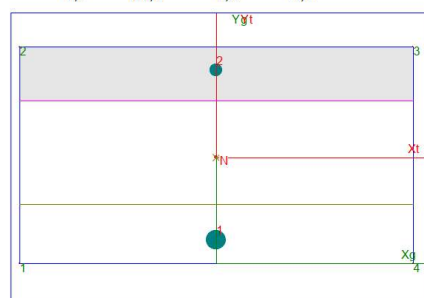
MaxMvdor = 185 kNm/bm



MaxMsvis = 179 kNm/bm

Zatěžovací Stav 3 : MSP Kvazi MaxM / Kvazi-stálá kombinace

N	Mx	My	Ty
0,0	185,0	0,0	0,0



**EC2 EN 1992-1-pružný**  
**Průřezové Charakteristiky**  
**Ideální průřez**

A [m <sup>2</sup> ]	=	0,1790
x <sub>t</sub> [m]	=	0,0000
y <sub>t</sub> [m]	=	0,4125
I <sub>xt</sub> [m <sup>4</sup> ]	=	0,004599
I <sub>yt</sub> [m <sup>4</sup> ]	=	0,01146
A <sub>b</sub> [m <sup>2</sup> ]	=	0,1375
A <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ]	=	0,00415161

Natočení neutrálné osy  
Alfa = 0,00000

Vyloučený tah v betonu

Nulová osa P.č.	X[m]	Y[m]		P.č.	X[m]	Y[m]		
1	-0,500	0,413		2	0,500	0,413		
Beton	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
	1	-0,500	0,000	0,000	3	0,500	0,550	-5,530
	2	-0,500	0,550	-5,530	4	0,500	0,000	0,000
Výztuž	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
	1	0,000	0,060	141,805	2	0,000	0,490	-31,167

Extrémní hodnoty napětí

P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]	P.č.	X[m]	Y[m]	σ[MPa]
Beton 1	-0,500	0,000	0,000	2	-0,500	0,550	-5,530
Výztuž 1	0,000	0,060	141,805	2	0,000	0,490	-31,167
Předpětí 1	0,000	0,000	0,000	2	0,000	0,000	0,000

Přesnost výpočtu : N : 0,000 % Mx : 0,000 % My : 0,000 %  
Nb: -380,15 Na: 417,65 Na1: -37,60 Nv: 0,00

Trhlinky ČSN EN 1992-1-1

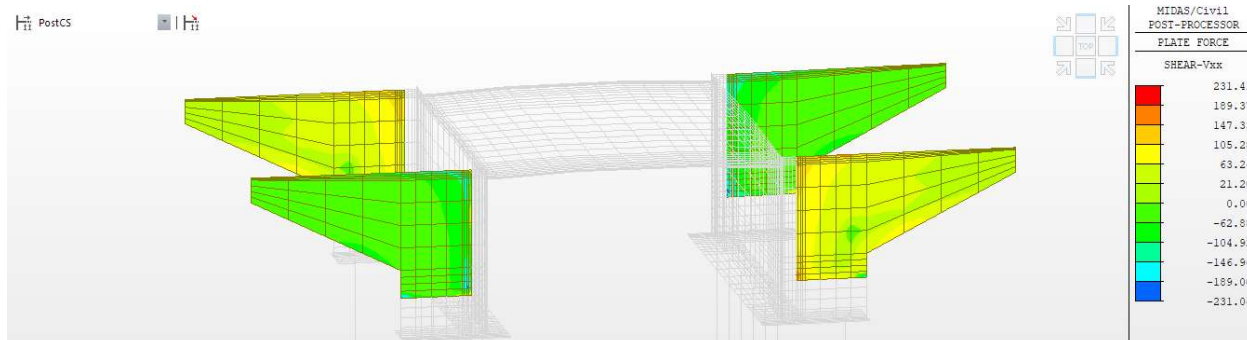
$$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \quad S_{r,max} = k_s \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \Phi / \rho_{p,eff} \quad \epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_1 \cdot f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})] / E_s$$

$$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1 \cdot A_p) / A_{c,eff}$$

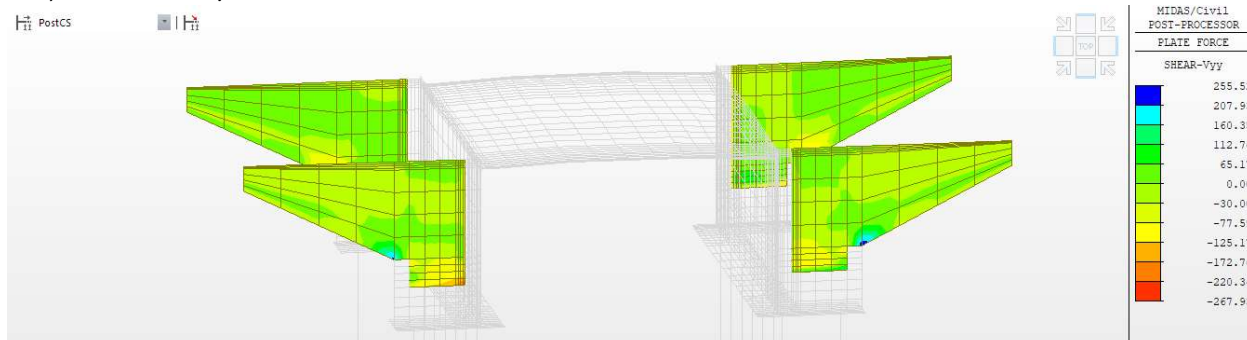
σ <sub>s</sub> [MPa]	ρ <sub>p,eff</sub>	α <sub>e</sub>	Φ [m]	c [m]	A <sub>c,eff</sub> [m <sup>2</sup> ]	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	S <sub>r,max</sub> [m]	w <sub>k</sub> [mm]
141,82	0,0196	5,8824	0,0250	0,0475	0,1500	0,000425	0,3217	0,137
k <sub>t</sub>	A <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>p</sub> [m <sup>2</sup> ]	f <sub>ct,eff</sub> [MPa]	ξ <sub>1</sub>	y <sub>c,eff</sub> [m]	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>
0,4000	0,00295	0,00000	3,2000	0,7071	0,1500	0,80	0,50	2,22

w, k < 0,3 mm ... OK

### 9.3. MSÚ smyk



$V_{xx,max} = 230 \text{ kN/bm}$



$V_{yy,max} = 260 \text{ kN/bm}$

$V_{Ed} = V_{xx} + V_{yy} = 490 \text{ kN/bm}$

### SMYKOVÁ ÚNOSNOST KŘÍDEL

#### Materiálové vlastnosti betonu

beton pevnostní třídy C 35/45

charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku:

$f_{ck} = 35.0 \text{ MPa}$

součinitel vyjadřující nepříznivé účinky zatížení:

$\alpha_{cc} = 0.90$

dílčí součinitel spolehlivosti betonu:

$\gamma_C = 1.50$

návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku:

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C = 21.0 \text{ MPa}$

NÁVRHOVÁ hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu:

$f_{ctd} = 1.3 \text{ MPa}$

#### Materiálové vlastnosti smykové výztuže

ocel B500B

charakteristická hodnota meze kluzu oceli:

$f_{yk} = 500.0 \text{ MPa}$

dílčí součinitel spolehlivosti betonářské výztuže:

$\gamma_S = 1.15$

návrhová hodnota meze kluzu oceli:

$f_{ywd} = f_{yk} / \gamma_S = 434.8 \text{ MPa}$

#### Návrh a posouzení smykové výztuže

výška průřezu:

$h = 0.550 \text{ m}$

nejmenší šířka průřezu mezi tlačným a taženým pásem:

$b_w = 1.000 \text{ m}$

krytí výztuže betonem:

$c_{nom} = 0.050 \text{ m}$

průměr podélné tahové výztuže:

$d_s = 0.028 \text{ m}$

návrhová hodnota posouvající síly:

$V_{Ed} = 490.0 \text{ kN}$





návrh smykové výztuže:		4-střížné třmínky	Ø 12 à 150mm
		0 ohyby 60°	Ø 16 à 500mm
		0.00E+00	
průřezová plocha třmínků:		$A_{sw} =$	4.52E-04 m <sup>2</sup>
průřezová plocha ohybů:		$A_{sw} =$	0.00E+00 m <sup>2</sup>
účinná výška průřezu:		$d = h - c_{nom} - d_{sw} - d_s / 2 =$	0.474 m
stupeň smykového vyztužení:		$\rho_w = A_{sw} / (b_w \cdot s) =$	3.02E-03
minimální stupeň smykového vyztužení:		$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{0,5} / f_{yk} =$	9.47E-04
maximální stupeň smykového vyztužení:		$\rho_{w,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} / f_{ywd} =$	1.25E-02
	$\rho_w =$	3.02E-03	$\rho_{w,min} = 9.47E-04$ ► Vyhovuje $\rho_{w,max} = 1.25E-02$ ► Vyhovuje
osová vzdálenost třmínků v podélném směru:			
	$s =$	0.150 m	$s_{max} = 0,75d = 0.356$ m ► Vyhovuje $s_{max} = 0.400$ m ► Vyhovuje
redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem:		$v_1 = v = 0,6(1 - f_{ck}/250) =$	0.516
rameno vnitřních sil:		$z = 0,9d =$	0.427 m
úhel odklonu tlačené diagonály:		$\theta =$	45.0 °
cot úhlu sklonu tlakové diagonály:		$\cot\theta =$	1.00
	1,0 >	$\cot\theta = 1.00$	< 2,5 ► Vyhovuje
Únosnost tlakových diagonál:			
		$V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \cot\theta / (1 + \cot\theta^2) =$	2311.32 kN
	$V_{Ed} =$	490.00 kN	$V_{Rd,max} = 2311.32$ kN ► ► tlaková diagonála vyhoví
návrhová únosnost svislých třmínků:			
		$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cot\theta / s =$	559.39 kN
návrhová únosnost ohybů:			
		$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha / s =$	0.00 kN
celková návrhová únosnost výztuže:			
	$V_{Ed} =$	490.00 kN	$V_{Rd,s} = 559.39$ kN ► Vyhovuje



## 10. ZÁVĚR

Statickým výpočtem bylo prokázáno, že konstrukce mostu SO 201 jako celek i všechny jeho části mají požadovanou bezpečnost a dostatečnou tuhost podle platných norem pro navrhování uvedených v kapitole 3. Konstrukce byla posouzena dle metodiky Eurokódů a dle pravidel stavební mechaniky, a pružnosti a pevnosti stavebních materiálů.

Bylo prokázáno, že konstrukce vyhovuje jak požadavkům únosnosti i použitelnosti. Podrobné výsledky jsou uchovány u projektanta.

Brno, říjen 2023

Vypracoval:

Ing. Pavel Sliwka

