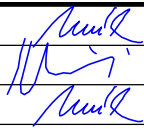



SO 103 Kabelová šachta Š14

Odpovědný projektant:	Ing. Miroslav Novák		 SPOL. S R. O. ....	
Vypracoval:	Ing. Martin Klomínský			
Kontroloval:	Ing. Miroslav Novák			
Objednatel: <b>Správa železnic, státní organizace</b> OŘ Ústí nad Labem, Železničářská 1386/31, 400 03 Ústí nad Labem		Žukovova 79/60, 400 03 Ústí nad Labem projekce@progi.cz Tel: 411 198 004		
Stavba:			Číslo projektu:	46/2019
<b>Oprava výhybek v uzlu Ústí n. L. hl.n.</b> <b>E.1.1.2 KABELOVÉ ŠACHTY Š14 A Š15</b>			Datum:	08/2020
			Stupeň:	DSP
<b>STATICKÝ VÝPOČET SO 103</b>			Měřítko:	-
			Část:	Číslo výkresu:
			<b>E.1.1.2</b>	<b>6</b>

## 1 TECHNICKÁ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU

### 1.1 Celkový obsah s uvedením čísel stran jednotlivých částí

1	Technická zpráva ke statickému výpočtu .....	1
1.1	Celkový obsah s uvedením čísel stran jednotlivých částí .....	1
1.2	Identifikační údaje .....	2
1.3	Technický popis jednotlivých samostatných konstrukcí .....	3
1.4	Údaje o fyzikálně-mechanických vlastnostech použitých materiálů .....	3
1.4.1	Beton .....	3
1.5	Podklady pro zpracování statického výpočtu .....	3
1.6	Přehled použité literatury, využívaných norem a vzorových listů .....	3
1.7	Výpočetní pomůcky .....	4
2	Vlastní přepočet .....	4
2.1	Výpočetní model .....	4
2.2	Zatížení .....	4
2.2.1	Zatížení stálé .....	4
2.2.2	Zatížení proměnné .....	5
2.2.3	Sestavy zatížení železniční dopravou .....	12
2.2.4	Kombinace zatížení .....	12
2.3	Nosná konstrukce .....	13
2.3.1	Kombinace vnitřních sil – MSÚ trvalé a dočasné návrhové situace .....	13
2.3.2	Kombinace vnitřních sil – MSP charakteristická kombinace .....	13
2.3.3	Návrh a posouzení průřezu pro MSÚ – střed rozpětí .....	14
2.3.4	Návrh a posouzení průřezu pro MSÚ – rámový roh .....	15
2.3.5	Posouzení průřezu na únavu .....	17
2.3.6	Posouzení průřezu na omezení napětí .....	21
2.4	Stanovení zatížitelnosti průřezu .....	23
3	Sestavení přehledných výsledků zatížitelnosti .....	24

## **1.2 Identifikační údaje**

Název stavby:	<b>Oprava výhybek v uzlu Ústí n. L. hl. n.</b>
Stavební objekty:	SO 103 Kabelová šachta Š14
Stupeň dokumentace:	Dokumentace pro stavební povolení (DSP)
Charakter stavby:	Opravné práce, liniová stavba
Odvětví:	Železniční doprava
Místo stavby:	<b>ŽST Ústí nad Labem hl. n.</b>
Kraj:	Ústecký
Okres:	Ústí nad Labem
Katastrální území:	Ústí nad Labem
Objednatel:	Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1 - Nové Město IČ: 70994234 DIČ: CZ 70994234
Zastoupený:	Správa železnic, státní organizace Oblastní ředitelství Ústí nad Labem Železničářská 1386/31 400 03 Ústí nad Labem
Zhotovitel dokumentace:	PROGI spol. s r. o. Žukovova 79 / 60 400 03 Ústí nad Labem IČ: 03242137

### 1.3 Technický popis jednotlivých samostatných konstrukcí

V místě stávající kabelové šachty Š14 se bude nacházet střed nové dvojité kolejové spojky tvořený kolejovou křižovatkou tvaru K49-1:4,5-b. Bude zdemolován stávající strop a horní část stěn (cca 1,0 m) do úrovně nulového ohybového momentu. Realizován bude nový strop tloušťky min. 0,25 m se střežovitým sklonem 2,0 %, který bude dimenzován na užité zatížení kolejovou dopravou. V místě stávajícího žebříku bude do šachy na celou její výšku vybourán vstupní otvor šířky 0,75 m. Se stávající šachtou bude zmonolitněna nová železobetonová přístupová chodba s novým vstupem. Chodba má charakter monolitického železobetonového uzavřeného rámu.

Vlastní přístupová chodba se bude skládat ze čtyř dilatačních celků vzájemně oddílatovaných spárami tl. 20 mm. Konstrukce bude založena na monolitické desce šířky 1,75 m a tloušťky 0,25 m. Základová deska je navržena z betonu C30/37 – XC4, XF3 (CZ,F.2)-CI 0,2-Dmax 22 - S4 a bude vyztužena betonářskou výztuží B500B. Tloušťka svislých stěn rámu bude 0,25 m. Nové železobetonové části šachty budou zmonolitněny se stávající šachtou vlepenými trny  $\varnothing$  12 mm á 300 mm. Nad stávající šachtou bude nová stropní deska provedena se střežovitým spádem 2,0 %. Svislé stěny a stropní desky budou provedeny z betonu C30/37 – XC4, XF3 (CZ,F.2)-CI 0,2-Dmax 22 - S4 a vyztuženy betonářskou výztuží B500B.

Všechny části nosné konstrukce jsou navrhovány s životností 100 let.

### 1.4 Údaje o fyzikálně-mechanických vlastnostech použitých materiálů

#### 1.4.1 Beton

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| • Beton:                                | C30/37                        |
| • Sečnový modul pružnosti:              | $E_{cm} = 33\,000\text{ MPa}$ |
| • Charakteristická pevnost v tlaku:     | $f_{ck} = 30,0\text{ MPa}$    |
| • Dílčí součinitel spolehlivosti (MSÚ): | $\gamma_c = 1,50$             |

#### Betonářská výztuž

- |                                      |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| • Výztuž:                            | B500B                     |
| • Charakteristická mez kluzu:        | $f_{yk} = 500\text{ MPa}$ |
| • Dílčí součinitel spolehlivosti:    | $\gamma_s = 1,15$         |
| • Návrhová hodnota modulu pružnosti: | $E_p = 200\text{ GPa}$    |

### 1.5 Podklady pro zpracování statického výpočtu

- Prohlídka a zaměření objektu projektantem (02. 04. 2020)
- Návrh nového zhlaví v ŽST Ústí nad Labem hl. n. (04/2020)

### 1.6 Přehled použité literatury, využívaných norem a vzorových listů

- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, vč. Změny A1 – 04/2007, Opravy 1 – 11/2007, Opravy 2 – 08/2008, Opravy 3 – 02/2010, Změny Z1 – 02/2001, Změny Z2 – 03/2010
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užité zatížení pozemních staveb, vč. Opravy 1 – 02/2001, Změny Z1 – 02/2001, Změny Z2 – 03/2010

- ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, vč. Opravy 1 – 09/2008, Opravy 2 – 05/2010, Změny Z1 – 03/2010
- ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou, vč. Opravy 1 – 02/2010, Změny Z1 – 02/2010, Změny Z2 – 03/2010
- ČSN EN 1991-1-7 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení, vč. Změny Z1 – 03/2010
- ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou, vč. Změny Z1 – 02/2010, Změny Z2 – 03/2010
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, vč. Opravy 1 – 07/2009, Změny Z1 – 03/2010
- ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady, vč. Opravy 1 – 10/2009, Změny Z1 – 03/2010
- ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, vč. Změny A1 – 02/2005, Změny A2 – 10/2005, Změny Z1 – 01/2002, Změny Z2 – 12/2003, Změny Z3 – 04/2008
- ČSN EN 10080 Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel – Všeobecně
- ČSN 42 0139 Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná žebírková betonářská ocel – Všeobecně
- Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti mostních objektů, SŽDC, s.o., 07/2015 (dále jen „Pokyn“)

## 1.7 Výpočetní pomůcky

Pro posouzení mostní konstrukce byly použity tyto programy:

- SciaEngineer 16.0, © Nemetschek Group
- Mathcad 14.0, © 2007 Parametric Technology Corporation.
- MS OFFICE 365, © Microsoft Corporation.

## 2 VLASTNÍ PŘEPOČET

### 2.1 Výpočetní model

V programu SciaEngineer byl vytvořen prostorový deskový model, který odpovídá tvaru střednice konstrukce. Geometrické a materiálové charakteristiky odpovídají navržené konstrukci. Zatížení je vnášeno v požadované velikosti na plošné prvky. Vzhledem k použitému modelu není třeba řešit roznášecí a vzdorující šířky konstrukce.

Založení objektu bylo modelováno jako pružné pomocí Winklerových pružin. Model nepředpokládá spolupůsobení nosné konstrukce s okolním zásypem.

### 2.2 Zatížení

Zatížení jsou uvažována dle EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Roznos zatížení šterkovým ložem je uvažován ve sklonu 4:1.

#### 2.2.1 Zatížení stálé

##### Vlastní tíha nosné konstrukce

Objemová tíha obyčejného betonu se uvažuje hodnotou 24,0 kN/m<sup>3</sup>. Tato hodnota se zvětší o 1 kN/m<sup>3</sup> pro běžné procento vyztužení. Tíha desky je proto uvažována hodnotou 25,0 kN/m<sup>3</sup>.

### Ostatní stálé zatížení

šterkové lože (žula, rula...20kN/m<sup>3</sup>)

charakteristická hodnota zatížení:

$$20,0 \text{ kN/m}^3 \times 0,61 \text{ m} = 12,2 \text{ kN/m}^2$$

nominální hodnota zatížení

$$12,2 \text{ kN/m}^2 \times 1,4 = 17,08 \text{ kN/m}^2$$

výhybka (4 kolejnice S 49, dřevěné výh. pražce)

nominální hodnota zatížení:

$$= 5,6 \text{ kN/m}$$

hydroizolace + ochrana

char. hodnota zatížení:

$$0,06 \text{ m} \times 25,0 \text{ kN/m}^3 = 1,50 \text{ kN/m}^2$$

### Boční zatížení zásypem

Jako materiál zásypu je uvažován šterk s příměsí jemnozrnné zeminy G3/G-F. Tíha zeminy je zadána 20 kN/m<sup>3</sup>, úhel vnitřního tření pak 30°.

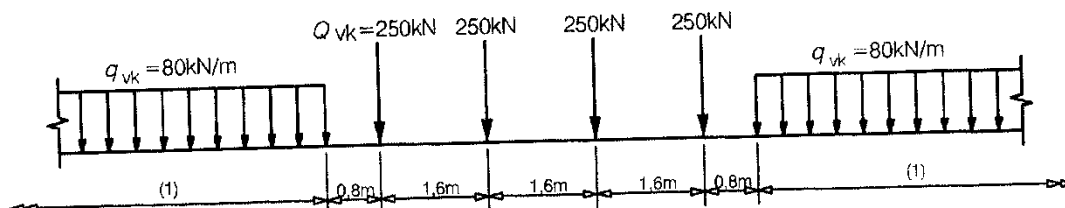
Postup je zvolen dle návrhového přístupu 2 – materiálové charakteristiky nejsou redukovány.

součinitel zemního tlaku v klidu:

$$K_0 = 1 - \sin \varphi = 1 - \sin 30 = 0,50$$

## 2.2.2 Zatížení proměnné

### Model zatížení 71



Osamělé síly budou rozneseny v podélném směru na tři pražce v souladu s čl. 6.3.6.1 ČSN EN 1991-2. Z pražce se zatížení bude roznášet k povrchu desky ve sklonu 4:1. Zatížení bude do modelu zadáno již s požadovanou excentricitou.

Součinitel  $\alpha$  je pro tento most uvažován hodnotou **1,21**.

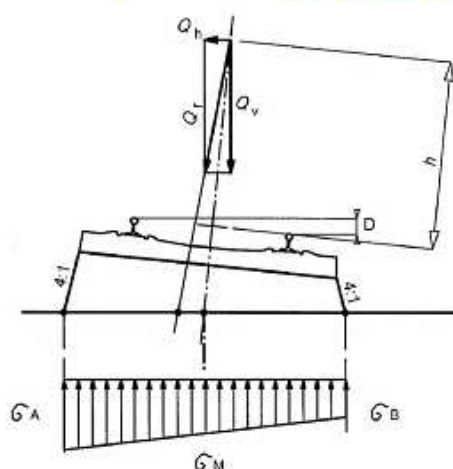
### Dynamické účinky

Dynamický součinitel je stanoven pro standardně udržovanou kolej.

$$\Phi = (2,16 / (\sqrt{L_d} - 0,2)) + 0,73 = 2,23 = 2,00$$

Náhradní délka je uvažována hodnotou  $L_d = 2,70 \text{ m}$

**Roznos bodového zatížení pražci a ložem s uvažováním excentricity**



rozchod kolejnic .....	$L_{kol} := 1.5\text{m}$
převýšení koleje.....	$D_{kol} := 0\text{mm}$
délka pražce.....	$L_{pr} := 2.6\text{m}$
šířka pražce.....	$S_{pr} := 0.27\text{m}$
tloušťka štěrku lože..	$T_{loze} := 0.45\text{m}$
výška pražce s kolejnicí...	$H_{kol} := 0.333\text{m}$
svislá bodová síla.....	$Q_v := 250\text{kN}$
redukční součinitel.....	$f_{red} := 1.00$

Odstředivé síly působí vodorovně ven z oblouku ve výšce 1,80 m nad temenem kolejnice.

Stanovení šířky a délky nosné konstrukce, na kterou se roznese zatížení:

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[ \left( \frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.825\text{m}$$

$$\text{délka: } D_{roz} := \min[S_{pr} + 0.5 \cdot T_{loze}, 0.533\text{m}] = 0.495\text{m}$$

Excentricita zatížení:

Dle ČSN EN 1991-2 se musí uvažovat boční posunutí svislých zatížení u všech náprav až do poměru 1,25 : 1,00. Dle kapitoly 6.3.5 je maximální excentricita 1/18 rozchodu koleje.

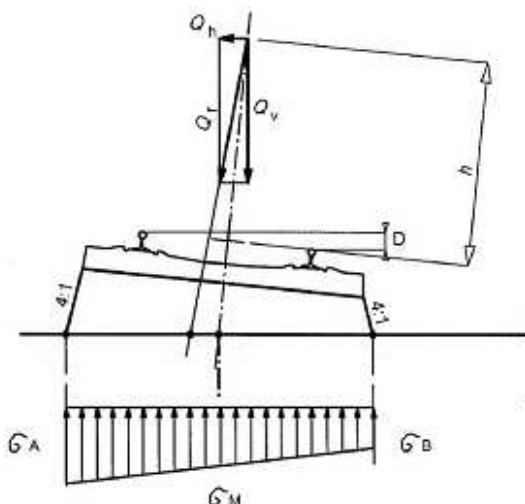
Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

$$\sigma_A := \left( \frac{0.5Q_v}{L_{roz} \cdot D_{roz}} \right) + \left[ \frac{\left( \frac{L_{kol}}{18} \right) \cdot 0.5Q_v}{0.166666 \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_A = 105.211 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left( \frac{0.5Q_v}{L_{roz} \cdot D_{roz}} \right) - \left[ \frac{\left( \frac{L_{kol}}{18} \right) \cdot 0.5Q_v}{(0.16666) \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_B = 73.568 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

### Boční ráz

#### Roznos bočního rázu pražci a ložem



rozchod kolejnic .....	$L_{kol} := 1.5\text{m}$
převýšení koleje.....	$D_{kol} := 0\text{mm}$
délka pražce.....	$L_{pr} := 2.60\text{m}$
šířka pražce.....	$S_{pr} := 0.27\text{m}$
tloušťka štěrku lože..	$T_{loze} := 0.45\text{m}$
boční ráz.....	$Q_H := 100\text{kN}$
výška pražce s kolejnicí...	$H_{kol} := 0.333\text{m}$

Stanovení šířky a délky nosné konstrukce, na kterou se roznese zatížení:

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[ \left( \frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.825\text{m}$$

$$\text{délka: } D_{roz} := \min[S_{pr} + 0.5 \cdot T_{loze}, 0.533\text{m}] = 0.495\text{m}$$

Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

$$\sigma_A := \left( \frac{0.5 Q_H \cdot H_{kol}}{0.166666 \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right) \quad \sigma_A = 25.289 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left( \frac{-0.5 Q_H \cdot H_{kol}}{(0.166666) \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right) \quad \sigma_B = -25.29 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

### Rovnoměrná složka teploty

Pro místo stavby (Ústí nad Labem) byly z map maximálních a minimálních teplot vzduchu ve stínu převzaty následující hodnoty:

$$T_{\min} = -34^\circ\text{C}; \quad T_{\max} = 40^\circ\text{C}$$

Minimální a maximální rovnoměrná složka teploty se dopočítá pro konstrukci 3. typu (betonová nosná konstrukce)

$$T_{e,\min} = T_{\min} + 8^\circ\text{C} = -34^\circ\text{C} + 8^\circ\text{C} = -26^\circ\text{C}$$

$$T_{e,\max} = T_{\max} + 1.5^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C} + 1.5^\circ\text{C} = 41.5^\circ\text{C}$$

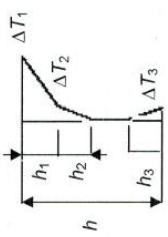
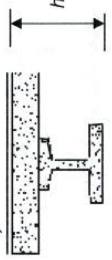
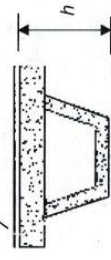
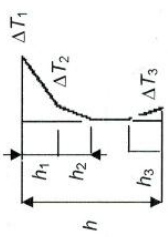
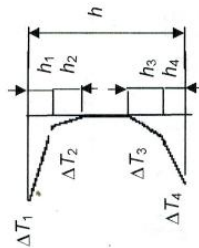


Charakteristická hodnota maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty bude dopočítána od výchozí teploty 10°C.

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 10^\circ\text{C} - (-26^\circ\text{C}) = 36^\circ\text{C} \quad (\text{ochlazení})$$

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 41,5^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 31,5^\circ\text{C} \quad (\text{oteplení})$$

### Rozdílová složka teploty

Typ konstrukce	Rozdíly teplot $\Delta T$																																																								
	(a) oteplení	(b) ochlazení																																																							
<p>mostní svršek 100 mm</p>  <p>Typ 3.a: betonová desková konstrukce</p>  <p>mostní svršek 100 mm</p> <p>Typ 3.b: betonový nosník</p>  <p>mostní svršek 100 mm</p> <p>Typ 3.c: betonový komorový nosník</p>	 <p> <math>h_1 = 0,3 h</math>, avšak <math>\leq 0,15 m</math>  <math>h_2 = 0,3 h</math>, avšak <math>\geq 0,10 m</math>            avšak <math>\leq 0,25 m</math>  <math>h_3 = 0,3 h</math>, avšak <math>\leq (0,10 +</math>            tloušťka mostního svršku v m)            pro tenké desky je <math>h_3</math> omezeno  <math>h - h_1 - h_2</math> </p> <table border="1"> <tr> <th><math>h</math> m</th> <th><math>\Delta T_1</math></th> <th><math>\Delta T_2</math></th> <th><math>\Delta T_3</math></th> </tr> <tr> <td><math>\leq 0,2</math></td> <td>8,5</td> <td>3,5</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>12,0</td> <td>3,0</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>13,0</td> <td>3,0</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td><math>\geq 0,8</math></td> <td>13,0</td> <td>3,0</td> <td>2,5</td> </tr> </table>	$h$ m	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5	0,4	12,0	3,0	1,5	0,6	13,0	3,0	2,0	$\geq 0,8$	13,0	3,0	2,5	 <p> <math>h_1 = h_4 = 0,20 h</math>, avšak <math>\leq 0,25 m</math>  <math>h_2 = h_3 = 0,25 h</math>, avšak <math>\leq 0,20 m</math> </p> <table border="1"> <tr> <th><math>h</math> m</th> <th><math>\Delta T_1</math></th> <th><math>\Delta T_2</math></th> <th><math>\Delta T_3</math></th> <th><math>\Delta T_4</math></th> </tr> <tr> <td><math>\leq 0,2</math></td> <td>-2,0</td> <td>-0,5</td> <td>-0,5</td> <td>-1,5</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>-4,5</td> <td>-1,4</td> <td>-1,0</td> <td>-3,5</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>-6,5</td> <td>-1,8</td> <td>-1,5</td> <td>-5,0</td> </tr> <tr> <td>0,8</td> <td>-7,6</td> <td>-1,7</td> <td>-1,5</td> <td>-6,0</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>-8,0</td> <td>-1,5</td> <td>-1,5</td> <td>-6,3</td> </tr> <tr> <td><math>\geq 1,5</math></td> <td>-8,4</td> <td>-0,5</td> <td>-1,0</td> <td>-6,5</td> </tr> </table>	$h$ m	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_4$	$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5	0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5	0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0	0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0	1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3	$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5
$h$ m	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$																																																						
$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5																																																						
0,4	12,0	3,0	1,5																																																						
0,6	13,0	3,0	2,0																																																						
$\geq 0,8$	13,0	3,0	2,5																																																						
$h$ m	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_4$																																																					
$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5																																																					
0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5																																																					
0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0																																																					
0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0																																																					
1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3																																																					
$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5																																																					

### ZADÁNÍ GEOMETRIE:

šířka průřezu:  $B_{pr} := 1.0\text{m}$

výška průřezu:  $H_{pr} := 0.27\text{m}$

tloušťka mostního svršku:  $H_{sv} := 0.61\text{m}$

### STANOVENÍ PRŮŘEZOVÝCH CHARAKTERISTIK:

Průřezová plocha:  $A_{pr} := B_{pr} \cdot H_{pr} = 0.27\text{m}^2$

Poloha těžiště od dolních vláken:  $e_{pr} := 0.5 \cdot H_{pr} = 0.135\text{m}$

Moment setrvačnosti průřezu:  $I_{y,pr} := \frac{B_{pr} \cdot H_{pr}^3}{12} = 1.64 \times 10^{-3}\text{m}^4$

Poloha neutrálné osy od spodních vláken:  $N_O := e_{pr} = 0.135\text{m}$

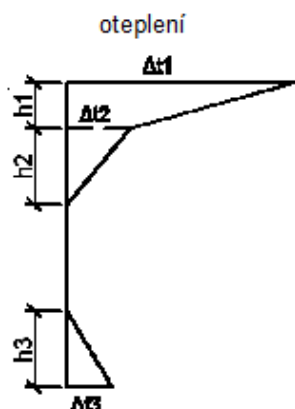
### CHARAKTERISTIKA BETONU:

modul pružnosti v čase 28 dní:  $E_{cmT} := 33000\text{MPa}$

pevnost betonu v čase 28 dní:  $f_{ckT} := 30\text{MPa}$

### ZATÍŽENÍ ROZDÍLOVOU SLOŽKOU TEPLOTY:

součinitel teplotní roztažnosti:  $\alpha_t := 0.00001\text{K}^{-1}$

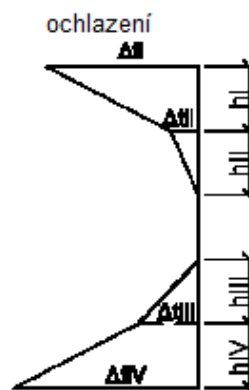


$$\begin{aligned} h_1 &= 0.081\text{m} \\ h_2 &= 0.1\text{m} \\ h_3 &= 0.081\text{m} \end{aligned}$$

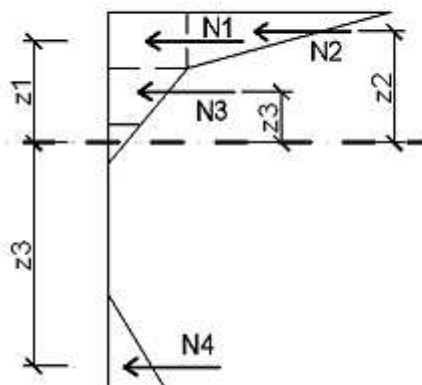
$$\begin{aligned} \Delta t_1 &:= 13.0\text{K} \\ \Delta t_2 &:= 3.0\text{K} \\ \Delta t_3 &:= 2.5\text{K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_I &= 0.054\text{m} \\ h_{II} &= 0.068\text{m} \\ h_{III} &= 0.068\text{m} \\ h_{IV} &= 0.054\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta t_I &:= 7.6\text{K} \\ \Delta t_{II} &:= 1.7\text{K} \\ \Delta t_{III} &:= 1.5\text{K} \\ \Delta t_{IV} &:= 6.0\text{K} \end{aligned}$$



**Momentový účinek od oteplení:**

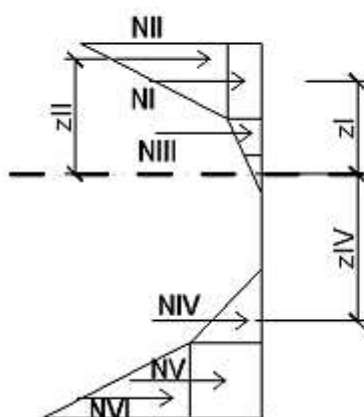


$N_1 = 0.08 \cdot \text{MN}$	$z_1 = 0.095 \text{ m}$	$M_1 = -7.578 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_2 = 0.134 \cdot \text{MN}$	$z_2 = 0.108 \text{ m}$	$M_2 = -14.434 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_3 = 0.05 \cdot \text{MN}$	$z_3 = 0.021 \text{ m}$	$M_3 = -1.023 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_4 = 33.413 \cdot \text{kN}$	$z_4 = 0.108 \text{ m}$	$M_4 = 3.609 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$N_{\text{ot}} = 296.753 \cdot \text{kN}$

$M_{\text{ot}} = -19.427 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

**Momentový účinek od ochlazení:**



$N_I = 0.03 \cdot \text{MN}$	$z_I = 0.108 \text{ m}$	$M_I = 3.272 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_{II} = 0.053 \cdot \text{MN}$	$z_{II} = 0.117 \text{ m}$	$M_{II} = 6.151 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_{III} = 18.934 \cdot \text{kN}$	$z_{III} = 0.059 \text{ m}$	$M_{III} = 1.108 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_{IV} = 16.706 \cdot \text{kN}$	$z_{IV} = 0.059 \text{ m}$	$M_{IV} = -0.977 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_V = 26.73 \cdot \text{kN}$	$z_V = 0.108 \text{ m}$	$M_V = -2.887 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_{VI} = 40.095 \cdot \text{kN}$	$z_{VI} = 0.117 \text{ m}$	$M_{VI} = -4.691 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$N_{\text{och}} = 185.328 \cdot \text{kN}$

$M_{\text{och}} = 1.975 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

**ODPOVÍDAJÍCÍ PŘETVOŘENÍ OD OTEPLENÍ PRŮŘEZU:**

$\varepsilon_{\text{OT}} = \frac{N_{\text{ot}}}{E_{\text{cmT}} \cdot A_{\text{pr}}} = 3.331 \times 10^{-5}$

$\psi_{\text{ot}} = \frac{M_{\text{ot}}}{E_{\text{cmT}} \cdot I_{y\text{pr}}} = -3.589 \times 10^{-4} \frac{1}{\text{m}}$

**ODPOVÍDAJÍCÍ PŘETVOŘENÍ OD OCHLAZENÍ PRŮŘEZU:**

$\varepsilon_{\text{och}} = \frac{N_{\text{och}}}{E_{\text{cmT}} \cdot A_{\text{pr}}} = 2.08 \times 10^{-5}$

$\psi_{\text{och}} = \frac{M_{\text{och}}}{E_{\text{cmT}} \cdot I_{y\text{pr}}} = 3.648 \times 10^{-5} \frac{1}{\text{m}}$

### Zatížení větrem

Zatížení větrem je definováno dle ČSN EN 1991-1-4. Působení větru bude uvažováno pouze na vlakovou soupravu, která bude přitěžovat nosnou konstrukci. Působení větru přímo na nosnou konstrukci bude zanedbáno.

Rychlost větru je určena podle mapy větrných oblastí ČR, území je III. kategorie. Vítr působí na vlakovou soupravu výšky 4,85 m. Výslednice tedy působí ve výšce 2,425 m nad temenem kolejnice.

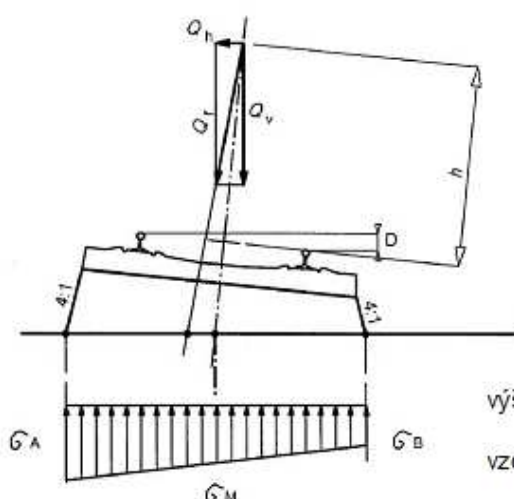
$$F_{wn} = 1/2 \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C_e \cdot A_{ref} = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 27,5^2 \cdot 1,69 \cdot 4,85 = 3,87 \text{ kN/m}$$

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

výchozí základní rychlost větru:  $V_b = 27,5 \text{ m/s}$

Součinitel expozice:  $C_e = 1,69$

### **Roznos příčného zatížení větrem pražci a ložem**



rozchod kolejnic .....	$L_{kol} := 1.5\text{m}$
převýšení koleje.....	$D_{kol} := 0\text{mm}$
délka pražce.....	$L_{pr} := 2.6\text{m}$
šířka pražce.....	$S_{pr} := 0.27\text{m}$
tloušťka štěrku lože..	$T_{loze} := 0.45\text{m}$
výslednice větru.....	$Q_{vitr} := 3.87\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$
výška pražce s kolejnicí...	$H_{kol} := 0.333\text{m}$
vzd. výslednice od TK...	$H_{vitr} := 2.425\text{m}$

Stanovení šířky a délky nosné konstrukce, na kterou se roznese zatížení:

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[ \left( \frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.825 \text{ m}$$

Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

$$\sigma_A := \left[ \frac{Q_{vitr} \cdot (H_{kol} + H_{vitr})}{0.166666 \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_A = 8.025 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left[ \frac{-Q_{vitr} \cdot (H_{kol} + H_{vitr})}{(0.166666) \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_B = -8.025 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

### 2.2.3 Sestavy zatížení železniční dopravou

Sestavy zatížení jsou zvoleny dle EN 1991-2. Vzhledem k tomu že na konstrukci se nachází pouze jedna kolej, je uvažována pouze sestava gr 12.

### 2.2.4 Kombinace zatížení

#### Mezní stavy únosnosti

Dle EN 1990 se pro mezní stavy STR (vnitřní porucha nebo nadměrná deformace) a GEO (porucha nebo nadměrná deformace základové půdy) použije následující kombinace zatížení.

- a) Kombinace pro trvalé a dočasné návrhové situace

$$6.10 \quad \sum \gamma_G G + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

#### Mezní stavy použitelnosti

Dle ČSN EN 1990 a ČSN EN 1992 se pro mezní stavy použitelnosti použijí následující kombinace zatížení.

- b) Charakteristická kombinace

$$6.14b \quad \sum G + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- c) Častá kombinace

$$6.15b \quad \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Hodnoty součinitelů zatížení a kombinace:

$\gamma_G = 1,35$  ...součinitel stálého zatížení

$\gamma_Q = 1,45$  ...součinitel zatížení pro železniční dopravu

$\gamma_Q = 1,50$  ...součinitel zatížení pro účinky teploty a větru

$\psi_0 = 0,60$  ... součinitel kombinace pro zatížení teplotou

$\psi_0 = 0,75$  ... součinitel kombinace pro zatížení větrem

$\psi_1 = 1,00$  ...součinitel kombinace pro zatížení skutečnými vlaky (únavové zatížení)

## 2.3 Nosná konstrukce

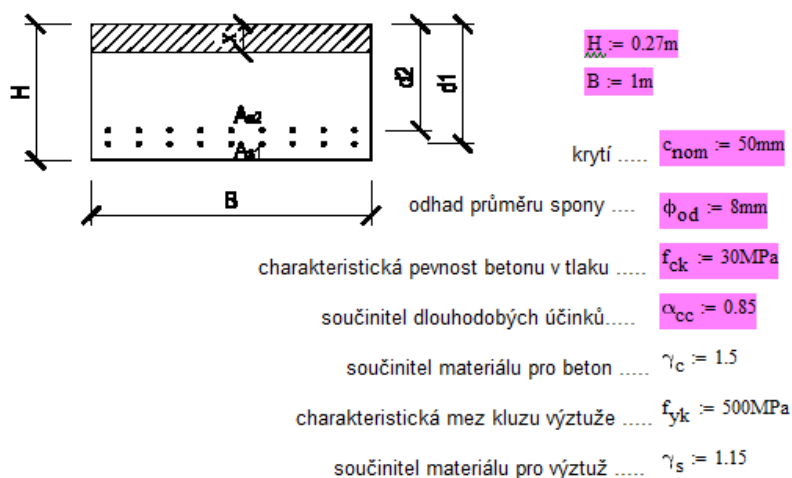
### 2.3.1 Kombinace vnitřních sil – MSÚ trvalé a dočasné návrhové situace

Kombinace 6.10		střed rozpětí [kNm/m] [kN/m]	rámový roh [kNm/m] [kN/m]
vlastní tíha	$M_y$	1,81	-0,89
	$Q_z$	6,51	6,51
	součinitel zatížení	1,35	1,35
	součinitel v kombinaci	-	-
ostatní stálé	$M_y$	5,27	-3,92
	$Q_z$	21,55	21,55
	součinitel zatížení	1,35	1,35
	součinitel v kombinaci	-	-
zatížení zásypem	$M_y$	0,00	-2,73
	$Q_z$	0,00	0,00
	součinitel zatížení	1,35	1,35
	součinitel v kombinaci	-	-
gr 12	$M_y$ vč. $\delta$ a $\alpha$	27,02	-31,85
	$Q_z$ vč. $\delta$ a $\alpha$	164,34	164,34
	součinitel zatížení	1,45	1,45
	součinitel v kombinaci	-	-
zatížení větre	$M_y$	0,52	-0,21
	$Q_z$	3,18	3,18
	součinitel zatížení	1,50	1,5
	součinitel v kombinaci	0,75	0,75
zatížení teplotou	$M_y$	13,80	-14,45
	$Q_z$	7,93	7,93
	součinitel zatížení	1,50	1,5
	součinitel v kombinaci	0,60	0,6
<b>KOMB. 6.10</b>	$M_y$	<b>61,74</b>	<b>-69,60</b>
	$Q_z$	<b>286,89</b>	<b>286,89</b>

### 2.3.2 Kombinace vnitřních sil – MSP charakteristická kombinace

Charakteristická komb.		střed rozpětí [kNm/m] [kN/m]	rámový roh [kNm/m] [kN/m]
vlastní tíha	$M_y$	1,81	-0,89
	$Q_z$	6,51	6,51
	součinitel zatížení	-	-
	součinitel v kombinaci	-	-
ostatní stálé	$M_y$	5,27	-3,92
	$Q_z$	21,55	21,55
	součinitel zatížení	-	-
	součinitel v kombinaci	-	-
zatížení zásypem	$M_y$	0,00	-2,73
	$Q_z$	0,00	0,00
	součinitel zatížení	-	-
	součinitel v kombinaci	-	-
gr 12	$M_y$ vč. $\delta$ a $\alpha$	27,02	-31,85
	$Q_z$ vč. $\delta$ a $\alpha$	164,34	164,34
	součinitel zatížení	-	-
	součinitel v kombinaci	-	-
zatížení větre	$M_y$	0,52	-0,21
	$Q_z$	3,18	3,18
	součinitel zatížení	-	-
	součinitel v kombinaci	0,75	0,75
zatížení teplotou	$M_y$	13,80	-14,45
	$Q_z$	7,93	7,93
	součinitel zatížení	-	-
	součinitel v kombinaci	0,60	0,60
<b>KOMB. Char.</b>	$M_y$	<b>47,07</b>	<b>-48,22</b>
	$Q_z$	<b>199,54</b>	<b>199,54</b>

### 2.3.3 Návrh a posouzení průřezu pro MSÚ – střed rozpětí



#### Zatížení:

ohybový moment .....  $M_{\text{sd}} := 61.74\text{kN}\cdot\text{m}$   
 posouvající síla .....  $V_{\text{sd}} := 286.89\text{kN}$

#### 1. řada betonářské výztuže:

počet prutů .....  $n_1 := 8$   
 průměr prutů .....  $\phi_1 := 16\text{mm}$  plocha výztuže 1. řady .....  $A_{s1} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_1^2}{4}\right) \cdot n_1 = 1.608 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$   
 účinná výška 1. řady prutů .....  $d_1 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_1}{2}\right) = 0.204\text{m}$

#### 2. řada betonářské výztuže:

počet prutů .....  $n_2 := 0$   
 průměr prutů .....  $\phi_2 := 16\text{mm}$  plocha výztuže 2. řady .....  $A_{s2} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_2^2}{4}\right) \cdot n_2 = 0 \cdot \text{mm}^2$   
 účinná výška 2. řady prutů .....  $d_2 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \phi_1 + 35\text{mm} + \frac{\phi_2}{2}\right) = 0.153\text{m}$

#### Průměrné hodnoty betonářské výztuže:

plocha výztuže .....  $A_s := A_{s1} + A_{s2} = 1.608 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$   
 účinná výška výztuže .....  $d := \frac{d_1 \cdot A_{s1} + d_2 \cdot A_{s2}}{A_s} = 0.204\text{m}$   
 výška tlačené oblasti .....  $x := \frac{A_s \cdot f_{\text{yd}}}{0.8 \cdot B \cdot f_{\text{cd}}} = 0.051\text{m}$   
 $\frac{x}{d} = 0.252$

posudek<sub>x</sub> = "VYHOVUJE"

rameno vnitřních sil průřezu .....  $z := d - 0.4 \cdot x = 0.183\text{m}$

Moment únosnosti průřezu .....  $M_{\text{Rd}} := A_s \cdot f_{\text{yd}} \cdot z$   $M_{\text{Rd}} = 128.282 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$

posudek<sub>unosnost</sub> = "VYHOVUJE"

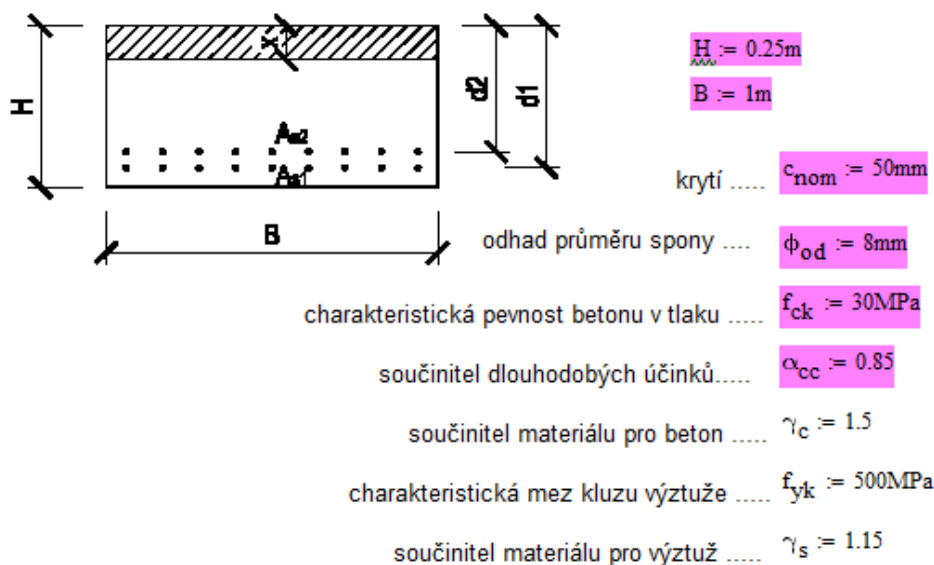
#### Procento vyztužení:

$P_{\text{vyz}} := \frac{A_s}{B \cdot d}$   $P_{\text{vyz}} = 0.788 \cdot \%$

posudek<sub>vyz</sub> = "VYHOVUJE"



### 2.3.4 Návrh a posouzení průřezu pro MSÚ – rámový roh



#### Zatížení:

ohybový moment .....  $M_{\text{sd}} := 61.74\text{kN}\cdot\text{m}$

posouvající síla .....  $V_{\text{sd}} := 286.89\text{kN}$

#### 1. řada betonářské výztuže:

počet prutů .....  $n_1 := 8$

průměr prutů .....  $\phi_1 := 16\text{mm}$  plocha výztuže 1. řady .....  $A_{s1} := \pi \cdot \left( \frac{\phi_1^2}{4} \right) \cdot n_1 = 1.608 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

účinná výška 1. řady prutů .....  $d_1 := H - \left( c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_1}{2} \right) = 0.184\text{m}$

#### 2. řada betonářské výztuže:

počet prutů .....  $n_2 := 0$

průměr prutů .....  $\phi_2 := 16\text{mm}$  plocha výztuže 2. řady .....  $A_{s2} := \pi \cdot \left( \frac{\phi_2^2}{4} \right) \cdot n_2 = 0 \cdot \text{mm}^2$

účinná výška 2. řady prutů .....  $d_2 := H - \left( c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \phi_1 + 35\text{mm} + \frac{\phi_2}{2} \right) = 0.133\text{m}$

#### Průměrné hodnoty betonářské výztuže:

plocha výztuže .....  $A_s := A_{s1} + A_{s2} = 1.608 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

účinná výška výztuže .....  $d := \frac{d_1 \cdot A_{s1} + d_2 \cdot A_{s2}}{A_s} = 0.184\text{m}$

výška tlačené oblasti .....  $x := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{0.8 \cdot B \cdot f_{cd}} = 0.051\text{m}$



$$\frac{x}{d} = 0.279$$

posudek<sub>x</sub> = "VYHOVUJE"

rameno vnitřních sil průřezu .....  $z := d - 0.4 \cdot x = 0.163 \text{ m}$

Moment únosnosti průřezu .....  $M_{Rd} := A_s \cdot f_{yd} \cdot z \quad M_{Rd} = 114.295 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

posudek<sub>unosnost</sub> = "VYHOVUJE"

Procento vyztužení:

$$P_{vyz} := \frac{A_s}{B \cdot d} \quad P_{vyz} = 0.874 \cdot \%$$

posudek<sub>vyz</sub> = "VYHOVUJE"

**Návrh a posouzení smykové výztuže**

tloušťka průřezu .....  $B = 1 \text{ m}$

rameno vnitřních sil .....  $z = 0.163 \text{ m}$

sklon tlakových diagonál .....  $\phi := 21.8 \text{ deg} \quad \cotg \phi := 2.5$

plocha průřezu .....  $A_{pr} := B \cdot H = 0.25 \text{ m}^2$

napětí v tlakové diagonále:  $\nu_1 := 0.6$

$$\sigma_{c.1} := \frac{V_{sd}}{z \cdot \sin(\phi) \cdot B \cdot \cos(\phi)}$$

$$f_{cd} \cdot \nu_1 = 10.2 \cdot \text{MPa} > \sigma_{c.1} = 5.091 \cdot \text{MPa}$$

Návrh spon:

osová vzdálenost .....  $s_1 := 0.2 \text{ m}$

profil spony .....  $\Phi_1 := 8 \text{ mm}$

střížnost třmínku .....  $n_{str} := 4$

$$V_{Rd.1.1} := \frac{B \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\cotg \phi + \tan(\phi)} \quad V_{Rd.1.1} = 574.832 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd.s} := \left( \frac{A_{sw.1}}{s_1} \right) \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cotg \phi \quad V_{Rd.s} = 178.586 \cdot \text{kN}$$

Návrh ohybů:

počet ohybů .....  $n_o := 4$

profil ohybu .....  $\Phi_o := 16 \text{ mm}$

úhel od vodorovné .....  $\alpha_o := 30^\circ$

$$V_{Rd.b} := n_o \cdot A_{s.o1} \cdot \frac{z}{1m} \cdot f_{yd} \cdot \left( \cotg \phi + \frac{1}{\tan(\alpha_o)} \right) \cdot \sin(\alpha_o) = 120.864 \cdot \text{kN}$$

Celková únosnost

smykové výztuže:

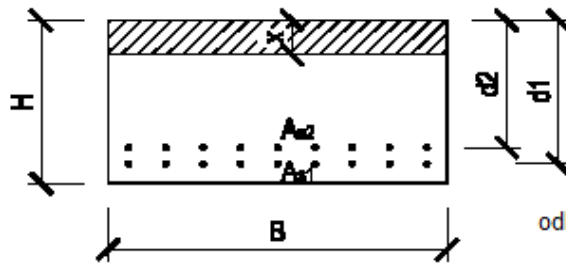
$$V_{Rd.s.celk} := V_{Rd.s} + V_{Rd.b}$$

$$V_{Rd.s.celk} = 299.45 \cdot \text{kN}$$

posudek<sub>smyk</sub> = "VYHOVUJE"

2.3.5 Posouzení průřezu na únavu

**Posouzení železobetonového průřezu na únavu**



$H := 0.25\text{m}$   
 $B := 1\text{m}$   
 krytí .....  $c_{\text{nom}} := 50\text{mm}$   
 odhad průměru spony ....  $\phi_{\text{od}} := 8\text{mm}$   
 charakteristická pevnost betonu v tlaku .....  $f_{\text{ck}} := 30\text{MPa}$   
 součinitel dlouhodobých účinků .....  $\alpha_{\text{cc}} := 1.0$   
 součinitel materiálu pro beton .....  $\gamma_c := 1.5$   
 charakteristická mez kluzu výztuže .....  $f_{\text{yk}} := 500\text{MPa}$   
 součinitel materiálu pro výztuž .....  $\gamma_s := 1.15$   
 pracovní součinitel výztuže .....  $n := 15$

**Zatížení:**

charakteristická kombinace bez modelu 71 .....	$M_{\text{perm}} := 7.54\text{kN}\cdot\text{m}$
max. charakter. kombinace s modelem 71 a dyn. souč. ....	$M_{\text{max}} := 48.22\text{kN}\cdot\text{m}$
min. charakter. kombinace s modelem 71 a dyn. souč. ....	$M_{\text{min}} := 30.72\text{kN}\cdot\text{m}$

**1. řada betonářské výztuže:**

počet prutů ....	$n_1 := 8$
průměr prutů ....	$\phi_1 := 16\text{mm}$
plocha výztuže 1. řady ....	$A_{s1} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_1^2}{4}\right) \cdot n_1 = 1.608 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$
účinná výška 1. řady prutů ....	$d_1 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_1}{2}\right) = 0.184\text{m}$

**2. řada betonářské výztuže:**

počet prutů ....	$n_2 := 0$
průměr prutů ....	$\phi_2 := 16\text{mm}$
plocha výztuže 2. řady ....	$A_{s2} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_2^2}{4}\right) \cdot n_2 = 0 \cdot \text{mm}^2$
účinná výška 1. řady prutů ....	$d_2 := H - \left(c_{\text{nom}} + \phi_1 + 35\text{mm} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_2}{2}\right) = 0.133\text{m}$

**Průměrné hodnoty betonářské výztuže:**

plocha výztuže ....	$A_s := A_{s1} + A_{s2} = 1.608 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$
účinná výška výztuže ....	$d := \frac{d_1 \cdot A_{s1} + d_2 \cdot A_{s2}}{A_s} = 0.184\text{m}$

**Procento vyztužení:**  $P_{vyz} := \frac{A_s}{B \cdot d}$   $P_{vyz} = 0.874\%$

poloha neutrálné osy .....  $NO := \left( \frac{n \cdot A_s}{B} \right) \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot B \cdot d}{n \cdot A_s}} \right) = 0.073 \text{ m}$

$$r := d - \frac{NO}{3} = 0.16 \text{ m}$$

**Výsledná napětí:**

v oceli:  $\sigma_{s,max} := \frac{M_{max}}{A_s \cdot r} = 187.811 \cdot \text{MPa}$   $\sigma_{s,min} := \frac{M_{min}}{A_s \cdot r}$   $\sigma_{s,perm} := \frac{M_{perm}}{A_s \cdot r}$

v betonu:  $\sigma_{c,max} := \frac{-2 \cdot M_{max}}{B \cdot NO \cdot r} = -8.261 \cdot \text{MPa}$   $\sigma_{c,min} := \frac{-2 \cdot M_{min}}{B \cdot NO \cdot r}$   $\sigma_{c,perm} := \frac{-2 \cdot M_{perm}}{B \cdot NO \cdot r}$

#### Ověření tlačeného betonu:

Nejprve je nutné stanovit návrhovou hodnotu únavové pevnosti betonu v tlaku. Ve výpočtu je zohledněno stáří betonu při prvním působení cyklického zatížení.

stáří betonu ve dnech, kdy je aplikováno cyklické zatížení:  $t_{zat} := 14$

koeficient druhu cementu:  $s_{cem} := 0.2$

součinitel závisící na stáří betonu:  $\beta_{cc} := e^{\left[ s_{cem} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{28}{t_{zat}} \right)^{0.5} \right] \right]}$

$$\beta_{cc} = 0.92$$

redukční součinitel dle ČSN EN 1992-2:  $k_1 := 0.85$

**Únavová pevnost betonu v tlaku:**

$$f_{cd,fat} := k_1 \cdot \beta_{cc} \cdot f_{cd} \cdot \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) = 13.771 \cdot \text{MPa}$$

**Posouzení betonu na únavu:**

součinitel zohledňující vliv trvale působícího napětí:

$$\lambda_{c,0} := \begin{cases} \left( \frac{0.94 + 0.2 \cdot \frac{|\sigma_{c,perm}|}{f_{cd,fat}}}{f_{cd,fat}} \right) & \text{if } \left( 0.94 + 0.2 \cdot \frac{|\sigma_{c,perm}|}{f_{cd,fat}} \right) \geq 1.0 \\ 1.0 & \text{if } \left( 0.94 + 0.2 \cdot \frac{|\sigma_{c,perm}|}{f_{cd,fat}} \right) < 1.0 \end{cases} = 1$$

součinitel zohledňující poškozuující účinek v závislosti na rozhodující délce příčinkové čáry:

pro těžkou smíšenou dopravu:  $\lambda_{c,1} := 0.70$

součinitel zohledňující roční objem dopravy a návrhové životnosti mostu:

objem dopravy (tuny/rok/kolej):  $Vol := 11.2 \cdot 10^6$

návrhová životnost mostu:  $N_{Years} := 100$

$$\lambda_{c.2.3} := 1 + \left(\frac{1}{8}\right) \cdot \log\left(\frac{Vol}{25 \cdot 10^6}\right) + \left(\frac{1}{8}\right) \cdot \log\left(\frac{N_{Years}}{100}\right) = 0.956$$

Výsledný opravný součinitel:  $\lambda_c := \lambda_{c.0} \cdot \lambda_{c.1} \cdot \lambda_{c.2.3} = 0.669$

Horní a dolní napětí poškozujícího ekvivalentního napětového spektra:

$$\sigma_{cd,max,eq} := |\sigma_{c,perm}| + \lambda_c \cdot (|\sigma_{c,max}| - |\sigma_{c,perm}|) = 5.957 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{cd,min,eq} := |\sigma_{c,perm}| - \lambda_c \cdot (|\sigma_{c,perm}| - |\sigma_{c,min}|) = 3.95 \cdot \text{MPa}$$

dílčí součinitel modelové nejistoty:  $\gamma_{Sd} := 1.15$

$$E_{cd,min,eq} := \gamma_{Sd} \cdot \frac{\sigma_{cd,min,eq}}{f_{cd,fat}} = 0.33 \quad E_{cd,max,eq} := \gamma_{Sd} \cdot \frac{\sigma_{cd,max,eq}}{f_{cd,fat}} = 0.498$$

$$E_{equ} := \frac{E_{cd,min,eq}}{E_{cd,max,eq}} = 0.663$$

$$\left(14 \cdot \frac{1 - E_{cd,max,eq}}{\sqrt{1 - E_{equ}}}\right) = 12.12$$

$$POSUDEK_{unava.betonu} := \begin{cases} \text{"VYHOVUJE"} & \text{if } \left(14 \cdot \frac{1 - E_{cd,max,eq}}{\sqrt{1 - E_{equ}}}\right) \geq 6.0 \\ \text{"NEVYHOVUJE"} & \text{if } \left(14 \cdot \frac{1 - E_{cd,max,eq}}{\sqrt{1 - E_{equ}}}\right) < 6.0 \end{cases}$$

$$POSUDEK_{unava.betonu} = \text{"VYHOVUJE"}$$

**Ověření tažené výztuže:**

Ověření je provedeno pomocí poškozeního ekvivalentního rozkmitu napětí dle ČSN EN 1991-1-1.

součinitel zohledňující druh konstrukčního prvku a poškození účinek dopravy, závislý na rozhodující délce příčinkové čáry:

$$\begin{aligned} \text{rozhodující délka příčinkové čáry} & \dots\dots\dots L_{roz} := 2.35 \\ \lambda_{s.1.2} & := 0.95 \\ \lambda_{s.1.20} & := 0.70 \\ \lambda_{s.1} & := \lambda_{s.1.2} + (\lambda_{s.1.20} - \lambda_{s.1.2}) \cdot (\log(L_{roz}) - 0.3) = 0.932 \end{aligned}$$

součinitel zohledňující vliv ročního objemu dopravy:

$$\text{součinitel dle tab. 6.3 ČSN EN 1992-1-1} \dots\dots\dots k_2 := 9$$

$$\lambda_{s.2} := \sqrt[k_2]{\frac{Vol}{25 \cdot 10^6}} = 0.915$$

součinitel zohledňující životnost mostu:

$$\lambda_{s.3} := \sqrt[k_2]{\frac{N_{Years}}{100}} = 1$$

$$\text{Výsledný opravný součinitel: } \lambda_s := \lambda_{s.1} \cdot \lambda_{s.2} \cdot \lambda_{s.3} = 0.853$$

$$\text{Rozkmit napětí od modelu zatížení 71: } \Delta\sigma_{s.71} := \sigma_{s.max} - \sigma_{s.perm} = 158.443 \cdot \text{MPa}$$

$$\Delta\sigma_{s.equ} := \lambda_s \cdot \Delta\sigma_{s.71} = 135.099 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{součinitel únavového zatížení} \dots\dots\dots \gamma_{F.fat} := 1.0$$

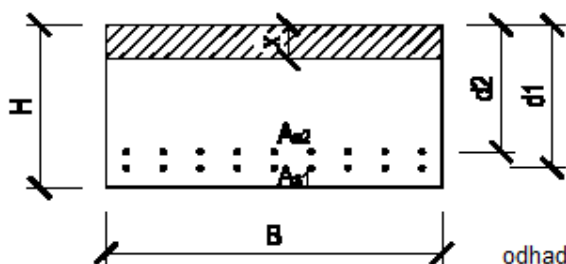
$$\text{součinitel materiálu pro únavu} \dots\dots\dots \gamma_{s.fat} := 1.15$$

$$\text{rozkmit napětí při } N^* \text{ cyklech} \dots\dots\dots \Delta\sigma_{R.sk} := 162.5 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{POSUDEK}_{unava.vyztuze} := \begin{cases} \text{"VYHOVUJE"} & \text{if } \gamma_{F.fat} \cdot \Delta\sigma_{s.equ} \leq \frac{\Delta\sigma_{R.sk}}{\gamma_{s.fat}} \\ \text{"NEVYHOVUJE"} & \text{if } \gamma_{F.fat} \cdot \Delta\sigma_{s.equ} > \frac{\Delta\sigma_{R.sk}}{\gamma_{s.fat}} \end{cases}$$

$$\text{POSUDEK}_{unava.vyztuze} = \text{"VYHOVUJE"}$$

### 2.3.6 Posouzení průřezu na omezení napětí



$$H := 0.25 \text{ m}$$

$$B := 1 \text{ m}$$

$$\text{krytí} \dots c_{\text{nom}} := 50 \text{ mm}$$

$$\text{odhad průměru spony} \dots \phi_{\text{od}} := 8 \text{ mm}$$

$$\text{charakteristická pevnost betonu v tlaku} \dots f_{\text{ck}} := 30 \text{ MPa}$$

$$\text{součinitel dlouhodobých účinků} \dots \alpha_{\text{cc}} := 0.85$$

$$\text{součinitel materiálu pro beton} \dots \gamma_c := 1.5$$

$$\text{charakteristická mez kluzu výztuže} \dots f_{\text{yk}} := 500 \text{ MPa}$$

$$\text{součinitel materiálu pro výztuž} \dots \gamma_s := 1.15$$

$$\text{pracovní součinitel výztuže} \dots n := 15$$

#### Zatížení:

$$\text{ohybový moment} \dots M_{\text{sk}} := 48.22 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

#### 1. řada betonářské výztuže:

$$\text{počet prutů} \dots n_1 := 8$$

$$\text{průměr prutů} \dots \phi_1 := 16 \text{ mm} \quad \text{plocha výztuže 1. řady} \dots A_{s1} := \pi \cdot \left( \frac{\phi_1^2}{4} \right) \cdot n_1 = 1.608 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška 1. řady prutů} \dots d_1 := H - \left( c_{\text{nom}} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_1}{2} \right) = 0.184 \text{ m}$$

#### 2. řada betonářské výztuže:

$$\text{počet prutů} \dots n_2 := 0$$

$$\text{průměr prutů} \dots \phi_2 := 16 \text{ mm} \quad \text{plocha výztuže 2. řady} \dots A_{s2} := \pi \cdot \left( \frac{\phi_2^2}{4} \right) \cdot n_2 = 0 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška 1. řady prutů} \dots d_2 := H - \left( c_{\text{nom}} + \phi_1 + 35 \text{ mm} + \phi_{\text{od}} + \frac{\phi_2}{2} \right) = 0.133 \text{ m}$$

#### Průměrné hodnoty betonářské výztuže:

$$\text{plocha výztuže} \dots A_s := A_{s1} + A_{s2} = 1.608 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška výztuže} \dots d := \frac{d_1 \cdot A_{s1} + d_2 \cdot A_{s2}}{A_s} = 0.184 \text{ m}$$

$$\text{Procento vyztužení:} \quad P_{\text{vyz}} := \frac{A_s}{B \cdot d} \quad P_{\text{vyz}} = 0.874 \cdot \%$$

$$\text{poloha neutrálné osy} \dots \text{NO} := \left( \frac{n \cdot A_s}{B} \right) \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot B \cdot d}{n \cdot A_s}} \right) = 0.073 \text{ m}$$

$$r := d - \frac{\text{NO}}{3} = 0.16 \text{ m}$$

**Výsledná napětí:**

$$\text{v oceli: } \sigma_a := \frac{M_{sk}}{A_s \cdot r} = 187.811 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{v betonu: } \sigma_b := \frac{-2 \cdot M_{sk}}{B \cdot \text{NO} \cdot r} = -8.261 \cdot \text{MPa}$$

**Dovolená napětí:**

$$\text{v oceli: } \sigma_{a,dov} := 0.8 \cdot f_{yk} = 400 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{v betonu: } \sigma_{b,dov} := -0.6 \cdot f_{ck} = -18 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{posudek}_{\text{omezení\_napeti}} = \text{"VYHOVUJE"}$$

**Maximální vzdálenost trhlin:**

$$k_1 := 0.8 \dots \text{pro pruty s velkou soudržností}$$

$$k_2 := 0.5 \dots \text{hodnota součinitele pro ohyb}$$

$$k_3 := 3.4 \dots \text{doporučená hodnota součinitele}$$

$$k_4 := 0.425 \dots \text{doporučená hodnota součinitele}$$

$$s_{r,max} := k_3 \cdot (c_{nom} + \phi_{od}) + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{(\phi_1 \cdot A_{s1} + \phi_2 \cdot A_{s2})}{A_s \cdot P_{vyz}} = 508.348 \cdot \text{mm}$$

**Výpočet šířky trhliny:**

$$k_t := 0.4 \dots \text{pro dlouhodobé zatížení}$$

$$\text{průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku ve stáří 28 dní: } f_{cm} := f_{ck} + 8 \text{ MPa} = 38 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{pevnost betonu v tahu ve stáří 28 dní: } f_{ctm} := 0.3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} \cdot 1 \text{ MPa}^{\frac{1}{3}} = 2.896 \cdot \text{MPa}$$

$$\alpha_e := \frac{210000}{34000} = 6.176$$

$$\varepsilon_{sm} := \frac{\sigma_a - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{P_{vyz}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot P_{vyz})}{210000 \text{ MPa}} = 2.291 \times 10^{-4}$$

$$w_k := s_{r,max} \cdot \max \left( \varepsilon_{sm} \cdot 0.6 \cdot \frac{\sigma_a}{210000 \text{ MPa}} \right) = 0.273 \cdot \text{mm}$$

Posouzení šířky trhliny v charakteristické kombinaci má pouze informativní charakter. Pro kvazistálou kombinaci má železniční doprava součinitel kombinace roven nule a posouzení šířky trhliny zcela jistě není rozhodující.

---

## 2.4 Stanovení zatížitelnosti průřezu

Ohyb:

$$Z_{LM71} = (M_{Rd} - M_{st} - M_{zb}) / M_{nah} = (128,3 - (1,35 \cdot (1,8 + 5,3)) - 1,50 \cdot (0,6 \cdot 13,8 + 0,75 \cdot 0,5)) / 1,45 \cdot 22,4 = 3,26$$

Smyk:

$$Z_{LM71} = (Q_{Rd} - Q_{st} - Q_{zb}) / Q_{nah} = (299,45 - (1,35 \cdot (6,5 + 21,6)) - 1,50 \cdot (0,6 \cdot 7,9 + 0,75 \cdot 3,2)) / 1,45 \cdot 135,8 = 1,27$$



### 3 SESTAVENÍ PŘEHLEDNÝCH VÝSLEDKŮ ZATÍŽITELNOSTI

podle Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů  
(novelizovaného předpisu SŽDC SR 5 (S))

#### Přehled zatížitelnosti

##### A. Identifikace mostního objektu (propustku)

TÚ (číslo, název): **TÚ č. 0801 Praha Masarykovo nádraží – Děčín hl. n.**  
DÚ: **QA**

km:

##### B. Identifikace části mostního objektu (propustku)

část mostního objektu: **nosná konstrukce**

pod kolejí č.

##### C. Doplňující data pro část mostního objektu (propustku)

Kategorie zatížitelnosti: **C** Výpočetní model: **deska**

Geometrie koleje, uvažovaná v přepočtu pro část mostního objektu v jejím profilu (ve směru staničení)

	na začátku	uprostřed	na konci
číslo koleje		č.1	
poloměr oblouku	-- [m]	- [m]	-- [m]
převýšení koleje	-- [mm]	- [mm]	-- [mm]
excentricita vůči ose mostního objektu	-- [m]	-- [m]	-- [m]

Popis závad uvažovaných ve výpočtu: Výpočet nezohledňuje žádné závady

Datum zjištění zapracovaného stavu mostu - orgány SŽDC: ...--.../.../... - zpracovatelem přepočtu: ...--.../.../...

Poznámka k části mostní konstrukce:

Poř. č.	Prvek (vč. umístění)	DETAIL	NAMÁHÁNÍ	$k_i$	typ	$L_p$	$\delta$	$L_D$	viz. str.	Poznámky	$Z_{LM71}$
1	2	3	4		6	7	8	9	10	11	12
1	Deska	Střed rozpětí	ohyb	1,0	S	-	2,00	2,70	23		3,26
2	Deska	Rámový roh	smyk	1,0	S	-	2,00	2,70	23		1,27

Dne: 26/05/2020 zatížitelnost určil: Ing. Martin Klomínský Dne: .../.../.... do databáze zadal: ...