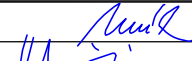


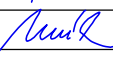


Odpovědný projektant:	Ing. Miroslav Novák		 SPOL. S R. O. ....
Vypracoval:	Ing. Martin Klomínský		
Kontroloval:	Ing. Miroslav Novák		
Objednatel: <b>Správa železniční dopravní cesty, státní organizace</b> OŘ Ústí nad Labem, Železničářská 1386/31, Ústí n/L 400 03			Žukovova 79/60, 400 03 Ústí nad Labem projekce@progi.cz Tel: 411 198 004
Stavba: <b>Příprava a zpracování projektů staveb pro SMT na rok 2019</b> OBJEKT 13 Projekt stavby na opravu mostu v ev. km 5,470 TÚ č. 0661 Ústí n.L. západ - Bílina			Číslo projektu: 37/2018 Datum: 04/2019 Stupeň: P Měřítko:
<b>STATICKÝ VÝPOČET</b>			Část: Číslo výkresu: <b>13</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	Základní údaje .....	2
1.3	Technický popis jednotlivých samostatných konstrukcí .....	2
1.4	Údaje o fyzikálně-mechanických vlastnostech použitých materiálů .....	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 přepoččet .....	4
2.1	Výpočetní model .....	4
2.2	Zatížení .....	4
2.2.1	Zatížení stálé .....	5
2.2.2	Zatížení proměnné .....	5
2.2.3	Sestavy zatížení železniční dopravou .....	13
2.2.4	Kombinace zatížení .....	13
2.3	Stanovení únosnosti průřezu .....	14
2.4	Stanovení zatížitelnosti nezesíleného průřezu .....	16
2.5	Zesílení mostu CFRP lamelami .....	16
2.5.1	KRITÉRIA NÁVRHU A OMEZENÍ .....	16
2.5.2	PŘEDPOKLADY VÝPOČTU .....	16
2.5.3	PEVNOST FRP ZESÍLENÍ .....	17
2.5.4	OČEKÁVANÁ PŘENÁŠENÁ KOMBINACE ZATÍŽENÍ .....	17
2.5.5	VÝSLEDNÁ .....	18
2.6	Stanovení zatížitelnosti zesíleného průřezu CFRP lamelami .....	21
2.7	Rozhodnutí o přechodnosti pro D4/70 .....	22
3	Sestavení přehledných výsledků zatížitelnosti .....	23

## 1.2 Základní údaje

<b>Evidenční km</b>	<b>5,470</b>
<b>Trať</b>	<b>č. 131 Ústí nad Labem - Úpořiny - Bílina</b>
<i>Traťový úsek</i>	TÚ č. 0661 Ústí n. L. západ - Bílina
<i>Definiční úsek</i>	DÚ 02
<i>Počet převáděných kolejí</i>	2
<i>Přemostňovaná překážka</i>	Trvalá vodoteč (Radejčinský potok)
<i>Počet otvorů</i>	1
<i>Prostorová úprava (šikmost)</i>	Šikmost levá - 74°
<i>Členění konstrukcí</i>	Nosnou konstrukci tvoří dvojice železobetonových monolitických desek, které jsou uloženy na spodní stavbu přes vrubové klouby. Spodní stavbu tvoří masivní betonové opěry na plošných základech a šikmá svahová křídla.
<i>Geometrická poloha koleje</i>	Kolej v oblouku $R_1 = 320,0$ m, $R_2 = 313,0$ m
<i>Návrhová traťová rychlost</i>	70 km/hod
<i>Uvažované zatížení</i>	Traťová třída zatížení D4
<i>Prostorové uspořádání</i>	VMP 2,5
<i>Kategorie zatížitelnosti</i>	C

## 1.3 Technický popis jednotlivých samostatných konstrukcí

Nosnou konstrukci tvoří dvojice železobetonových monolitických desek z roku 1966. Desky jsou uloženy na obou koncích přes vrubové klouby. Konstrukce tedy staticky působí jako rozepřená. Dle archivní dokumentace jsou desky zhotoveny z betonu B 250 a pro vyztužení byla použit betonářská výztuž 10 300.

Spodní stavbu tvoří masivní betonové opěry pravděpodobně z prostého betonu B105 ve vrcholu doplněné železobetonovými úložnými prahy z betonu B 250. Plošné základy z betonu B 105 mají šířku 1,98 m a výšku 1,0 m. Betonová šikmá svahová křídla na výtoku jsou od opěr oddělena dilatačními spárami.

### Přehled zjištěných závad a poruch mostního objektu (ke dni 04. 02. 2019):

- Z pohledu pravého dílu NK (pravé desky) patrné odtržení, odfouknutí a odpadání povrchové úpravy a betonu ve větších plochách (téměř 50 % plochy) do hl. 10 – 60 mm, v těchto místech ocelová výztuž obnažená, rezavá a korozně zeslabená o 1 – 3 mm.

- Patrné průsaky z míst uložení NK a protékání vody podélnou dilatační spárou mezi díly NK (deskami) též lokálně vypadaný výplňový materiál zejména nad O 02 – mezera mezi díly až 60 mm
- Dolní hrana pravého dílu na 3 místech odtržená, odlomená, degradovaná do hl. až 100 mm.
- Beton říms je popraskaný a dále degraduje. V podhledu patrná výztuž s nedostatečným krytím – výztuž v narostlé rzi.
- Na opěrách stopy po prosakování a stékání vody zejména mezi díly opěry a z míst uložení NK.
- V dolní části líce dříku opěry nad kamenným obezděním výluhy pojiva z vodorovné trhliny v povrchové úpravě.

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

Následující hodnoty byly odvozeny na základě dostupné archivní dokumentace a doporučení uvedených v Metodickém pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů. Vzhledem k tomu, že byla k dispozici podrobná archivní dokumentace včetně výkresu výztuže a na místě je výztuž značně obnažená, nebyl prováděn doplňující stavebně technický průzkum.

##### Beton

- |   |   |
|---|---|
| • Beton:                                | B 250   |
| • Sečnový modul pružnosti:              | $E_{cm} = 29\,000\text{ MPa}$                   |
| • Charakteristická pevnost v tlaku:     | $f_{ck} = 16,0\text{ MPa}$                      |
| • Dílčí součinitel spolehlivosti (MSÚ): | $\gamma_c = 1,50$ (pevnost neověřena zkouškami) |
| • Návrhová pevnost v tlaku (MSÚ):       | $f_{cd} = 10,67\text{ MPa}$                     |
| • Charakter. pevnost betonu v tahu:     | $f_{ctk0,05} = 1,30\text{ MPa}$                 |

##### Betonářská výztuž

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| • Výztuž:                            | 10 300                                 |
| • Charakteristická mez kluzu:        | $f_{yk} = 300\text{ MPa}$              |
| • Dílčí součinitel spolehlivosti:    | $\gamma_s = 1,10$ (most starší 30 let) |
| • Návrhová hodnota modulu pružnosti: | $E_p = 195\text{ GPa}$                 |

#### 1.5 Podklady pro zpracování statického výpočtu

- Archivní dokumentace – PP Rekonstrukce mostu v km 5,470, 11/1963
- Prohlídka objektu projektantem (04. 02. 2019)
- Protokol o podrobné prohlídce mostního objektu (04/2015)
- Pasport koleje na mostním objektu

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

- Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů
- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

- ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou
- ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla
- ČSN EN 206 Beton: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN EN 15528 Železniční aplikace – Traťové třídy zatížení pro určení vztahu mezi dovoleným zatížením infrastruktury a maximálním zatížením vozidly

### 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.
- GEO 5, © Fine Ltd.
- O SIKA® CARBODUR® VÝPOČETNÍ SOFTWARE

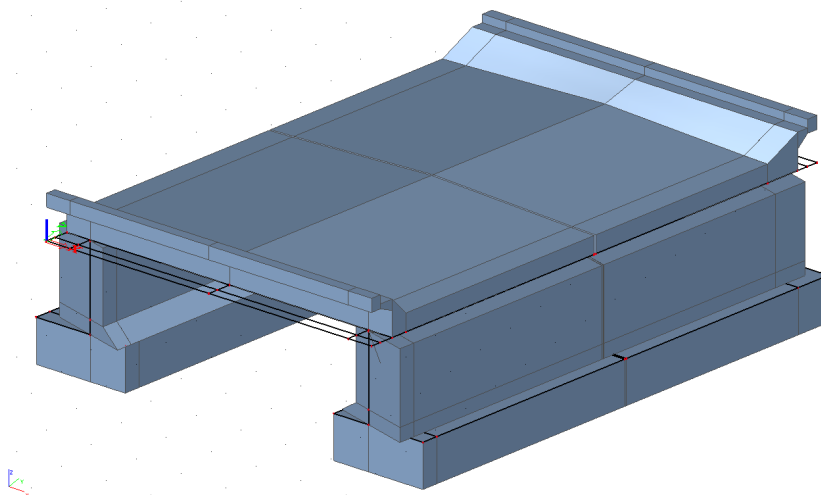
## 2 VLASTNÍ PŘEPOČET

### 2.1 Výpočetní model

V programu SciaEngineer byl vytvořen deskový model, který odpovídá tvaru střednice konstrukce. Jelikož konstrukce působí jako rozepřená, jsou součástí modelu NK také opěry a základy. Uložení NK je modelováno liniovým kloubem umožňujícím pouze pootočení kolem podélné osy. 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 násypem je uvažován ve sklonu 4:1.



### 2.2.1 Zatížení stálé

#### Vlastní tíha nosné konstrukce

Objemová tíha obyčejného betonu se uvažuje hodnotou  $24,0 \text{ kN/m}^3$ . Tato hodnota se zvětší o  $1 \text{ kN/m}^3$  pro běžné procento vyztužení. Tíha desky je proto uvažována hodnotou  $25,0 \text{ kN/m}^3$ .

#### Ostatní stálé zatížení

šterkové lože (žula, rula... $20 \text{ kN/m}^3$ )

charakteristická hodnota zatížení:  $20,0 \text{ kN/m}^3 \times 0,70 \text{ m} = 14,0 \text{ kN/m}^2$

kolej (2 kolejnice S 49, předpjaté betonové pražce)

nominální hodnota zatížení:  $= 6,0 \text{ kN/m}$

hydroizolace + ochrana

char. hodnota zatížení:  $0,06 \text{ m} \times 25,0 \text{ kN/m}^3 = 1,50 \text{ kN/m}^2$

ocelové úhelníkové zábradlí

$= 0,3 \text{ kN/m}$

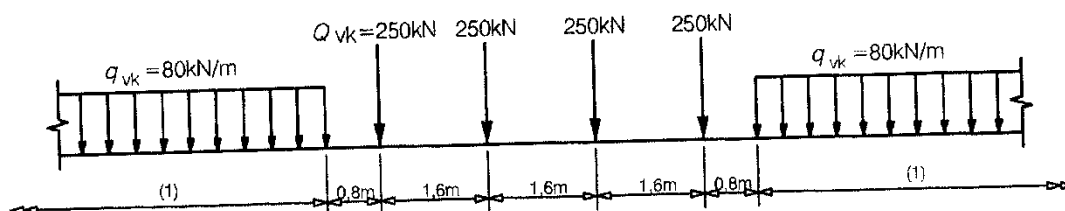
#### Zatížení zeminou

Jako materiál zásypu je uvažován šterk s příměsí jemnozrnné zeminy G3/G-F. Tíha zeminy je zadána  $20 \text{ kN/m}^3$ , úhel vnitřního tření pak  $30^\circ$ .

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.

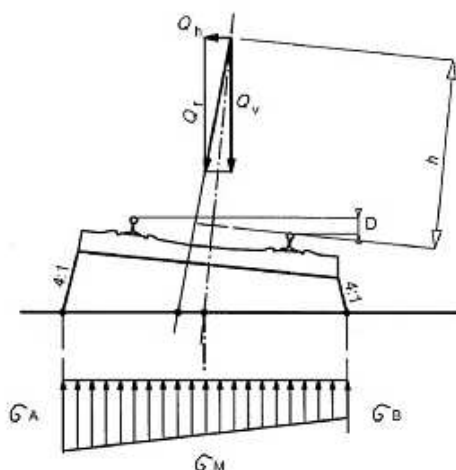
#### Dynamický součinitel

Dynamický součinitel je stanoven pro standardně udržovanou kolej.

$$\Phi = (2,16 / (\sqrt{L_d} - 0,2)) + 0,73 = 1,67$$

Náhradní délka je uvažována hodnotou  $L_d = 6,20 \text{ m}$

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



rozchod kolejnic .....	$L_{kol} := 1.5\text{m}$
převýšení koleje.....	$D_{kol} := 92\text{mm}$
délka pražce.....	$L_{pr} := 2.41\text{m}$
šířka pražce.....	$S_{pr} := 0.27\text{m}$
tloušťka štěrku lože..	$T_{loze} := 0.27\text{m}$
výška pražce s kolejnicí...	$H_{kol} := 0.375\text{m}$
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:

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[ \left( \frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.582\text{m}$$

$$\text{délka: } D_{roz} := \min \left[ (S_{pr} + 0.5 \cdot T_{loze}), 0.533\text{m} \right] = 0.405\text{m}$$

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:

$$\sigma_A := \left( \frac{0.5Q_v}{L_{roz} \cdot D_{roz}} \right) + \left[ \frac{\left( \frac{L_{kol}}{18} \right) \cdot 0.5Q_v}{0.166666 \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_A = 142.687\text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left( \frac{0.5Q_v}{L_{roz} \cdot D_{roz}} \right) - \left[ \frac{\left( \frac{L_{kol}}{18} \right) \cdot 0.5Q_v}{(0.16666) \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_B = 96.388\text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

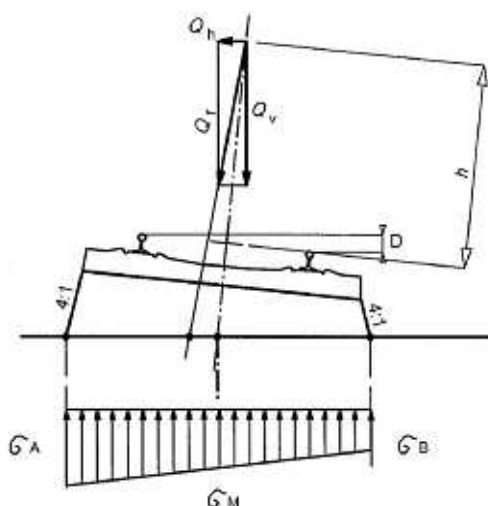
### Boční přetížení vlakem

Svislé hodnoty zatížení budou násobeny součinitelem zemního tlaku v klidu.

$$K_0 = 0,50$$

## Odstředivá síla

### Roznos odstředivé síly



rozchod kolejnic .....	$L_{kol} := 1.5\text{m}$
převýšení koleje.....	$D_{kol} := 92\text{mm}$
délka pražce.....	$L_{pr} := 2.41\text{m}$
šířka pražce.....	$S_{pr} := 0.27\text{m}$
tloušťka štěrku lože..	$T_{loze} := 0.27\text{m}$
výška pražce s kolejnicí...	$H_{kol} := 0.375\text{m}$
svislá bodová síla.....	$Q_v := 250\text{kN}$
maximální rychlost...	$v_{tr} := 19.44\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
poloměr oblouku.....	$R_{obl} := 313\text{m}$
redukční součinitel.....	$f_{red} := 1.00$

#### Stanovení odstředivé síly:

$$Q_{tk} := \left( \frac{v_{tr}^2}{g \cdot R_{obl}} \right) \cdot (f_{red} \cdot Q_v) = 30.78 \cdot \text{kN}$$

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:

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[ \left( \frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.582 \text{ m}$$

$$\text{délka: } D_{roz} := \min[S_{pr} + 0.5 \cdot T_{loze}, 0.533\text{m}] = 0.405 \text{ m}$$

#### 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.

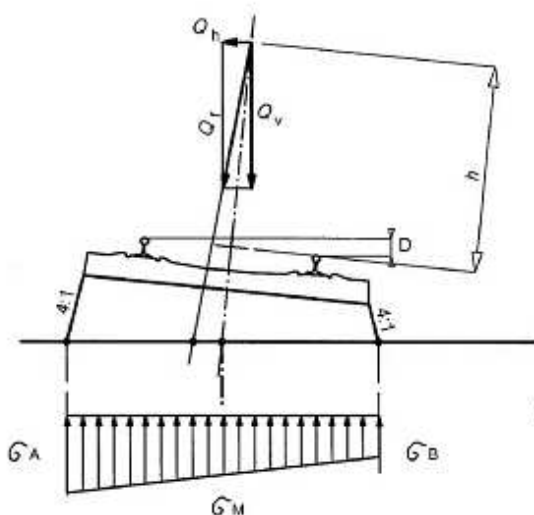
#### Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

$$\sigma_A := \left[ \frac{0.5 Q_{tk} \cdot (1.8\text{m} + H_{kol})}{0.166666 \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_A = 74.387 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left[ \frac{-0.5 Q_{tk} \cdot (1.8\text{m} + H_{kol})}{(0.16666) \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_B = -74.39 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

## Boční ráz

### Roznos bočního rázu pražci a ložem



rozchod kolejnic .....	$L_{kol} := 1.5\text{m}$
převýšení koleje.....	$D_{kol} := 92\text{mm}$
délka pražce.....	$L_{pr} := 2.41\text{m}$
šířka pražce.....	$S_{pr} := 0.27\text{m}$
tloušťka štěrku lože..	$T_{loze} := 0.27\text{m}$
boční ráz.....	$Q_H := 100\text{kN}$
výška pražce s kolejnicí...	$H_{kol} := 0.375\text{m}$

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

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[ \left( \frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.582\text{m}$$

$$\text{délka: } D_{roz} := \min \left[ (S_{pr} + 0.5 \cdot T_{loze}), 0.533\text{m} \right] = 0.405\text{m}$$

Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

$$\sigma_A := \left( \frac{0.5 Q_H H_{kol}}{0.166666 \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right)$$

$$\sigma_A = 41.668 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left( \frac{-0.5 Q_H H_{kol}}{(0.16666) \cdot D_{roz} \cdot L_{roz}^2} \right)$$

$$\sigma_B = -41.669 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

## Rovnoměrná složka teploty

Pro místo stavby (Stadice) 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)

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

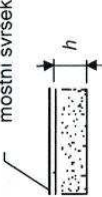
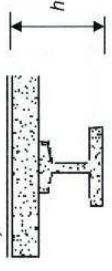
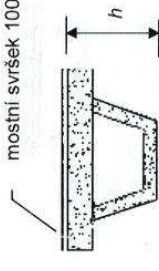
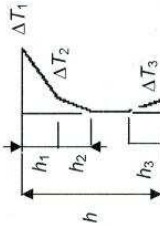
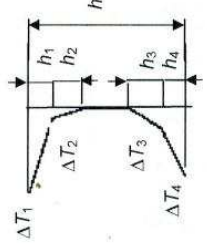
$$T_{e,\max} = T_{\max} + 1.5^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C} + 1.5^\circ\text{C} = 41.5^\circ\text{C}$$

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

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

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

### 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 \text{ m}</math>  <math>h_2 = 0,3 h</math>, avšak <math>\geq 0,10 \text{ m}</math>                       avšak <math>\leq 0,25 \text{ 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> <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 \text{ m}</math>  <math>h_2 = h_3 = 0,25 h</math>, avšak <math>\leq 0,20 \text{ m}</math> </p> <table> <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:  $H_{pr} := 0.49\text{m}$

tloušťka mostního svršku:  $H_{sv} := 0.69\text{m}$

### STANOVENÍ PRŮŘEZOVÝCH CHARAKTERISTIK:

Průřezová plocha:  $A_{pr} := B_{pr} \cdot H_{pr} = 0.49\text{m}^2$

Poloha těžiště od dolních vláken:  $e_{pr} := 0.5 \cdot H_{pr} = 0.245\text{m}$

Moment setrvačnosti průřezu:  $I_{y,pr} := \frac{B_{pr} \cdot H_{pr}^3}{12} = 9.804 \times 10^{-3}\text{m}^4$

Poloha neutrálné osy od spodních vláken:  $N_O := e_{pr} = 0.245\text{m}$

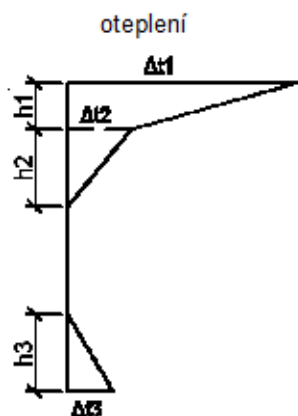
### CHARAKTERISTIKA BETONU:

modul pružnosti v čase 28 dní:  $E_{cmT} := 29000\text{MPa}$

pevnost betonu v čase 28 dní:  $f_{ckT} := 16\text{MPa}$

### ZATÍŽENÍ ROZDÍLOVOU SLOŽKOU TEPLOTY:

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

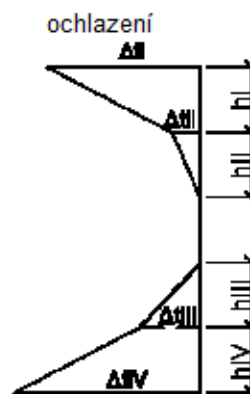


$$\begin{aligned} h_I &= 0.147\text{m} \\ h_{II} &= 0.147\text{m} \\ h_{III} &= 0.147\text{m} \end{aligned}$$

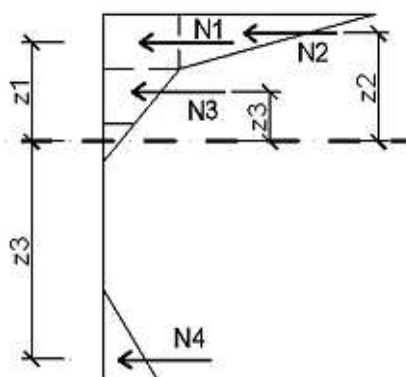
$$\begin{aligned} \Delta t_I &:= 13.0\text{K} \\ \Delta t_{II} &:= 3.0\text{K} \\ \Delta t_{III} &:= 2.5\text{K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_I &= 0.098\text{m} \\ h_{II} &= 0.123\text{m} \\ h_{III} &= 0.123\text{m} \\ h_{IV} &= 0.098\text{m} \end{aligned}$$

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



**Momentový účinek od oteplení:**

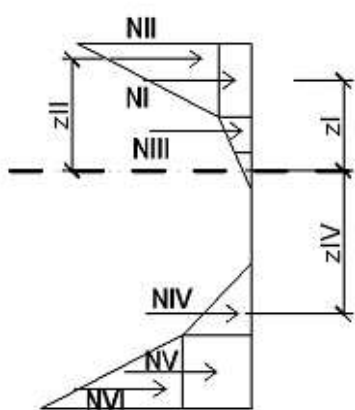


$N_1 = 0.128 \cdot \text{MN}$	$z_1 = 0.171 \text{ m}$	$M_1 = -21.933 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_2 = 0.213 \cdot \text{MN}$	$z_2 = 0.196 \text{ m}$	$M_2 = -41.777 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_3 = 0.064 \cdot \text{MN}$	$z_3 = 0.049 \text{ m}$	$M_3 = -3.133 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_4 = 53.288 \cdot \text{kN}$	$z_4 = 0.196 \text{ m}$	$M_4 = 10.444 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$$N_{\text{ot}} = 458.273 \cdot \text{kN}$$

$$M_{\text{ot}} = -56.399 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

**Momentový účinek od ochlazení:**



$N_I = 0.048 \cdot \text{MN}$	$z_I = 0.196 \text{ m}$	$M_I = 9.47 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_{II} = 0.084 \cdot \text{MN}$	$z_{II} = 0.212 \text{ m}$	$M_{II} = 17.802 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_{III} = 30.196 \cdot \text{kN}$	$z_{III} = 0.106 \text{ m}$	$M_{III} = 3.206 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_{IV} = 26.644 \cdot \text{kN}$	$z_{IV} = 0.106 \text{ m}$	$M_{IV} = -2.829 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_V = 42.63 \cdot \text{kN}$	$z_V = 0.196 \text{ m}$	$M_V = -8.355 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
$N_{VI} = 63.945 \cdot \text{kN}$	$z_{VI} = 0.212 \text{ m}$	$M_{VI} = -13.578 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

$$N_{\text{och}} = 295.568 \cdot \text{kN}$$

$$M_{\text{och}} = 5.715 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

**ODPOVÍDAJÍCÍ PŘETVOŘENÍ OD OTEPLENÍ PRŮŘEZU:**

$$\varepsilon_{\text{OT}} = \frac{N_{\text{ot}}}{E_{\text{cmT}} \cdot A_{\text{pr}}} = 3.225 \times 10^{-5}$$

$$\psi_{\text{ot}} = \frac{M_{\text{ot}}}{E_{\text{cmT}} \cdot I_{y,\text{pr}}} = -1.984 \times 10^{-4} \frac{1}{\text{m}}$$

**ODPOVÍDAJÍCÍ PŘETVOŘENÍ OD OCHLAZENÍ PRŮŘEZU:**

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

$$\psi_{\text{och}} = \frac{M_{\text{och}}}{E_{\text{cmT}} \cdot I_{y,\text{pr}}} = 2.01 \times 10^{-5} \frac{1}{\text{m}}$$

**Současné působení rovnoměrné a rozdílové složky teploty**

Budou uvažovány dvě teplotní kombinace:

$$\Delta T_M + 0,35 \times \Delta T_N$$

$$0,75 \times \Delta T_M + \Delta T_N$$

### 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.

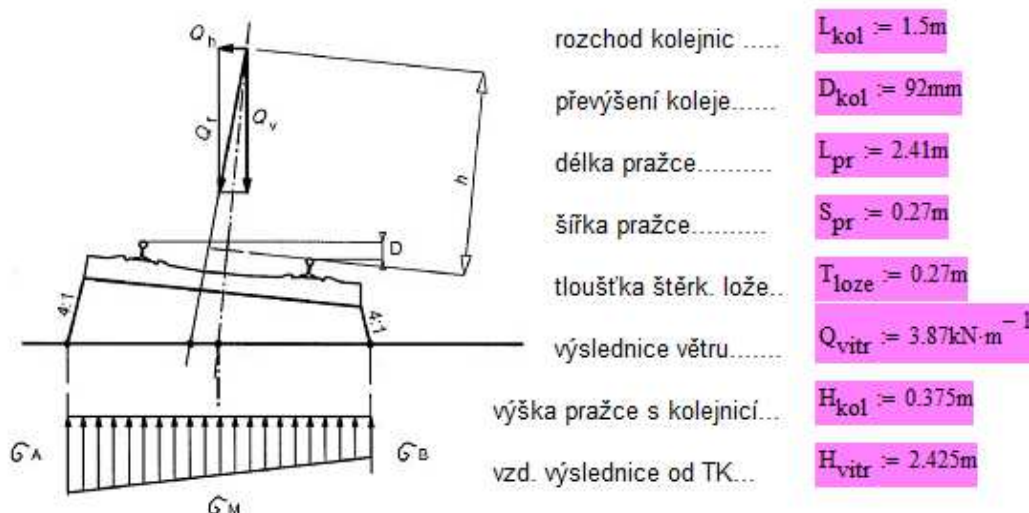
$$F_{wn} = 1/2 \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C_e \cdot A_{ref} = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 27,5^2 \cdot 1,69 \cdot 4,85 = 3,87 \text{ kN/m}$$

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



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

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[ \left( \frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.582\text{m}$$

Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

$$\sigma_A := \left[ \frac{Q_{vitr} \cdot (H_{kol} + H_{vitr})}{0.166666 \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_A = 9.753 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left[ \frac{-Q_{vitr} \cdot (H_{kol} + H_{vitr})}{(0.166666) \cdot L_{roz}^2} \right] \quad \sigma_B = -9.753 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

### 2.2.3 Sestavy zatížení železniční dopravou

Sestavy zatížení jsou zvoleny dle EN 1991-2. Vzhledem k tomu že na každé konstrukci se nachází jedna kolej, jsou uvažovány sestavy gr 11, gr 12, gr13 a gr14.

### 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

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

Hodnoty součinitelů zatížení a kombinace:

$\gamma_G = 1,25$  ...součinitel stálého zatížení (prvek starší než 30 let s kontrolou rozměrů)

$\gamma_Q = 1,30$  ...součinitel zatížení pro železniční dopravu (most starší než 30 let)

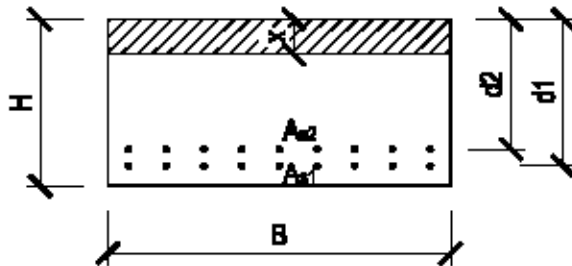
$\gamma_Q = 1,35$  ...součinitel zatížení pro účinky teploty a větru (most starší než 30 let)

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

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

## 2.3 Stanovení únosnosti průřezu

### Únosnost železobetonového obdelníkového průřezu



$$H := 0.45\text{m}$$

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

$$\text{krytí} \dots c_{\text{nom}} := 25\text{mm}$$

$$\text{charakteristická pevnost betonu v tlaku} \dots f_{\text{ck}} := 16\text{MPa}$$

$$\text{součinitel dlouhodobých účinků} \dots \alpha_{\text{cc}} := 1.00$$

$$\text{součinitel materiálu pro beton} \dots \gamma_c := 1.50$$

$$\text{charakteristická mez kluzu výztuže} \dots f_{\text{yk}} := 300\text{MPa}$$

$$\text{součinitel materiálu pro výztuž} \dots \gamma_s := 1.10$$

#### 1. řada betonářské výztuže:

$$\text{počet prutů} \dots n_1 := 10$$

$$\text{průměr prutů} \dots \phi_1 := 27\text{mm} \quad \text{plocha výztuže 1. řady} \dots A_{s1} := \frac{\pi}{4} \cdot \phi_1^2 \cdot n_1 = 5.726 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška 1. řady prutů} \dots d_1 := H - \left( c_{\text{nom}} + \frac{\phi_1}{2} \right) = 0.412\text{m}$$

#### 2. řada betonářské výztuže:

$$\text{počet prutů} \dots n_2 := 0$$

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

$$\text{účinná výška 1. řady prutů} \dots d_2 := H - \left( c_{\text{nom}} + \phi_1 + 35\text{mm} + \frac{\phi_2}{2} \right) = 0.355\text{m}$$

#### Průměrné hodnoty betonářské výztuže:

$$\text{plocha výztuže} \dots A_s := A_{s1} + A_{s2} = 5.726 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{účinná výška výztuže} \dots d := \frac{d_1 \cdot A_{s1} + d_2 \cdot A_{s2}}{A_s} = 0.412\text{m}$$

$$\text{výška tlačené oblasti} \dots x := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{0.8 \cdot B \cdot f_{cd}} = 0.183\text{m}$$

$$\frac{x}{d} = 0.445$$

$$\text{posudek}_x = \text{"VYHOVUJE"}$$

rameno vnitřních sil průřezu .....  $z := d - 0.4 \cdot x = 0.338 \text{ m}$

Moment únosnosti průřezu .....  $M_{Rd} := A_s \cdot f_{yd} \cdot z$   $M_{Rd} = 528.267 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

**Procento vyztužení:**

$$P_{vyz} := \frac{A_s}{B \cdot d} \quad P_{vyz} = 1.391\%$$

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

**Posouzení smykové výztuže**

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

rameno vnitřních sil.....  $z = 0.338 \text{ m}$

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

plocha průřezu.....  $A_{pr} := B \cdot H = 0.45 \text{ m}^2$

$\nu_1 := 0.6$

Spony:

osová vzdálenost.....  $s_1 := 0.25 \text{ m}$

profil spony.....  $\Phi_1 := 10 \text{ mm}$

počet v metru šířky.....  $n_{str} := 4$

$$V_{Rd.1.1} := \frac{B \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\cotg \phi + \tan(\phi)} \quad V_{Rd.1.1} = 746.609 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd.s} := \left( \frac{A_{sw.1}}{s_1} \right) \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cotg \phi \quad V_{Rd.s} = 289.858 \cdot \text{kN}$$

Ohyby:

počet ohybů.....  $n_o := 3.33$

profil ohybu.....  $\Phi_o := 30 \text{ mm}$

úhel od vodorovné.....  $\alpha_o := 45^\circ$

$$V_{Rd.b} := n_o \cdot A_{s.o1} \cdot \frac{z}{l_m} \cdot f_{yd} \cdot \left( \cotg \phi + \frac{1}{\tan(\alpha_o)} \right) \cdot \sin(\alpha_o) = 537.484 \cdot \text{kN}$$

Celková únosnost

smykové výztuže:

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

$$\text{V}_{Rd.s.celk} = 827.342 \cdot \text{kN}$$

## 2.4 Stanovení zatížitelnosti nezesíleného průřezu

Ohyb:

$$Z_{LM71} = (M_{Rd} - M_{st} - M_{zb}) / M_{nah} = (528,3 - (1,30 \cdot (49,4 + 61,36)) - 1,35 \cdot (0,6 \cdot 31,5 + 0,75 \cdot 2,47) - 1,3 \cdot 12,9) / 1,30 \cdot 1,67 \cdot 134,8 = 1,16$$

Smyk:

$$Z_{LM71} = (Q_{Rd} - Q_{st} - Q_{zb}) / Q_{nah} = (827,3 - (1,30 \cdot (53,3 + 67,2)) - 1,35 \cdot (0,6 \cdot 137,9 + 0,75 \cdot 6,5) - 1,3 \cdot 24,2) / 1,30 \cdot 1,67 \cdot 128,3 = 1,87$$

Napětí v základové spáře:

$$Z_{LM71} = \frac{\sigma_{II} - \sigma_{st}}{\sigma_{I,LM71}} = \frac{300 - 189,1}{1,30 \cdot 85,7} = 1,00$$

## 2.5 Zesílení mostu CFRP lamelami

### 2.5.1 KRITÉRIA NÁVRHU A OMEZENÍ

Zesílení nosníku v ohybu pomocí FRP

Technický věstník č. 55 Mezinárodní federace pro konstrukční beton, 3. vydání (2012): Design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite materials.

EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Země: Czech Republic

### 2.5.2 PŘEDPOKLADY VÝPOČTU

Průřez = Deska

Výška = 560 mm



#### Beton

Pevnost betonu v tlaku

Pevnost betonu ( $f_{ck}$ ) = 16 MPa

Valcový vzorek = 16 MPa

Krychelný vzorek = 20 MPa

#### Betonářská výztuž

Vrstvy výztuže

Horní vrstva	$d_1$ mm	Ocel $f_{yk}$ (MPa)	$E_s$ (MPa)	Průměr (mm)	osová vzdálenost (mm)
1.	26	(Grade 300) 300	200000	12.00	300
Dolní vrstva	$d_1$ mm	Ocel $f_{yk}$ (MPa)	$E_s$ (MPa)	Průměr (mm)	osová vzdálenost (mm)
1.	35	(Grade 300) 300	200000	28.00	100

#### Dílčí součinitele spolehlivosti

Definované (Eurokód)

Beton

$\gamma_c$  (Stálý a přechodný) = 1.50

$\gamma_c$  (Mimořádný) = 1.20

$\gamma_c$  (Požár) = 1.00

$\alpha_{cc}$  = 1.00

Ocel

$\gamma_s$  (Stálý a přechodný) = 1.15

$\gamma_s$  (Mimořádný) = 1.00

$\gamma_s$  (Požár) = 1.00

#### Součinitele zatížení

Výchozí kombinace dle Eurokódu	Stálá zatížení	Proměnná zatížení
Očekávaná přenášená zatížení	1.35	1.50
Porušení FRP zesílení	1.00	0.50
Požární situace	1.00	0.30
MSP, charakteristická	1.00	1.00

$\psi_1$  = 0.5

$\psi_2$  = 0.3

### 2.5.3 PEVNOST FRP ZESÍLENÍ

#### Hlavní FRP zesílení

Se soudržností. Sika CarboDur® S

Sika CarboDur® S512	Typ vlákna	Dílčí součinitele spolehlivosti	$\epsilon_{fk}$	$E_{fk}$ (MPa)	$t_f$ (mm)	osová vzdálenost (mm)	šířka (mm)
Vrstva: 1	Uhlík	$\gamma_{FRP,E}$ : 1.10, $\gamma_{FRP,m}$ : 1.05, $\gamma_{FRP,E}$ : 1.25, $\gamma_A$ : 4.00	0.0176	165000.00	1.200	200	50.00

### 2.5.4 OČEKÁVANÁ PŘENÁŠENÁ KOMBINACE ZATÍŽENÍ

#### Stávající zatížení

(Kladný)  $M_i$  : 49.40 kN·m/m

#### Očekávaná zatížení (návrh zesílení)

Stálá zatížení

(Kladný)  $M_G$  : 61.36 kN·m/m

Proměnná zatížení

(Kladný)  $M_Q$  : 487.75 kN·m/m

## 2.5.5 VÝSLEDNÁ

#### Shrnutí výsledků

Očekávaná zatížení v MSÚ			
zatěžování	M <sub>Ed</sub> (kN·m/m)	M <sub>Rd</sub> (kN·m/m)	M <sub>Rd</sub> ≥ M <sub>Ed</sub> (N <sub>Ed</sub> = N <sub>Rd</sub> )
S <sub>Ed</sub> = 1.35 · S <sub>G</sub> + 1.50 · S <sub>Q</sub>	814.46	841.84	Zesílený průřez 841.84 kN·m/m ≥ 814.46 kN·m/m ✓
Porušení výztuže v MSÚ			
zatěžování	M <sub>Ed</sub> (kN·m/m)	M <sub>Rd</sub> (kN·m/m)	M <sub>Rd</sub> ≥ M <sub>Ed</sub> (N <sub>Ed</sub> = N <sub>Rd</sub> )
S <sub>Ed</sub> = 1.00 · S <sub>G</sub> + 0.50 · S <sub>Q</sub>	305.24	859.72	Nezesílený průřez 859.72 kN·m/m ≥ 305.24 kN·m/m ✓
	Mezní stav použitelnosti		
	zatěžování	Provozní napětí	
	S <sub>Ed</sub> = 1.00 · S <sub>G</sub> + 1.00 · S <sub>Q</sub>	σ <sub>s</sub> ≤ 0.8·f <sub>yk</sub>	
		195.63 MPa ≤ 240.00 MPa ✓	
Požární odolnost (t 0 min.)			
zatěžování	M <sub>Ed</sub> (kN·m/m)	M <sub>Rd</sub> (kN·m/m)	M <sub>Rd</sub> ≥ M <sub>Ed</sub> (N <sub>Ed</sub> = N <sub>Rd</sub> )
S <sub>Ed</sub> = 1.00 · S <sub>G</sub> + 0.30 · S <sub>Q</sub>	207.69	879.04	Nezesílený průřez 879.04 kN·m/m ≥ 207.69 kN·m/m ✓

#### Mezní stav únosnosti

Při analýze průřezu pro stanovení momentu únosnosti by měly být uvažovány následující předpoklady:

Rozdělení přetvoření betonu v tlaku a přetvoření výztuže v tahu i tlaku je vypočteno s uvažováním předpokladu o zachování rovinnosti průřezu po deformaci a předpokladu o dokonalé soudržnosti mezi materiály průřezu.

Napětí betonu v tlaku je určeno z pracovního diagramu dle odstavce 3.1.7 v EN 1992-1-1.

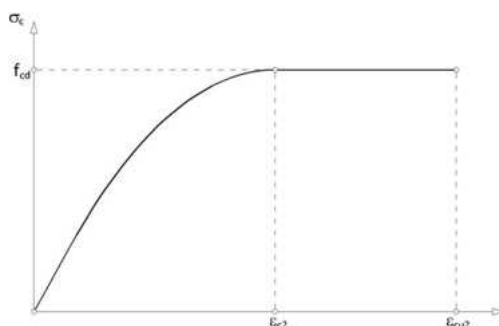
$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad \text{for } 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \quad \text{for } \epsilon_{c2} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu2}$$

S

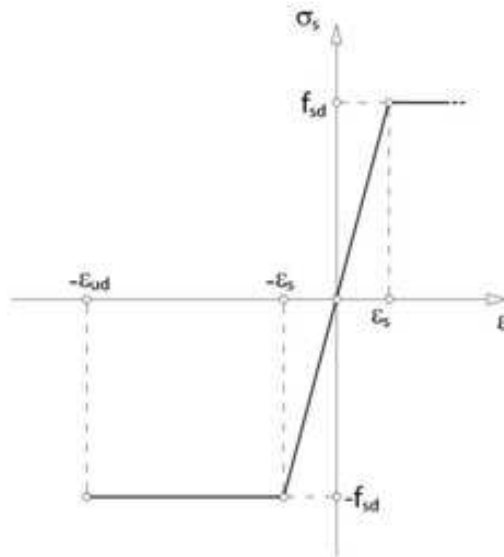
$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$f_{cd}$ (MPa)	$\epsilon_{c2}$	$\epsilon_{cu2}$	n
10.7	0.0020	0.0035	2



Tahová pevnost betonu se zanedbává.

Napětí v ocelové výztuži je určeno z pracovního diagramu dle odstavce 3.2 v EN 1992-1-1.

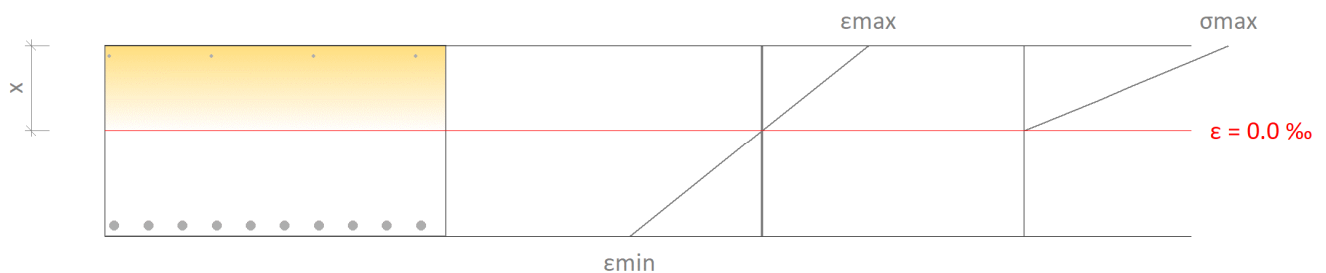


Přetvoření průřezu musí být uvažováno dle přetvoření ve stávající konstrukci v okamžiku zesilování.

Napětí v FRP zesílení je určeno dle předpokladu lineárního chování FRP až do porušení.

Rovnováha sil na průřezu. Stávající zatížení

**$M_i = 49.40 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$**



Maximální a minimální přetvoření

$$\varepsilon_{\max} = 0.08 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{\min} = -0.10 \text{ ‰}$$

Maximální napětí v betonu

$$f_c = 0.83 \text{ MPa}$$

Vzdálenost od krajních tlačných vláken po neutrálnou osu

$$x = 249.83 \text{ mm}$$

Napětí a přetvoření ve výztuži			
Ref.	souřadnice Y (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 10.95	250	14.02	0.07
No. 28	-250	-17.87	-0.09

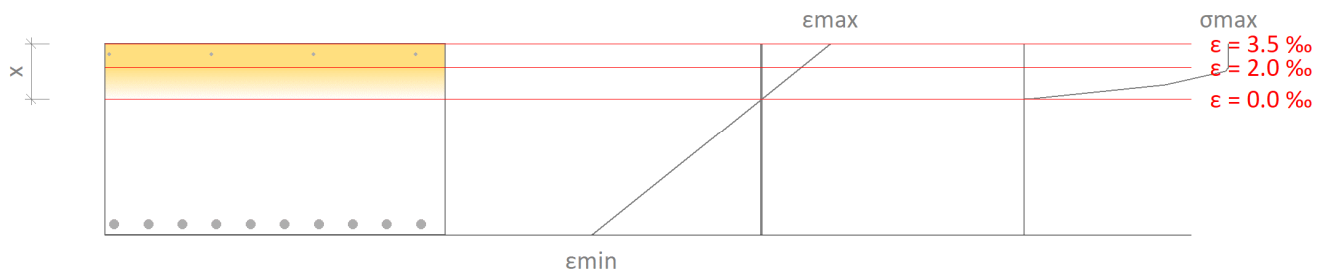
Porušení FRP zesílení. Nejmenší kombinace zatížení, kterou musí přenést nezesílený prvek.

$$S_{Ed} = 1.00 \cdot S_G + 0.50 \cdot S_Q$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$834.16 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \geq 305.24 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \quad \checkmark$$

$$M_{Rd} : 859.72 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$



Maximální a minimální přetvoření

$$\varepsilon_{\max} = 3.48 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{\min} = -8.64 \text{ ‰}$$

Maximální napětí v betonu

$$f_c = 13.33 \text{ MPa}$$

Vzdálenost od krajních tlačných vláken po neutrálnou osu

$$x = 160.85 \text{ mm}$$

Napětí a přetvoření ve výztuži			
Ref.	souřadnice Y (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 10.95	250	300.00	2.83
No. 28	-250	-300.00	-7.99

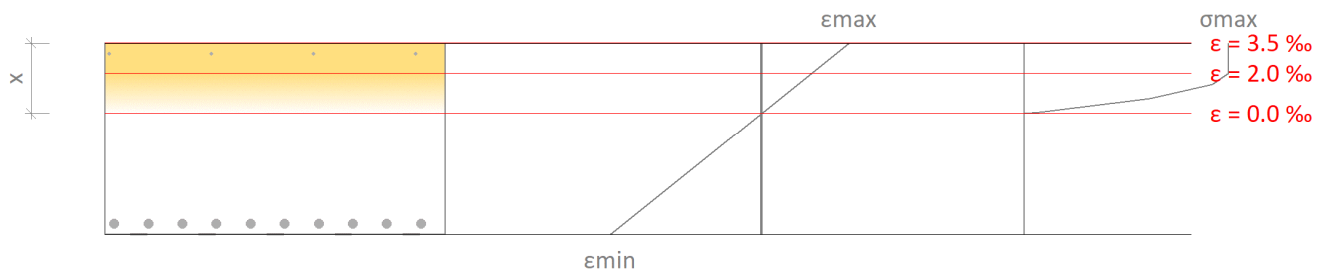
Zesílený průřez a očekávaná zatížení.

$$S_{Ed} = 1.35 \cdot S_G + 1.50 \cdot S_Q$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$841.84 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \geq 814.46 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \quad \checkmark$$

$$M_{Rd} : 841.84 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$



Maximální a minimální přetvoření

$$\varepsilon_{\max} = 3.48 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{\min} = -6.05 \text{ ‰}$$

Maximální napětí v betonu

$$f_c = 10.67 \text{ MPa}$$

Vzdálenost od krajních tlačných vláken po neutrálnou osu

$$x = 204.49 \text{ mm}$$

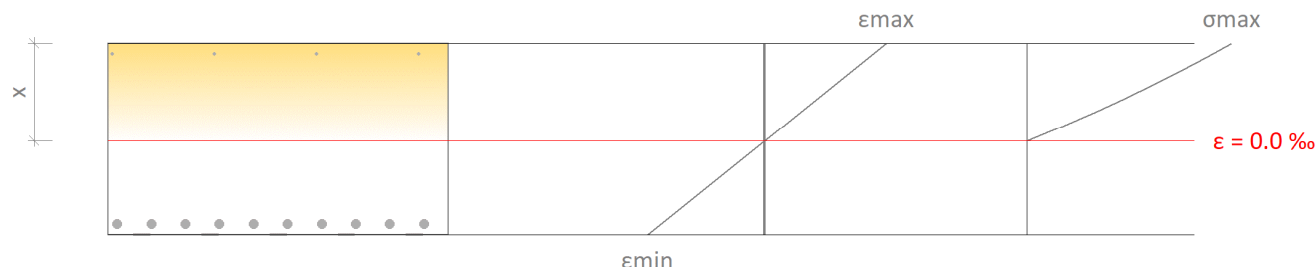
Napětí a přetvoření ve výztuži			
Ref.	souřadnice Y (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 10.95	250	260.87	2.97
No. 28	-250	-260.87	-5.54
FRP	-281	-852.25	-5.97

### 5.3.- Mezní stav použitelnosti

Napětí v mezním stavu použitelnosti v ocelové výztuži při charakteristické kombinaci zatížení nesmí překročit dané omezení v Eurokódu 2, část 1-1.

Rovnováha sil na průřezu. MSP Charakteristická kombinace zatížení

$$S_{Ed} = 1.00 \cdot S_G + 1.00 \cdot S_Q$$



Maximální a minimální přetvoření

$$\epsilon_{max} = 1.14 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{min} = -1.10 \text{ ‰}$$

Maximální napětí v betonu

$$f_c = 7.82 \text{ MPa}$$

Vzdálenost od krajních tlačných vláken po neutrálnou osu

$$x = 285.27 \text{ mm}$$

Napětí a přetvoření ve výztuži			
Ref.	souřadnice Y (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 10.95	250	204.05	1.02
No. 28	-250	-195.63	-0.98
FRP	-281	-165.75	-1.00

V případě působení významných dynamických zatížení během vytvrzování lepidla nesmí být redukována pevnost lepidla stanovena dle tabelovaných hodnot z TR55, 6.9.4 a je uvažováno, že působící zatížení během této doby odpovídá kvazi-stálé kombinaci zatížení.

$$\epsilon_{fe, ošetřování} = 0.000319 > 0.000200$$

#### Dodatečný posudek

Kromě toho, v případě, že je moment na mezi únosnosti menší než 1,15 násobek požadované únosnosti, měl by být průřez navržen tak, že přetvoření v úrovni těžiště tažené ocelové výztuže není menší než  $0.002 + f_{yk}/(E_s \gamma_s)$ .

$$M_{Rd} \leq 1,15 \cdot M_{Ed} \quad ; \quad \epsilon_s \geq 0,002 + \frac{f_{yk}}{E_s \cdot \gamma_s}$$

$$0.00554 \geq 0.00330 \quad \checkmark$$

#### Uspořádání FRP zesílení

Předchozí výsledky odpovídají následujícímu schématu FRP zesílení:

Hlavní FRP zesílení: Sika CarboDur® S512. osová vzdálenost: 200 mm

## 2.6 Stanovení zatížitelnosti zesíleného průřezu CFRP lamelami

Ohyb:

$$Z_{LM71} = (M_{Rd} - M_{st} - M_{zb}) / M_{nah} = (834,16 - (1,30 \cdot (49,4 + 61,36)) - 1,35 \cdot (0,6 \cdot 31,5 + 0,75 \cdot 2,47)) - 1,3 \cdot 12,9 / 1,30 \cdot 1,67 \cdot 134,8 = 2,21$$

## 2.7 Rozhodnutí o přechodnosti pro D4/70

Přechodnost vyhovuje, pokud je splněna následující podmínka:

$$Z_{UIC} \geq \psi * \lambda_{UIC}$$

$$\psi = \delta_f / \delta = 1,76 / 1,67 = 1,05$$

$$\lambda_{UIC} = U_{D4} / U_{UIC} = 78,1 \text{ kNm} / 128,3 \text{ kNm} = 0,61$$

$\delta_f$  – dynamický součinitel pro zatížení D4

$\delta$  – dynamický součinitel pro zatížení LM71

$$Z_{UIC} = 1,00 > 0,64 = \psi * \lambda_{UIC}$$

V provedených výpočtech byla stanovena zatížitelnost stávajícího železobetonového deskového mostu s uvažováním oslabení výztuže korozí o 2 mm.

**Na základě výpočtu výše lze konstatovat, že most vyhovuje pro traťovou třídu zatížení D4 s přidruženou rychlostí 70 km/hod.**

V Ústí nad Labem, duben 2019

Ing. Martin Klomínský

### 3 SESTAVENÍ PŘEHLEDNÝCH VÝSLEDKŮ ZATÍŽITELNOSTI

#### Tabulka 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. 0661 Ústí n. L. západ - Bílina**

DÚ: **02**

km: **5,470**

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

část mostního objektu: **nosná konstrukce**

pod kolejí č. **2**

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

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

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

	na začátku	uprostřed	na konci
číslo koleje		č.2	
poloměr oblouku	-- [m]	313 [m]	-- [m]
převýšení koleje	-- [mm]	92 [mm]	-- [mm]
excentricita vůči ose mostního objektu	-- [m]	-- [m]	-- [m]

Popis závad uvažovaných ve výpočtu: Je uvažováno s korozním oslabením výztuže o 2,0 mm (Ø28 mm z původních 32 mm)

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

Poznámka k části mostu:

Poř. č.	Prvek (vč. umístění)	DETAIL	NAMÁHÁNÍ	k <sub>i</sub>	typ	L <sub>p</sub>	δ	L <sub>D</sub>	viz. str.	Poznámky	Z <sub>LM71</sub>
1	2	3	4		6	7	8	9	10	11	12
1	Deska	Střed rozpětí	ohyb	1,0	S	-	1,67	6,2	21		2,21
2	Deska	Nad opěrou	smyk	1,0	S	-	1,67	6,2	16		1,87
3	Základ	Základová spára	Kontaktní napětí	1,0	S	-	-	-	16		1,00

Dne: 28/04/2019 zatížitelnost určil: Ing. Martin Klomínský Dne: .../.../....

do databáze zadal: ...