

Revize:	Datum:	Popis:	Kontroloval:
AKTUALIZACE	12/2024	Aktualizace dokumentace NTR+DSP+PDPS "Oprava trati v úseku Police nad M. - Teplice nad M."	Martin Lipenský, DiS.

## D.2.1.4

TÚ 1561; DÚ 18,J1,20 Police n. Metují - Česká Metuje - Teplice n. Metují

Generální projektant:

**SPOLEČNOST PRO OPRAVU TRATI  
POLICE - TEPLICE**



**PRODIN A.S.**  
K VÁPENEC 2745 DIČ: CZ25292161  
530 02 PARDUBICE IČO: 25292161

**MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.**  
LEGIONÁŘSKÁ 1085/8, 779 00 Olomouc  
tel.: +420 585 570 444  
e-mail: moravia@moravia.cz  
http://www.moravia.cz



Zpracovatel části dokumentace:

Souřadnicový systém JTSK, Výškový systém Bpv

Vypracoval: Ing. Lucie Pečenová Matějčíná		Zodp. projektant: Ing. Jiří Malina		Kontroloval: Ing. Jiří Malina	
Kraj: <b>Královéhradecký</b>		Traťový úsek/Obec: Police n. Metují - Teplice n. Metují			
Investor Správa železnic, státní organizace; Dlážděná 1003/7; 110 Praha 1					
Akce:  <b>PROSTÁ REKONSTRUKCE TRATI V ÚSEKU POLICE NAD M. - TEPLICE NAD M.</b>  <b>S0 21-05 - Propustek v ev. km 80,518</b>					
			MORAVIA CONSULT Olomouc a.s. LEGIONÁŘSKÁ 1085/8, 779 00 Olomouc tel.: +420 585 570 444 e-mail: moravia@moravia.cz http://www.moravia.cz		
			Formát <b>xA4</b>		
			Datum <b>12/2024</b>		
			Účel <b>DSP+PDPS</b>		
			Č. zakázky <b>31/24/1028.208</b>		
Změna			Č. kopie		
Měřítko <b>1:1000</b>					
Obsah přílohy: <b>Statický výpočet</b>			Část dokumentace <b>D.2.1.4.1</b>		Č. přílohy <b>3.</b>



## **Statický přepočet klenby - OBSAH:**

- 1. Základní údaje**
- 2. Podklady**
- 3. Použité normy, počítačové programy**
- 4. Schéma konstrukce**
- 5. Základní charakteristiky konstrukce**
- 6. Materiál**
- 7. Zatížení**
- 8. Výpočet vnitřních sil**
- 9. MSÚ - únosnost zděného průřezu pro normálové napětí**
- 10. Stanovení zatížitelnosti klenby - MSÚ**
- 11. Mezní stav použitelnosti (MSP)**
- 12. Stanovení zatížitelnosti klenby - MSP**
- 13. Závěr**

## 1 Základní údaje:

Stavba: Oprava trati v úseku Police nad Metují - Teplice nad Metují  
Číslo objektu: SO 21-05  
Název objektu: Železniční propustek v ev. km 80,518  
Popis objektu: Jednokolejný v širé trati v oblouku, kamenná zděná klenba na kamenných opěrách

## 2 Podklady

Zpracování vycházelo z následujících podkladů:

- 3D zaměření stávajícího stavu
- kolejové řešení nového stavu - Prodin a.s.
- Stavebně technický průzkum - Kloknerův ústav ČVUT v Praze
- Archivní dokumentace
- Přehledný výkres sanace PDPS r.2007
- Protokol o podrobné prohlídce r. 2018

## 3 Použité normy, počítačové programy

Normy a předpisy:

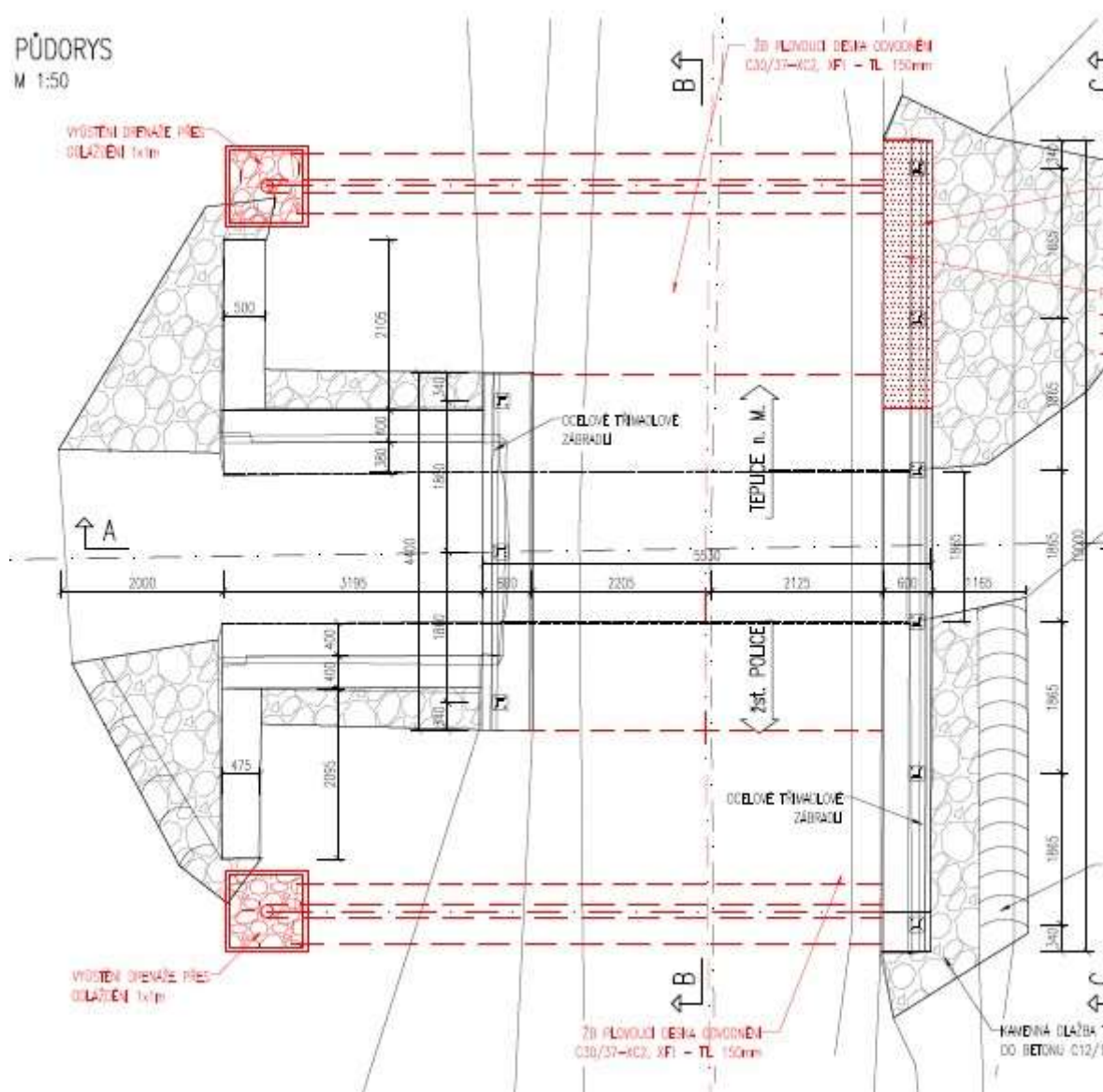
ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí  
ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb  
ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou  
ČSN EN 1991-1-4 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí - Č.1-4 Zatížení větrem  
ČSN EN 1991-1-5 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí - Č.1-5 Zatížení teplotou  
ČSN EN 1991-1-6 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí - Č.1-6 Zatížení během provádění  
ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí - Č.1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby  
ČSN EN 1996-1-1 Navrhování zděných konstrukcí  
ČSN P 73 6213 Navrhování zděných mostních konstrukcí

Metodický pokyn - Určování zatížitelnosti železničních mostů SR 5 (S)

Počítačové programy:

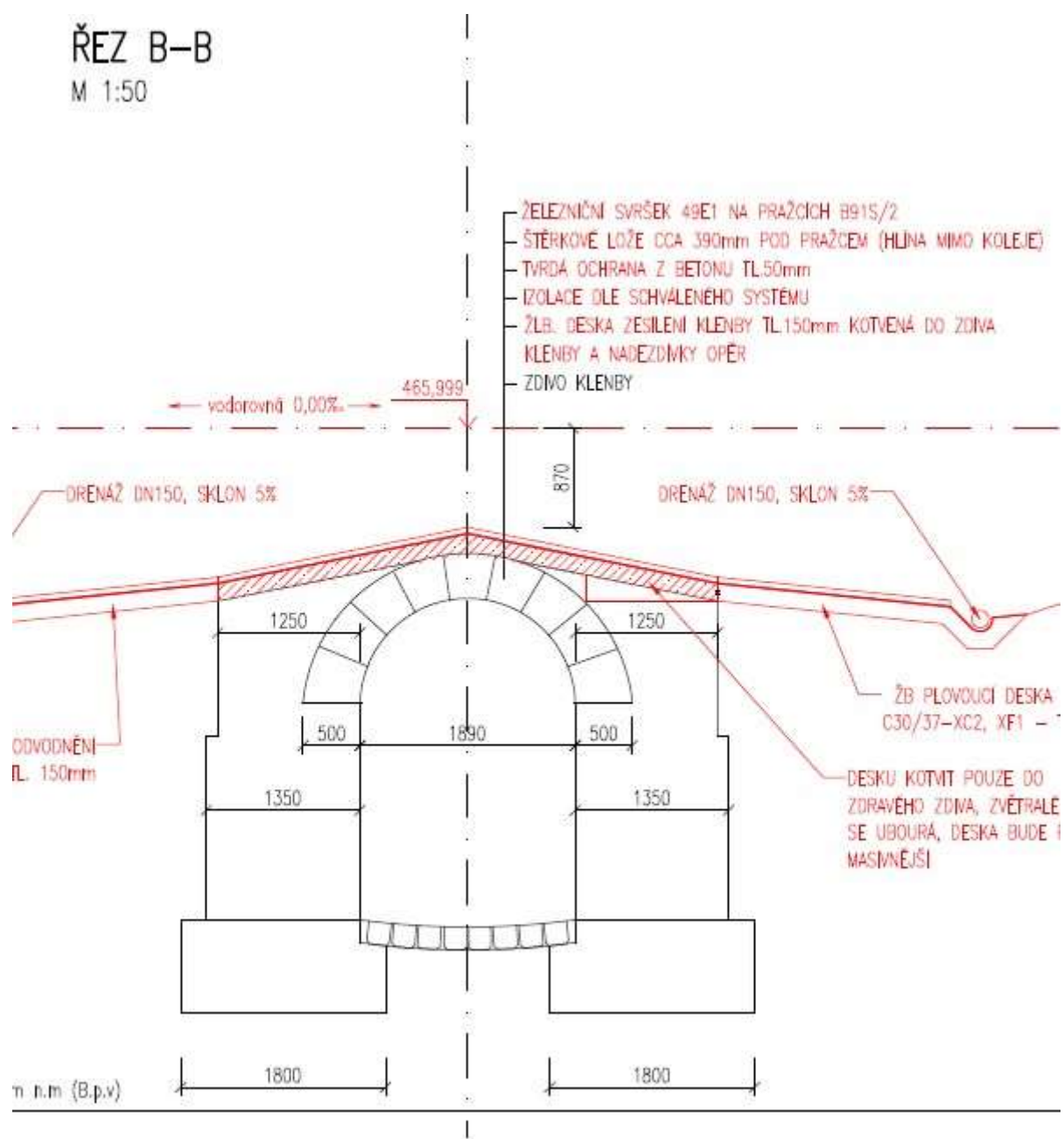
Microsoft Word  
Microsoft Excel  
MathCAD  
SCIA

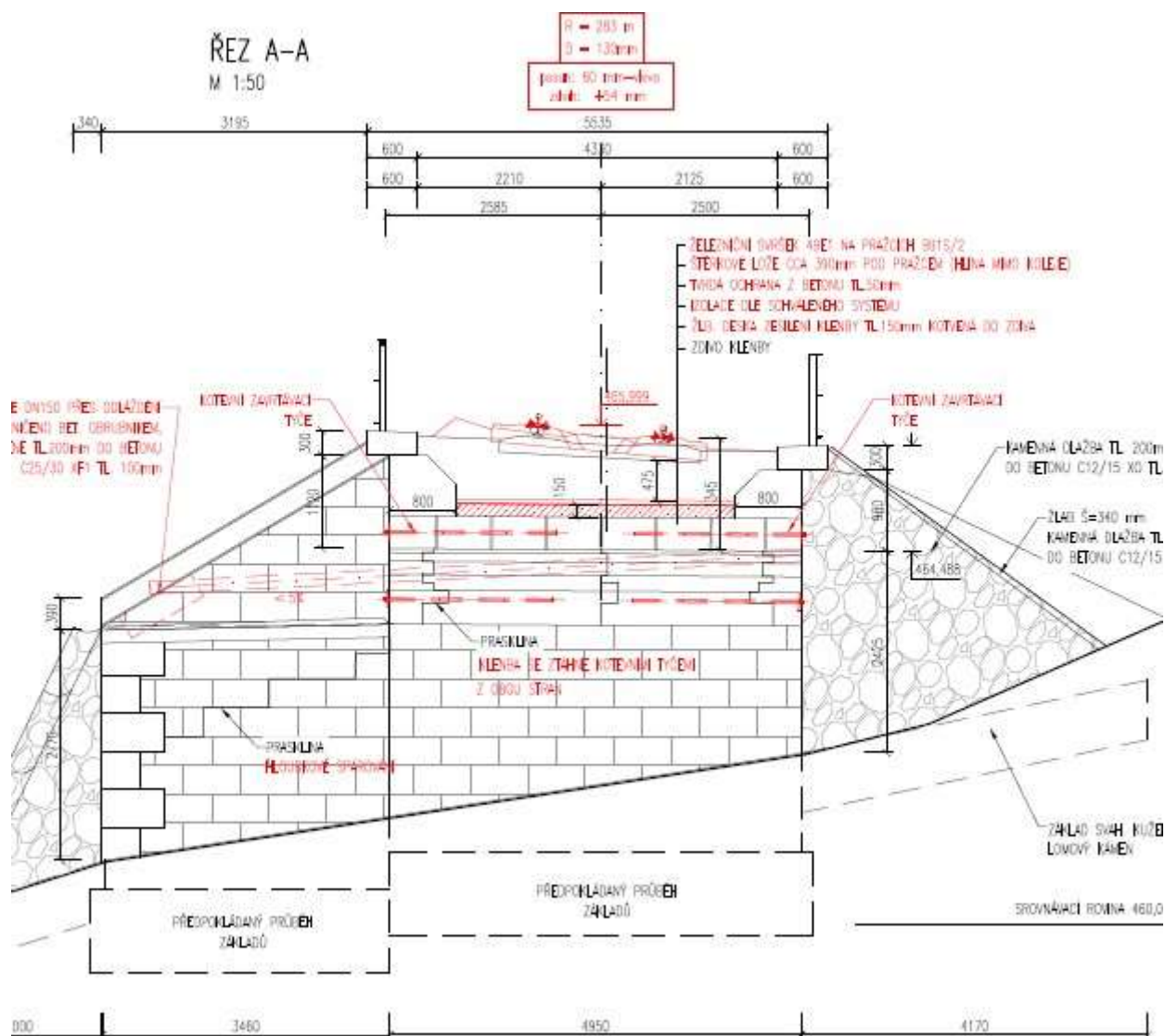
#### 4 Schéma konstrukce



## ŘEZ B-B

M 1:50





## 5 Základní charakteristiky konstrukce

Statická schéma: klenba

TL klenby ve vrcholu a v pate:  $t_v := 400 \text{ mm}$   $t_p := 500 \text{ mm}$

Světlost otvoru a rozpětí:  $L_0 := 1.89 \text{ m}$   $L_x := L_0 + t_p = 2.39 \text{ m}$

vzepětí klenby a šířka klenby:  $h_s := 0.915 \text{ m}$   $b_0 := 4.95 \text{ m}$

Roznášecí šířka: .... podle SR5(S) čl. D.2.1.12 - přesypávka 4:1, klenba polovinou tl. 1:1

šířka pražce:  $b_{sl} := 2600 \text{ mm}$

tl. kol. lože pod pražcem:  $t_{kl} := 533 \text{ mm}$

tl. izolace:  $t_{iz} := 60 \text{ mm}$  ..... střed pražce

zesílení klenby:  $t_z := 200 \text{ mm}$

přesypávka a kolej. lože - nad vrcholem klenby:  $H_1 := t_{iz} + t_{kl} = 0.593 \text{ m}$

presypávka a kolej. lože - v pate klenby:  $H_2 := H_1 + h_s = 1.508 \text{ m}$

$$b_{ef1} := (2 \cdot 0.25 \cdot H_1) + b_{sl} + 2 \cdot \frac{t_v + t_z}{2} \quad b_{ef1} = 3.497 \text{ m} \quad \dots \text{efektivní šířka ve vrcholu klenby}$$

vzdálenost okraje nosní konstrukce od osy koleje :  $b_n := 2.408 \text{ m}$

$$b_{ef2} := \min \left[ \left( b_n + \frac{b_{sl}}{2} + 0.25 \cdot H_2 \right), \left[ (2 \cdot H_2 \cdot 0.25) + b_{sl} + 2 \cdot \frac{t_p + t_z}{2} \right] \right]$$

$b_{ef2} = 4.054 \text{ m}$  .... efektivní šířka v pate klenby

$$b_{ef} := \frac{b_{ef1} + b_{ef2}}{2} = 3.775 \text{ m} \quad \dots \dots \text{průměrná hodnota } b_{ef} \text{ pro působení pohyblivého zatížení}$$

## 6 Materiál

Zdivo: Podle ST průzkumu - pískovcové zdivo, pevnost v tlaku byla stanovena zkouškama

$$f_k := 4.24 \text{ MPa} \quad \dots \dots \text{charakteristická pevnost zdiva v tlaku} \quad \gamma_M := 2.21$$

$$f_d := f_k \cdot \frac{1}{\gamma_M} \quad f_d = 1.919 \text{ MPa} \quad \dots \dots \text{návrhová pevnost v tlaku}$$

$$K_E := 10000 \quad \dots \dots \text{součinitel podle D.1.2 metodického pokynu SR5(S)}$$

$$E := K_E \cdot f_k \quad E = 4.24 \times 10^4 \text{ MPa} \quad \dots \dots \text{krátkodobý sečnový modul pružnosti zdiva}$$

$$\phi_{nekonečno} := 0.0 \quad \dots \dots \text{most starší než 30 let}$$

$$E_{\text{long.term}} := \frac{E}{1 + \phi_{nekonečno}} \quad E_{\text{long.term}} = 4.24 \times 10^4 \text{ MPa}$$

## 7 Zatížení

### 1) Stálé zatížení - vlastní tíha:

- automaticky počítá program SCIA ..... LC1

### 2) Nahodilé dlouhodobé zatížení: ..... LC2

..... budeme počítat výsek konstrukce 1m pod kolejí, proto počítáme zatížení na efektivní šířce, římsu vpravo se zábradlím, včetně pravého čela přisoudíme části mostu pod kolejí

	h(m)	obj. tíha (kN/m3)	(kN/m)	popis	qk (kN/m2)	
kolejnice s upevňovacími			1,8	1,8/3,5	0,52	1,25
bet. podvaly			3	3/3,5	0,86	1,25
kolejové lože	0,54	20		0,54*20	10,8	1,30
žb. deska-tvrdá ochr.	0,05	25		0,05*25	1,25	1,30
deska zesílení	0,2	25		0,2*25	5,00	
nadezdívka H1	0	25		0*25	0	1,30
nadezdívka H2	1,05	25		1,05*25	26,25	1,30
st.římsa A = 2*0,173m2		25		0,173*25/4,95	0,87	1,30
čelná zeď A1 = 0,517m2		25		0,517*25/4,95	2,61	1,30
čelná zeď A2 = 0,419m2				0,419*25/4,95	2,12	
zábradlí			2,0	2/4,95	0,40	1,25
izolace	0,01	23		0,01*23	0,23	1,30
SPOLU				ve vrcholu	24,67	
				v pate	50,92	



3) Stálé zatížení-zemní tlak: ..... LC3

$$\gamma := 20 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

koeficient tlaku v klidu.....  $K_0 := 0.45$  ..... pro stálé zatížení

$$h_{z1} := 0.97 \text{m} \quad \text{..... zemina v úrovni 1 (vrchol klenby)}$$

$$h_{z2} := 3.7 \text{m} \quad \text{..... výška OP = od vrcholu klenby k uložení}$$

$$h_{z3} := 0.41 \text{m} \quad \text{..... zemina ležící nad opěrou kromě KL}$$

$$q_{z1} := \gamma \cdot h_{z1} = 19.4 \cdot \text{kPa}$$

$$q_{z2} := \gamma \cdot (h_{z1} + h_{z2}) = 93.4 \cdot \text{kPa}$$

$$q_{z3} := \gamma \cdot h_{z3} = 8.2 \cdot \text{kPa} \quad \text{..... bude započítáno v LC2 do tíhy KL}$$

$$q_{x1} := K_0 \cdot q_{z1} = 8.73 \cdot \text{kPa}$$

$$q_{x2} := K_0 \cdot q_{z2} = 42.03 \cdot \text{kPa}$$

$$q_{x3} := K_0 \cdot \gamma \cdot (h_{z1} + t_v + h_s) = 20.565 \cdot \text{kPa} \quad \text{..... pata klenby}$$

4) Nahodilé krátkodobé zatížení:

*Zatížení železniční dopravou - svislé:*

zatěžovací schema: ZS1: vlak LM-71  $Q_{vk} := 250 \text{kN}$  ..... 4x  $Q_{vk}$

$$q_{vk} := 80 \text{kN} \cdot \text{m}^{-1} \quad \text{..... neuplatní se na délce mosta, pouze jako zvýšený tlak před OP}$$

dynamický součinitel:

$$L_{\Phi} := \frac{L_0 \cdot 2}{1 \cdot \text{m}} \quad L_{\Phi} = 3.78$$

$$\Phi_3 := \frac{2.16}{L_{\Phi}^{0.5} - 0.2} + 0.73 \quad \Phi_3 = 1.968$$

součinitel zatížení:  $\gamma_Q := 1.3$  ..... most starší než 30 let

excentricita svislého zatížení:

. účinek bočního posunutí svislého zatížení max. 1,25:1,00 poměru kolových sil, resp.  $e = r/18$

$$e_z := 1500 \frac{\text{mm}}{18} = 0.083 \text{m} \quad \text{..... ČSN EN 1991-2, čl.6.3.5}$$

započítáme jako momentový účinek, resp. přetížení na polovině roznášecí šířky

*Zatížení železniční dopravou - vodorovné:*

Ostředivé síly:

Kolej je cca v polovině přechodnice k oblouku  $R=283 \text{m}$ .

- předpokládána max. rychlost:  $v := 75 \cdot \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$

$f := 1$  ..... redukční součinitel pro rychlost menší 120 km/h

$$r := 283 \cdot \text{m}$$

$$Q_{tk} := Q_{vk} \cdot \frac{v^2 \cdot f}{127 \cdot r} \cdot \left[ \frac{\text{m}}{(\text{km} \cdot \text{h}^{-1})^2} \right] \quad Q_{tk} = 39.127 \cdot \text{kN}$$

Svislé přetížení od odstr. síly:

$$r_{Qt} := 1.8\text{m} + 1.3\text{m} = 3.1\text{m} \quad \dots \text{rameno ke středu klenby}$$

$$P_{Qtk} := \frac{Q_{tk} \cdot r_{Qt}}{0.5b_{ef}} \quad P_{Qtk} = 64.257 \cdot \text{kN}$$

$$q_{Qvk} := \frac{4.250\text{kN}}{6.4\text{m} \cdot b_{ef}} = 41.388 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad p_{Qtk} := \frac{P_{Qtk}}{6.4\text{m} \cdot 0.5b_{ef}} = 5.319 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\Delta q_{Qz} := \frac{q_{Qvk} \cdot e_z}{0.5b_{ef}} = 1.827 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \dots \dots \dots \text{prírůstek z excentricity kolových sil}$$

$$\Sigma q_{Qvk} := (q_{Qvk} + p_{Qtk} + \Delta q_{Qz}) \cdot \Phi_3 \quad \dots \dots \text{LC4}$$

$$\Sigma q_{Qvk} = 95.533 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \dots \dots \text{výsledná charakteristická hodnota svislého zatížení dopravou na 1m výsek}$$

 $K_{a,zv} := 0.35$  ..... koef. aktivního zvýšeného tlaku zeminy pro zatížení dopravou

$$\Sigma q_{Qvk.x} := K_{a,zv} \cdot \Sigma q_{Qvk} \cdot \frac{1}{\Phi_3} = 16.987 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \dots \dots \text{zvětšení zemního tlaku od pohyblivého zat. = nápravy (bez dyn. souč.)}$$

$$\Sigma q_{qvk} := \left( \frac{q_{vk}}{b_{ef}} + p_{Qtk} + \Delta q_{Qz} \right) \cdot \Phi_3$$

$$\Sigma q_{qvk} = 55.777 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \dots \dots \text{rovnorné zatížení LM71}$$

$$\Sigma q_{qvk.x} := K_{a,zv} \cdot \Sigma q_{qvk} \cdot \frac{1}{\Phi_3} = 9.918 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \dots \dots \text{zvětšení zemního tlaku od pohyblivého zat. rovnorného (bez dyn. souč.)}$$

Klenba je součástí integrovaného systému s násypem, proto zjednodušeně nebudeme uvažovat s nerovnoměrným bočním tlakem, resp. jednostranným zemním tlakem od pohyblivého zatížení - jednostranný tlak je eliminován pasivním odporem druhé opěry. Z tohoto důvodu lze konstatovat, že klenba není namáhána nerovnoměrným vodorovným tlakem a boční tlaky uvažujeme pouze symetrické.

Boční ráz:

Vodorovná síla v nejnepříznivější poloze, působí vodorovně v úrovni TK

$$Q_{sk} := 100\text{kN}$$

Tato hodnota bude násobena součinitelem zatížení a neuvažuje se s dyn. součinitelem

Pro mezní stav únosnosti bude uvažováno se souč. zatížení:  $\gamma_Q = 1.3$ 

svislý účinek bočního rázu:

-uvážíme jako dvojici sil působící na polovině roznášecí šířky

rameno působistě ke středu klenby:  $r_{Qs} := 1.22\text{m}$ 

$$P_{Qsk} := \frac{Q_{sk} \cdot r_{Qs}}{\frac{b_{ef}}{2}} \quad P_{Qsk} = 64.631 \cdot \text{kN} \quad \dots \dots \text{přetížení / odlehčení od boč. rázu}$$

podélný roznos na 3 pražce...  $b_{d,ef} := 1.66\text{m}$

$$q_{PQsk} := \frac{P_{Qsk}}{b_{d.ef} \cdot b_{efl}} \quad \boxed{q_{PQsk} = 11.135 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}} \quad \dots \text{LC5}$$

Rozjezdové a brzdící síly:

Nemají vliv na zatížitelnost NK

5) Nahodilé proměnné zatížení - vítr:

Na mosty dle ČSN EN 1991-1-4 kap. 8.

výsledná síla od větru v příčném směru mostu:  $F_w := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref.x}$

$v_b$  ..... základní rychlost větru  $\rho := 1.25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ..... hustota vzduchu

$$v_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

$v_{b,0} := 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ..... výchozí základní rychlost pro Č.Metuje - větrová obl. II, zároveň je to max. doporučená hodnota pro současné působení větru s dopravou

$c_{dir} := 1$  ..... součinitel směru větru - doporučena hodnota = 1,0

$c_{season} := 1$  ..... součinitel roč. období - doporučena hodnota = 1,0

$$v_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad v_b = 25 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Určení referenční plochy (větre vystavené plochy) - A<sub>ref</sub>:

prodyšné zábradlí a jiné kce (svodidla a protidotyky, ochrana) - za každý kus se bere výška pro výpočet plochy hodnotou 0,3 m ( platí i pro druhou stranu mostu )

$d := 1.5 \text{ m}$  ..... výška NK včetně římsy (průměrná)  $h_{tk} := 0.216 \text{ m}$  .... přesah TK ponad římsu

$$d_{tot,1} := 2 \cdot 0.3 \text{ m} + d + h_{tk}$$

$d_{tot,1} = 2.316 \text{ m}$  ..... ref. výška pro most bez dopravy

$$d_{tot,2} := d + 4 \cdot m + h_{tk}$$

$d_{tot,2} = 5.716 \text{ m}$  ..... ref. výška pro most s dopravou, uvažuje se na celé délce železničního mostu

$l_{nk} := L_x$  ..... délka NK mostu  $L_x = 2.39 \text{ m}$

$$A_{ref,x} := d_{tot,2} \cdot l_{nk} \quad A_{ref,x} = 13.661 \text{ m}^2$$

$C$  ..... součinitel zatížení větrem

$$C := c_e \cdot c_{f,x}$$

$c_e := 2.3$  ..... součinitel expozice závislý od kategorie terénu a výšky nad terénem - běžně dle obr.4.2 ( kat. ter. II a výška cca 10 m nad ter.)

$c_{f,x}$  ..... součinitel sil pro zatížení NK větrem, pro mosty platí:

$c_{f,x} := c_{fx,0}$  ..... součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců dle obr. 8.3, pro běžné mosty přípustné brát hodnotu 1,3

$c_{fx,0} := 2.3$  ..... pro výšku  $d_{tot,2}$  (doprava na mostě)

$$C_w := c_e \cdot c_{fx,0} \quad C = 5.29$$

$$\text{tlak větru:} \quad w_w := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \quad w_w = 2.066 \cdot \text{kPa}$$

Rovnoměrné zatížení větrem na délku mostu s dopravou :

$$q_{w.sk1} := w_w \cdot 4\text{m} \quad q_{w.sk1} = 8.266 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1} \quad \text{..... zatížení větrem na pohyblivém zatížení přeneso polovina efektivní šířky}$$

$$q_{w.sk2} := w_w \cdot (0.3\text{m} + d + h_{tk}) \quad q_{w.sk2} = 4.166 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1} \quad \text{..... zatížení na NK přeneso polovina klenby}$$

$$r_{w1} := 3.3\text{m} \quad \text{..... vítr na dopravu}$$

$$r_{w2} := 0.65\text{m} \quad \text{..... vítr na NK}$$

$$P_{qw1} := \frac{q_{w.sk1} \cdot r_{w1}}{0.5b_{ef}} \cdot \frac{1}{0.5b_{ef}} \quad P_{qw1} = 7.655 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{..... přetížení od větra na vlak}$$

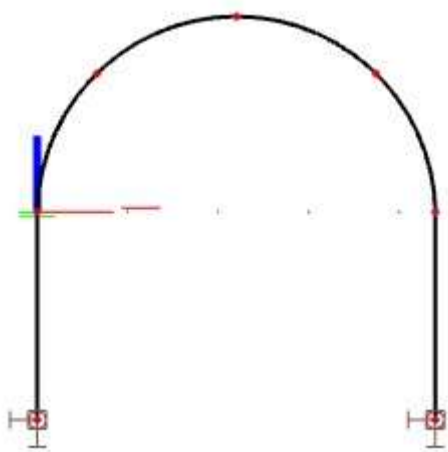
$$P_{qw2} := \frac{q_{w.sk2} \cdot r_{w2}}{0.5b_0} \cdot \frac{1}{0.5b_0} \quad P_{qw2} = 0.442 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{..... vítr na konstrukci zanedbáme}$$

$$\text{součinitel kombinace pro vítr:} \quad \psi_{0w} := 0.75$$

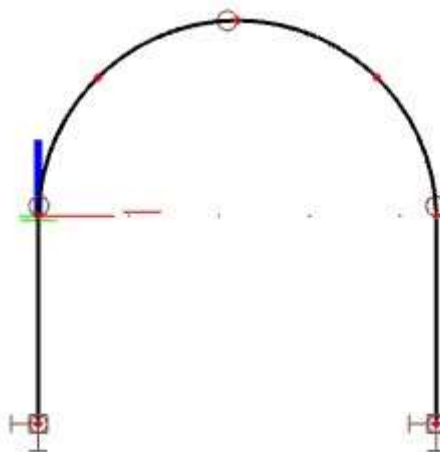
$$\psi_{0w} \cdot P_{qw1} = 5.741 \cdot \text{kPa} \quad \text{..... LC6}$$

## 8 Výpočet vnitřních sil

výpočtový model 1:



výpočtový model 2 - plastické klouby:



Konstrukce byla spočítána v prvním kroku bez kloubů, excentricita  $e=M/N$  v nejvíce namáhaných průřezech však byla mimo jádra průřezu a posudek s vyloučeným tahem nebylo možné provést, tah ve vrcholu a v patách klenby byl příliš veliký. Proto v druhém kroku byly do modelu vloženy plastické klouby.

Lineární výpočet

Skupina výsledkov: Všetky MSÚ

Súradný systém: Hlavné

Extrém 1D: Globálny

Výber: B11, B13

Názov	dx [mm]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B11	897,455+	CO2/1	<b>-53,69</b>	<b>0,00</b>	-0,27	<b>0,00</b>	1,09	<b>0,00</b>
B13	1345,614+	CO3/2	-148,96	0,00	<b>32,66</b>	0,00	-14,55	0,00
B13	897,455-	CO3/2	-164,02	0,00	-6,90	0,00	<b>-20,38</b>	0,00
B11	1345,614+	CO1/3	-132,65	0,00	-30,12	0,00	<b>13,42</b>	0,00
B11	0,000	CO3/4	<b>-347,43</b>	0,00	<b>-44,72</b>	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Názov	Kľúč kombinácií
CO2/1	LC1 + LC2 + 1.30*LC3
CO3/2	1.30*LC1 + 1.30*LC2 + LC3 + 1.30*LC4.1 + 1.30*LC5 + 1.30*LC6.1
CO1/3	1.30*LC1 + 1.30*LC2 + 1.30*LC3 + 1.30*LC4.1 + 1.30*LC6.1
CO3/4	1.30*LC1 + 1.30*LC2 + LC3 + 1.30*LC4.2 + 1.30*LC5 + 1.30*LC6.2

Kritická kombinace 1 pre max. excentricitu:

$$M_{sd1} := 20.38 \text{ kNm}$$

$$N_{sd1} := 164.02 \text{ kN}$$

Kritická kombinace 2 pre min. excentricitu:

$$M_{sd2} := 0 \text{ kNm}$$

$$N_{sd2} := 347.43 \text{ kN}$$

Kritická kombinace 3 pre excentricitu s veľkým tlakem:

$$M_{sd3} := 13.42 \text{ kNm}$$

$$N_{sd3} := 132.65 \text{ kN}$$

## 9 Mezní stav únosnosti - únosnost zděného průřezu pro normálové napětí

### Nevyztužené zděné stěny zatížené zejména tlakem - kombi 1

$$< = N_{Rd} \quad t_v = 0.4 \text{ m}$$

Posouzení pro hlavu (patu) stěny:

Plocha stěny:  $A_t := t_v \cdot 1 \text{ m} = 0.4 \text{ m}^2 > 0.1 \text{ m}^2$  ..... nemusí se násobit pevnost zdiva dle 6.1.2.1 (3)

$$N_{Ed} \quad L_s := 3.59 \text{ m} \quad \text{..... délka střednice klenby}$$

$$h_{ef} := 0.54 \cdot L_s = 1.939 \text{ m} \quad \text{..... vzpěrná výška stěny}$$

$$e_{ne} := 0 \text{ m} \quad \text{..... výstřednost v důsledku vodorovného zat.}$$

$$e_{init} := \frac{h_{ef}}{450} \quad e_{init} = 4.308 \cdot \text{mm}$$

$$e_{i1} := \frac{M_{sd1}}{N_{sd1}} + e_{ne} + e_{init} \quad e_{i1} = 0.129 \text{ m} < \frac{t_v}{3} = 0.133 \text{ m}$$

excentricita vyhovuje

$$\Phi_{i1} := 1 - 2 \cdot \frac{e_{i1}}{t_v} \quad \Phi_{i1} = 0.357$$

$$N_{Rd1} := \Phi_{i1} \cdot t_v \cdot f_d \cdot 1 \text{ m} \quad N_{Rd1} = 274.118 \cdot \text{kN}$$

$$N_{Ed1} := N_{sd1}$$

Posouzení :  $N_{Ed1} = 164.02 \cdot \text{kN} < N_{Rd1} = 274.118 \cdot \text{kN}$  **vyhovuje i pro kombinaci 6.10 (není nutno počítat s redukcí dle kombi 6.10a a 6.10b)**

Ověření štíhlosti:  $I_y := \frac{1}{12} \cdot 1\text{m} \cdot t_v^3$   $I_y = 5.333 \times 10^{-3} \text{m}^4$   $i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_t}} = 0.115 \text{m}$  využití :  $\frac{N_{Ed1}}{N_{Rd1}} = 0.598$

$$\lambda := \frac{h_{ef}}{i_y} = 16.789 < 27 \quad \text{vyhovuje štíhlost}$$

Posouzení pro střed stěny:  $e_{nm} := 0\text{mm}$  ....výstřednost od bočního zatížení  
 $e_k := 0\text{mm}$  ....výstřednost vlivem dotvarování neuvažujeme  
 $t_{ef} := t_v$

$$e_{m1} := \frac{M_{sd1}}{N_{sd1}} + e_{nm} + e_{init}$$

$$e_{mk1} := e_{m1} + e_k = 0.129 \text{m} \quad \text{..... zmenšující součinitel odčítáme z přílohy G - ČSN EN 1996-1-1}$$

$$\frac{e_{mk1}}{t_v} = 0.321 \quad \text{....} =$$

$$\Phi_m := 0.5$$

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} = 4.846 \quad \text{....} =$$

$$N_{Rd1m} := \Phi_m \cdot t_v \cdot f_d \cdot 1\text{m} \quad N_{Rd1m} = 383.71 \cdot \text{kN}$$

Posouzení :  $N_{Ed1} = 164.02 \cdot \text{kN} < N_{Rd1m} = 383.71 \cdot \text{kN}$  **vyhovuje i pro kombinaci 6.10**

**Nevyztužené zděné stěny zatížené zejména tlakem - kombi 2**

$$\text{využití : } \frac{N_{Ed1}}{N_{Rd1m}} = 0.427$$

$$M_{sd2} = 0 \quad N_{sd2} = 347.43 \cdot \text{kN}$$

$$\Phi_{i2} := 1 \quad \text{..... centrický tlak v patě}$$

$$N_{Rd2} := \Phi_{i2} \cdot t_v \cdot f_d \cdot 1\text{m} \quad N_{Rd2} = 767.421 \cdot \text{kN}$$

$$N_{Ed2} := N_{sd2}$$

Posouzení :  $N_{Ed2} = 347.43 \cdot \text{kN} < N_{Rd2} = 767.421 \cdot \text{kN}$  **vyhovuje i pro kombinaci 6.10**

**Nevyztužené zděné stěny zatížené zejména tlakem - kombi 3**

$$e_{i3} := \frac{M_{sd3}}{N_{sd3}} + e_{ne} + e_{init} \quad e_{i3} = 0.105 \text{m}$$

$$\Phi_{i3} := 1 - 2 \cdot \frac{e_{i3}}{t_v} \quad \Phi_{i3} = 0.473$$

$$N_{Rd3} := \Phi_{i3} \cdot t_v \cdot f_d \cdot 1\text{m} \quad N_{Rd3} = 362.697 \cdot \text{kN}$$

$$N_{Ed3} := N_{sd3}$$

Posouzení :  $N_{Ed3} = 132.65 \cdot \text{kN} < N_{Rd3} = 362.697 \cdot \text{kN}$  **vyhovuje i pro kombinaci 6.10**

### Nevyztužené zděné stěny namáhané smykem

$$\text{využití : } \frac{N_{Ed3}}{N_{Rd3}} = 0.366$$

Kritická kombinace 1 pro max. smyk:  $V_{sd1} := 30.12 \text{ kN}$   $N_{1sd} := 132.65 \text{ kN}$

Kritická kombinace 2 pro smyk za min. tlaku:  $V_{sd2} := 44.72 \text{ kN}$   $N_{2sd} := 347.43 \text{ kN}$

$f_b := 40.18 \text{ MPa}$  .... normalizovaná pevnost staviva dle STP

$f_{vk0} := 0.1 \text{ MPa}$  ..... charakt. pevnost v smyku za nulového tlaku, doporučená hodnota

$$\sigma_{d1} := \frac{N_{1sd}}{A_t} = 0.332 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{d2} := \frac{N_{2sd}}{A_t} = 0.869 \cdot \text{MPa} \quad \text{..... tlakové napětí v průřezoch}$$

Zdivo bude prespárováno, proto použijeme pro výpočet charakteristické pevnosti podle vztahu 3.5

$$f_{vk1} := f_{vk0} + 0.4\sigma_{d1} = 0.233 \cdot \text{MPa} \quad < = \quad 0.065f_b = 2.612 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vk2} := f_{vk0} + 0.4\sigma_{d2} = 0.447 \cdot \text{MPa}$$

Návrhová pevnost zdiva:

$$f_{vd1} := \frac{f_{vk1}}{\gamma_M} = 0.105 \cdot \text{MPa} \quad \text{..... návrhová smyková pevnost zdiva pro kombi 1}$$

$$f_{vd2} := \frac{f_{vk2}}{\gamma_M} = 0.202 \cdot \text{MPa} \quad \text{..... pro kombi 2}$$

$l_c := 1 \text{ m}$  .... délka tlačené části stěny

$$V_{Rd1} := f_{vd1} \cdot t_p \cdot l_c \quad V_{Rd1} = 52.636 \cdot \text{kN} \quad V_{Rd2} := f_{vd2} \cdot t_v \cdot l_c \quad V_{Rd2} = 80.983 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Ed1} := V_{sd1} \quad V_{Ed2} := V_{sd2}$$

Posouzení :  $V_{Ed1} = 30.12 \cdot \text{kN} < V_{Rd1} = 52.636 \cdot \text{kN}$   
 $V_{Ed2} = 44.72 \cdot \text{kN} < V_{Rd2} = 80.983 \cdot \text{kN}$

**vyhovuje i pro kombinaci 6.10**

$$\text{využití : } \frac{V_{Ed1}}{V_{Rd1}} = 0.572 \quad \frac{V_{Ed2}}{V_{Rd2}} = 0.552$$

## 10 Stanovení zatížitelnosti klenby - MSÚ

Z hlediska MSÚ všechna posouzení vyhovují návrhové kombinaci 6.10 (bez redukce stálého nebo pohyblivého zatížení), z tohoto důvodu lze konstatovat, že zatížitelnost z hlediska MSÚ je větší než 1,0 LM71.

Konkrétní hodnoty zatížitelnosti stanovíme iteračně pro nejnepríznivější kombinaci jednotlivých typů namáhání. V programu SCIA odečteme vnitřní síly pro zadané hodnoty zatížitelnosti a budeme hledat honoty se 100% využitím unosnosti průřezů, resp. rovnost posudku.

### 1 / Namáhání normálové N+M

Nevyztužené zděné stěny zatížené zejména tlakem - kombi 1

$$\text{zat} = 1,1$$

$$M_{sd1.zat} := 21.99 \text{ kNm} \quad N_{sd1.zat} := 170.22 \text{ kN}$$

$$e_{i1.zat} := \frac{M_{sd1.zat}}{N_{sd1.zat}} + e_{ne} + e_{init} = 0.133 \text{ m} < \frac{t_v}{3} = 0.133 \text{ m}$$

**platí rovnost, proto Z<sub>lm</sub>.NMd = 1,10  
rozhoduje excentricita**

$$\Phi_{i1.zat} := 1 - 2 \cdot \frac{e_{i1.zat}}{t_v} = 0.333$$

$$N_{Rd1.zat} := \Phi_{i1.zat} \cdot t_v \cdot f_d \cdot l_m = 255.191 \cdot \text{kN}$$

$$N_{Ed1.zat} := N_{sd1.zat}$$

Posouzení:  $N_{Ed1.zat} = 170.22 \cdot \text{kN} = N_{Rd1.zat} = 255.191 \cdot \text{kN}$  **vyhovuje**

## 2 / Namáhání smykové

$$V_{sd1.zat} := 57.32 \text{ kN} \quad N_{1sd1.zat} := 194.73 \text{ kN} \quad \boxed{\text{zat} = 2,0}$$

$$\sigma_{d1.zat} := \frac{N_{1sd1.zat}}{A_t} = 0.487 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vk1.zat} := f_{vk0} + 0.4 \sigma_{d1.zat} = 0.295 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{vd1.zat} := \frac{f_{vk1.zat}}{\gamma_M} = 0.133 \cdot \text{MPa}$$

$$V_{Rd1.zat} := f_{vd1.zat} \cdot t_p \cdot l_c = 66.681 \cdot \text{kN}$$

Posouzení:  $V_{sd1.zat} = 57.32 \cdot \text{kN} < V_{Rd1.zat} = 66.681 \cdot \text{kN}$  **platí rovnost, proto Z<sub>lm</sub>.Vd je více než 2,0**

## 11 Mezní stav použitelnosti (MSP)

### 11.1 Mezní stav použitelnosti - svislý průhyb

U konstrukce s rozpětím menším než 20m lze vyšetřit průhyb pouze uprostřed rozpětí.

Průhyb klenby od pohyblivého zatížení - materiál C30/37 - program SCIA:  $w_c := 0.1 \text{ mm}$

$$E_b := 320000 \text{ MPa} \dots \text{beton} \quad E = 4.24 \times 10^4 \cdot \text{MPa} \dots \text{zdivo}$$

$$w_z := w_c \cdot \frac{E_b}{E} \quad \boxed{w_z = 0.755 \cdot \text{mm}} \dots \text{průhyb zděné klenby}$$

Posouzení:  $w_z = 0.755 \cdot \text{mm} < \frac{L_x}{500} = 4.78 \cdot \text{mm}$  **vyhovuje**

### 11.2 Mezní stav použitelnosti - omezení napětí od charakt. zatížení

Kritická kombinace 1 pre max. excentricitu:

$$M_{sk1} := 14.83 \text{ kNm}$$

$$N_{sk1} := 126.21 \text{ kN}$$

Kritická kombinace 2 pre min. excentricitu:

$$M_{sk2} := 0 \text{ kNm}$$

$$N_{sk2} := 266.73 \text{ kN}$$

Kritická kombinace 3 pre excentricitu s velkým tlakem:

$$M_{sk3} := 10.77 \text{ kNm}$$

$$N_{sk3} := 107.33 \text{ kN}$$



Lineární výpočet

Skupina výsledkov: Všetky MSP

Súradný systém: Hlavné

Extrém 1D: Globálny

Výber: B11, B13

Názov	dx [mm]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B13	1345,614+	CO4/1	-118,66	<b>0,00</b>	<b>24,35</b>	<b>0,00</b>	-10,85	<b>0,00</b>
B13	897,455-	CO4/1	-126,21	0,00	-5,36	0,00	<b>-14,83</b>	0,00
B11	1345,614+	CO2/2	-107,33	0,00	-24,17	0,00	<b>10,77</b>	0,00
B11	0,000	CO4/3	<b>-266,73</b>	0,00	<b>-32,44</b>	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B11	0,000	CO5/4	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Názov	Kľúč kombinácií
CO4/1	LC1 + LC2 + LC3 + LC4.1 + LC5 + LC6.1
CO2/2	LC1 + LC2 + 1.30*LC3 + LC4.1 + LC6.1
CO4/3	LC1 + LC2 + LC3 + LC4.2 + LC5 + LC6.2
CO5/4	Žiadne zaťažovacie stavy.

**Nevyztužené zděné stěny - charakt. kombi 1**

$$e_{1k} := \frac{M_{sk1}}{N_{sk1}} = 117.503 \cdot \text{mm} < \frac{t_v}{3} = 133.333 \cdot \text{mm} \quad \dots \text{podmínka posouzení za vylúčeného tahu je splněna}$$

$$\sigma_{sk1} := \frac{2 \cdot N_{sk1}}{(t_v - 2 \cdot e_{1k}) \cdot 1 \text{ m}} = 1.53 \cdot \text{MPa} \quad \dots \text{charakteristické napětí v průřezu za vylouč. tahu}$$

Posouzení:  $\sigma_{sk1} = 1.53 \cdot \text{MPa} < 0.45 \cdot f_k = 1.908 \cdot \text{MPa}$  **vyhovuje i pro kombinaci 6.10**

**Nevyztužené zděné stěny - charakt. kombi 2**

$$\text{využití: } \frac{\sigma_{sk1}}{0.45 f_k} = 0.802$$

centrický tlak

$$\sigma_{sk2} := \frac{N_{sk2}}{t_v \cdot 1 \text{ m}} = 0.667 \cdot \text{MPa} < 0.45 \cdot f_k = 1.908 \cdot \text{MPa} \quad \textbf{vyhovuje i pro kombinaci 6.10}$$

**Nevyztužené zděné stěny - charakt. kombi 3**

$$\text{využití: } \frac{\sigma_{sk2}}{0.45 f_k} = 0.349$$

$$M_{sk3} = 10.77 \cdot \text{kNm} \quad N_{sk3} = 107.33 \cdot \text{kN}$$

$$e_{3k} := \frac{M_{sk3}}{N_{sk3}} = 100.345 \cdot \text{mm} < \frac{t_v}{3} = 133.333 \cdot \text{mm} \quad \dots \text{podmínka posouzení za vylúčeného tahu je splněna}$$

$$\sigma_{sk3} := \frac{2 \cdot N_{sk3}}{(t_p - 2 \cdot e_{3k}) \cdot 1 \text{ m}} = 0.717 \cdot \text{MPa} \quad \dots \text{charakteristické napětí v průřezu za vylouč. tahu}$$

Posouzení:  $\sigma_{sk3} = 0.717 \cdot \text{MPa} < 0.45 \cdot f_k = 1.908 \cdot \text{MPa}$  **vyhovuje i pro kombinaci 6.10**

$$\text{využití: } \frac{\sigma_{sk3}}{0.45 f_k} = 0.376$$

Podmínka rozevření spáry - max. polovina plochy průřezu je jistě splněna, protože excentricita leží v blízkosti jádra průřezu max. ve vzdálenosti 1/3 tl. průřezu, co byla podmínka posudku za vyloučeného tahu.

## 12 Stanovení zatížitelnosti klenby - MSP

Stanovíme iteračně pro nejnepříznivější kombinaci jednotlivého typu namáhání.

1 / Namáhání normálové M+N - omezení napětí:

Nevyztužené zděné stěny - charakt. kombi 1

zat = 1,32

$$M_{sk1.zat} := 18.8 \text{ kNm} \quad N_{sk1.zat} := 141.47 \text{ kN}$$

$$e_{1k.zat} := \frac{M_{sk1.zat}}{N_{sk1.zat}} = 132.89 \cdot \text{mm} < \frac{t_v}{3} = 133.333 \cdot \text{mm} \quad \text{platí rovnost, proto } Z_{lm.NMk} = 1,32 \text{ (rozhoduje excentricita)}$$

$$\sigma_{sk1.zat} := \frac{2 \cdot N_{sk1.zat}}{(t_p - 2 \cdot e_{1k.zat}) \cdot 1 \text{ m}} = 1.208 \cdot \text{MPa} < 0.45 \cdot f_k = 1.908 \cdot \text{MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

## 13 Závěr

Všechna posouzení MSÚ i MSP vyhovují nejnepříznivějším kombinacím, zatížitelnost nosné konstrukce je 1,1 LM71 a nosná konstrukce vyhovuje požadované přechodnosti C4-80.

# Přehled zatížitelnosti pro část mostního objektu

## A Identifikace propustku

TÚ(číslo název)..... 1561 Týniště nad Orlicí (mimo) - Mieroszw (PKP) (část)

DÚ 18 km

8	0	5	1	8
---	---	---	---	---

## B Identifikace části propustku

část mostu: nosná konstrukce, opěra, pilíř, poř. č. (ve směru staničení).....

pod koleji 1

## C Doplnující data pro část propustku

Kategorie zatížitelnosti: ...C

Výpočetní model: prutová rovinná konstrukce - klenba

Geometrie koleje uvažovaná v přepočtu pro část mostu v jejím profilu (ve směru staničení)

	na začátku		uprostřed		na konci	
poloměr oblouku	283	(m)	283	(m)	283	(m)
převýšení koleje	130	(mm)	130	(mm)	130	(mm)
excentricita osy koleje	-	(m)	0,038	(m)	-	(m)

Popis závad uvažovaných v přepočtu: Bez závad.....

Poznámka k výpočtu části mostu: NK z r. 1875, výpočet proveden s vyloučením tahu

Datum zjištění zpracovaného stavu mostu -

Správa železnic s.o.  
zpracovatelem přepočtu

...../...../.....  
04 / 08 / 2020

Poř. č.	Prvek (vč. umístění)	Detail	Namáhání	$k_i$	typ	$L_p$	$\phi_i$	$L_\phi$	$\gamma Q, \text{Im}, 71$	viz str.	$Z_{LM71}$	Poznámky
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	klenba	kritický průřez porušený tlakem	normálové napětí, MSÚ	1	S	2,39	1,97	3,78	1,30	15	<b>1,10</b>	
2	klenba	..	svislý průhyb, MSP	1	S	2,39	1,97	3,78	1,00	15	> 3,0	
4	klenba	kritický průřez porušený tlakem	normálové napětí, MSP	1	S	2,39	1,97	3,78	1,00	15	1,32	
5	klenba v uložení	kritický průřez porušený smykem	normálové napětí, MSÚ	1	Q	2,39	1,97	3,78	1,30	15	> 2,0	
6												
7												

Dne 3 / 11 / 2020

zatížitelnost určil: .....Ing. Drajič