


			ČÍSLO SOUPRAVY:
		PO PŘIPOMÍNKOVÉM ŘÍZENÍ	
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	

		EXPROJEKT s.r.o. Heršpická 758/13 619 00 Brno	tel. : +420 533 312 000 E-mail: info@exprojekt.cz ID: dh84e85
---	--	--	---

OBJEDNATEL:		 <div>Správa železnic, státní organizace Stavební správa západ, Sokolovská 278/1955, 190 00 Praha 9</div>		
HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU Ing. David Rose	ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO Bc. David Karel	VYPRACOVAL Ing. Martina Bolješiková	KONTROLOVAL Ing. Martin Chaloupka	
KRAJ: Středočeský	POVĚŘENÝ MŮ: Rakovník / k.ú. Rynholec, Nové Strašecí		STUPEŇ: DŮR	
Přeložka železniční trati v úseku Stochov – Nové Strašecí SO 01-19-09 Rekonstrukce propustku v km 46,336			ZAK. ČÍSLO 003-2018	
			MĚŘITKO -	POČET FORMÁTŮ 16 x A4
			DATUM: 01/2022	
			ČÁST DOKUM. D.2.1.4.1	PŘÍLOHA 5
Zjednodušený statický přepoččet				

Obsah

1	Technická zpráva.....	3
1.1	Identifikační a základní údaje.....	3
1.2	Úvod.....	4
1.3	Základní údaje	4
2	Použité výpočetní programy, statické modely.....	5
2.1	Použité výpočetní programy	5
2.2	Statický model v programu GEO5 – MKP.....	5
2.3	Vliv typu okolní zeminy.....	5
3	Zatížení a kombinace zatížení.....	6
3.1	Úvod ke stanovení zatížení	6
3.2	Výpočet zatížení	6
3.2.1	Stálá zatížení	6
3.2.2	Proměnná zatížení	7
3.3	Kombinace zatížení.....	10
3.3.1	Mezní stav únosnosti	10
4	Vyhodnocení napětí	11

1 Technická zpráva

1.1 Identifikační a základní údaje

Stavba:	Přeložka žel trati v úseku Stochov - Nové Strašecí
Objekt:	SO 01-19-09 Rekonstrukce propustku v km 46,336
Katastrální území:	Nové Strašecí [706744]
Obec:	Nové Strašecí [542164]
Kraj:	Středočeský
Investor, objednatel:	Správa dopravní železniční cesty, státní organizace Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1 – Nové Město zastoupena organizační jednotkou: Správa dopravní železniční cesty, státní organizace Stavební správa západ Sokolovská 278 190 00 Praha 9
Zpracovatel přípravné dokumentace:	EXprojekt s.r.o., Heršpická 758/13, 619 00 Brno
Odpovědný projektant stavby:	Ing. Petr Libosvár
Odpovědný projektant SO:	Bc. David Karel
Vypracoval:	Ing. Martina Bolješiková
Stávající vlastník mostního objektu:	Česká republika, s právem hospodaření Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1 – Nové město
Nový vlastník mostního objektu:	Česká republika, s právem hospodaření Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1 – Nové město
Správce mostního objektu:	Správa mostů a tunelů Partyzánská 24 170 00 Praha 7

Staničení evidenční:	km 46,336
Staničení stavební:	km 46,297
Trať:	120 Praha – Kladno – Rakovník (celostátní)
Traťový úsek:	0101 Praha Bubny – Chomutov
Definiční úsek:	20 Stochov – Nové Strašecí
Účel objektu:	občasná vodoteč
Šírá trať / staniční obvod:	šírá trať
Počet kolejí na mostě/propustku:	
- stávající stav:	1 kolej
- nový stav:	1 kolej
Směrové poměry:	
- stávající stav:	v oblouku
- nový stav:	v oblouku
Sklonové poměry:	
- stávající stav:	niveleta klesá ve sklonu 9,5‰
- nový stav:	niveleta klesá ve sklonu 9,73‰
Traťová třída:	

- stávající:	C2
- výhledová:	C2
Traťová rychlost:	
- mimo most ve stávajícím stavu:	80 km/hod
- mimo most v novém stavu:	85 km/hod
- na mostě ve stávajícím stavu:	80 km/hod
- na mostě v novém stavu:	85 km/hod
Trakce:	nezávislá

1.2 Úvod

Statické posouzení bylo zpracováno za účelem prokázání vhodnosti stávající konstrukce propustku jako nosné konstrukce železničního propustku dle platných norem – ČSN EN 1991-2, ČSN EN 1990 ed.2 a S 30135/2015-O13 Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů.

Statický přepoččet je proveden zjednodušeně, pro přesné určení zatížitelnosti je potřeba v dalším stupni provést podrobný stavebně-technický průzkum a diagnostiku za účelem zjištění dimenzí konstrukce a vlastností materiálů a geotechnický průzkum pro stanovení parametrů okolní zeminy.

1.3 Základní údaje

Jedná se o klenutý propustek. Stáří objektu je 142 let. Polokruhová klenba, opěry i křídla jsou zhotoveny z části z kamenného zdiva a z části z vápenostruskových cihel. Světlost klenby je 1,20 m. Trať nad propustkem je v oblouku o poloměru $R=345$ m. Výška přesypávky nad konstrukcí je 5,0 m.

Tloušťka jednotlivých průřezů je stanovena odhadem na základě průběhu zdiva a zkušeností.

2 Použité výpočetní programy, statické modely

2.1 Použité výpočetní programy

- Microsoft Office 2010
- GEO5 v 18 CS – MKP

2.2 Statický model v programu GEO5 – MKP

Jako statický model byl volen 2D model, ve kterém byl posouzen 1 bm propustku. Tento 2D model byl tvořen pomocí modeláře pracujícího s elementy MKP. Statický model je v tomto programu tvořen fázemi, které na sebe vzájemně navazují.

Výpočty byly provedeny metodou MKP ve 2D rovině. Samotný výpočet byl nelineární. Dalším důležitým faktorem byl samotný materiálový model reprezentující skutečné chování zemin. Pro výpočet byl výhradně používán materiálový model Mohr-Coloumbův – modifikovaný. Tento materiálový model je nelineární a zohledňuje stavy zeminy po přitížení i odlehčení (nebo změně napjatosti). Je přitom zachována odezva mezi zeminou a konstrukcí propustku. Tímto způsobem je možné značně přiblížit vypočtené výsledky realitě i u složitých úloh. Pro kolejové lože jsme uvažovali elastický model materiálu zeminy, protože paradoxně návrhovou hodnotu zatížení železniční dopravou není schopno kolejové lože ve skutečnosti samo přenést bez vytvoření smykových ploch – návrhové zatížení je ovšem pouze teoretické a v praxi se nemá vyskytovat. Použití elastického materiálového modelu pro kolejové lože bylo nutné pro dosažení potřebné kapacity šterkového lože pod zatíženými pražci.

V programu GEO - MKP je možné vytvořit pouze prutový model konstrukce. Vzhledem k masivním průřezům propustku byl prutový model vytvořen tak, aby co nejlépe vystihoval chování konstrukce.

2.3 Vliv typu okolní zeminy

Vzhledem k tomu, že nebyly provedeny zkoušky zeminy násypu, uvažujeme ve výpočetním modelu tři varianty okolní zeminy – „tuhá“ zemina odpovídající např. šterku hlinitému (G4), „střední“ zemina hlína šterkovitá (F1) a „měkká“ zemina jíl písčitý (F4). Okolní zemina se svými charakteristikami promítne do působícího zemního tlaku a do efektivity zemní klenby.

Porovnali jsme při stejných podmínkách model uložený ve všech třech typech zeminy a výsledky prokázaly, že nejvíce je klenba namáhaná, pokud je okolní zemina „tuhá“ tedy třídy G4. Dále pracujeme s tímto poznatkem.

3 Zatížení a kombinace zatížení

3.1 Úvod ke stanovení zatížení

Konstrukce je posouzena na účinky zatížení dle ČSN EN 1991-1-1, ČSN EN 1991-1-4, ČSN EN 1991-2 a ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí (vč. Příloha A.2). Zatížení od účinků dopravy byla do modelu zadána jako zatížení spojitá v souladu s výše uvedenou normou. Veškerá zatížení byla upravena dle směrnice Určování zatížitelnosti železničních mostů. Zatížení je vždy přepočteno na 1 bm délky posuzované konstrukce.

3.2 Výpočet zatížení

3.2.1 Stálá zatížení

Vlastní tíha klenby

Vlastní tíha konstrukce je generována programem.

$$\gamma_{G,sup}=1,30; \gamma_{G,inf}=1,00$$

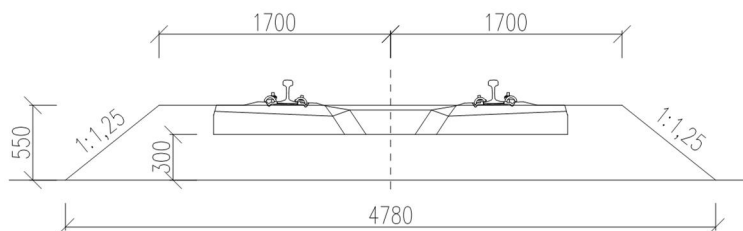
Tíha zemin – G1

Tíhu zemin „měkké“ uvažujeme $18,5 \text{ kN/m}^3$, tíhu zemin „střední“ 19 kN/m^3 , tíhu „tuhé“ zemin 20 kN/m^3 .

$$\gamma_{G,sup}=1,30; \gamma_{G,inf}=1,00$$

Kolejové lože – G2

Uvažujeme tíhu obrysu kolejového lože v širé trati v přímé pro otevřené kolejové lože. Materiál kolejového lože je zadán do programu GEO5. Tíha kolejového lože je tedy též generována programem.



$$\gamma_{G,sup}=1,30; \gamma_{G,inf}=1,00$$

Železniční vršek – G3

Uvažujeme hodnotu $g=6 \text{ kN/m}$ koleje, 300 mm pod pražcem je to spojitě zatížení příčně rozneseno na šířce $b_r=2,8 \text{ m}$, při výšce přesypávky 5,0 m s roznosem 4:1, je zatížení příčně rozneseno na šířku $b_r=5,28 \text{ m}$.

$$g_3 = \frac{g}{b_r} = \frac{6,0}{5,28} = 1,14 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_{G,sup}=1,30; \gamma_{G,inf}=1,00$$

3.2.2 Proměnná zatížení

Svislé proměnné zatížení železniční dopravou se při přepočtu mostního objektu zohledňuje modelem zatížení 71 podle ČSN EN 1991-2 se součinitelem $\alpha=1,00$. Proměnné zatížení kolejovou dopravou se roznáší v příčném směru na šířku $b_r=2,8$ m (=šířka roznášení kolejovým ložem pod prazcem), dále je roznos proveden v poměru 1:4.

Dynamické účinky

Dynamický součinitel uvažujeme pro standardně udržovanou kolej, F_3 . Jeho meze jsou 1,0 – 2,0.

$$F_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_F - 0,2}} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{2,4 - 0,2}} + 0,73 = 2,33 > 2,0, \text{ tedy } F_3 = 2,0.$$

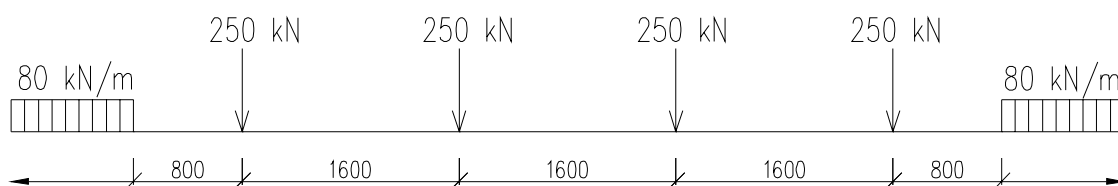
L_F je náhradní délka, v případě klenby se rovná dvojnásobku světlosti otvoru (1,2 m)

V případě klenbové konstrukce či jakékoliv betonové konstrukce s přesypávkou vyšší než 1,0 m se dynamický součinitel snižuje dle vzorce:

$$redF_3 = F_3 - \frac{h - 1,00}{10} = 2,0 - \frac{5,00 - 1,00}{10} = 1,6 \geq 1,0$$

Model zatížení 71 (LM71)

Schéma zatížení:



Klasifikovaná svislá zatížení s klasifikačním součinitelem $\alpha=1,00$:

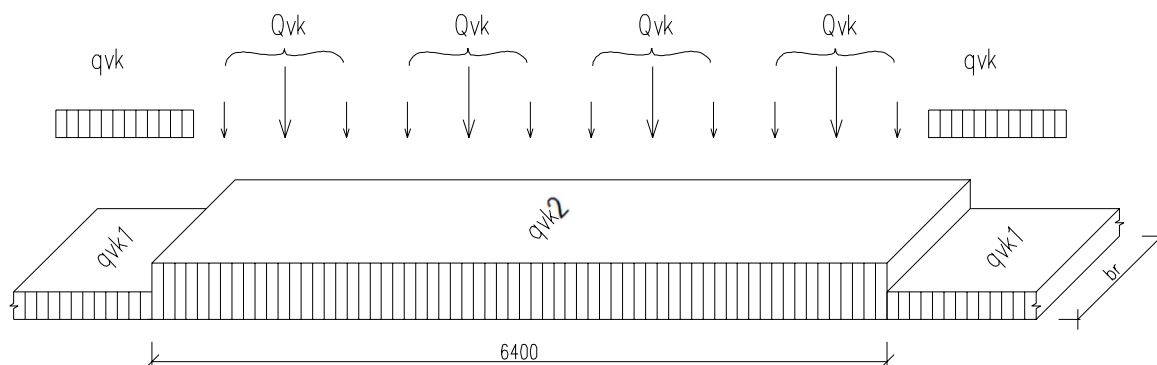
$$q_{vk} = \alpha \cdot 80 = 80 \text{ kN/m}$$

$$Q_{vk} = \alpha \cdot 250 = 250 \text{ kN}$$

$$\gamma_{QLM71}=1,35$$

Roznos pro posouzení účinků při přesypávce 5,00 m

Schéma:



$$q_{vk1} = \frac{q_{vk}}{b_r} = \frac{80}{5,28} = 15,15 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{vk2} = \frac{4 \cdot Q_{vk}}{b_r \cdot 6,4} = \frac{4 \cdot 250}{5,28 \cdot 6,4} = 29,59 \text{ kN/m}^2$$

Vzhledem k velké přesypávce objektu není uvažována excentricita zatížení.

Odstředivé síly

Pro získání redukčního součinitele $f=1,00$ uvažujeme rychlost vlaku 120 km/hod. To znamená, že vodorovné účinky odstředivé síly nebudou násobeny dynamickým součinitelem.

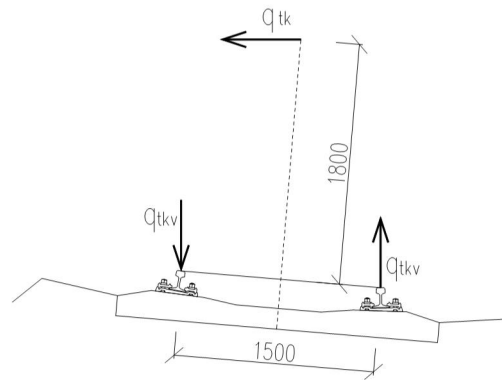
Vzorec pro charakteristickou hodnotu:

$$q_{tk} = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot f \cdot q_{vk}$$

Svislé účinky

Vodorovné účinky vyvodí dvojici sil, kdy jedna z nich odlehčuje a druhá přitěžuje kolejnicové pásy. Nás zajímá síla přitěžující, která se přenáší do kolejového lože a níže jako ostatní svislé síly.

Využijeme roznosu sil u modelu zatížení LM71. Z roznesených sil q_{vk} získáme vodorovné účinky odstředivé síly. Z nich potom dle vzorce výše účinky svislé, které budou odpovídat rozneseným účinkům od modelů zatížení LM71. Nás zajímá pouze účinek přitížení od odstředivé síly.



$$q_{tkv1} = \frac{1,8}{1,5} \cdot \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot f \cdot q_{vk1LM71} = \frac{1,8}{1,5} \cdot \frac{120^2}{127 \cdot 345} \cdot 1,0 \cdot 15,15 = 5,97 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{tkv2} = \frac{1,8}{1,5} \cdot \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot f \cdot q_{vk2LM71} = \frac{1,8}{1,5} \cdot \frac{120^2}{127 \cdot 345} \cdot 1,0 \cdot 29,59 = 11,67 \text{ kN/m}^2$$

$$v_{Qtk}=1,35$$

Boční ráz

Osamělá síla $Q=100$ kN, která působí vodorovně v úrovni temene kolejnice.

Klasifikované zatížení: $a=1,00$, $Q_{sk} = a \cdot Q = 1,00 \cdot 100 = 100$ kN

Síla se roznese na tři pražce: $\frac{Q_{sk}}{2} + 2 \cdot \frac{Q_{sk}}{4} = 50 + 2 \cdot 25$

Svislá složka vyvolaná excentricitou r_k , což je vzdálenost ramene kolejnice a horní plochy kolejového lože. $r_k=0,5$ m

$$Q_{skV} = Q_{sk} \cdot \frac{r_k}{1,5} = 100 \cdot \frac{0,5}{1,5} = 33,33 \text{ kN},$$

Plocha, na kterou svislá složka působí:

příčně - $a = \frac{b_r}{2} = \frac{5,28}{2} = 2,64$ m; podélně - $b = 1,6$ m

$$q_{skV} = \frac{Q_{skV}}{2 \cdot a \cdot b} = \frac{33,33}{2,64 \cdot 1,6} = 7,89 \text{ kN/m}^2$$

$\gamma_{Qsk}=1,45$

Brzdě a rozjezdové síly

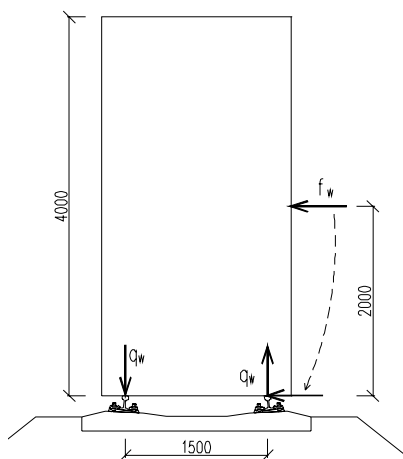
Působení brzdných a rozjezdových sil na přesýpanou nosnou konstrukci neuvažujeme. Nemá vliv na únosnost konstrukce.

Zatížení větrem

Jedná se o vliv větru vanoucího kolmo na kolejové vozidlo nad propustkem. Pro výpočet síly větru použijeme zjednodušenou metodu.

Použijeme normou doporučenou hodnotu součinitele zatížení větrem C pro mosty z tab. 8.2. Sílu větru vypočítáme na výšku vozidla 4,0 m a budeme ji brát na metr běžný koleje. Maximální hodnota rychlosti větru, která se uvažuje při zatížení kolejovou dopravou, je 25 m/s.

$$f_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot 6,7 \cdot 4 = 10,47 \text{ kN/m}$$



Toto spojitě vodorovné zatížení působí ve výšce 2,0 m nad temenem kolejnice a na nosnou konstrukci působí ve směru vodorovném i ve směru svislém. Svislá složka je vyvolaná excentricitou $r_k = 2 + 0,5 = 2,5$ m, což je vzdálenost působící síly a pláň železničního svršku.

$$q_w = f_w \cdot \frac{r_k}{1,5} = 10,47 \cdot \frac{2,5}{1,5} = 17,45 \text{ kN/m}$$

Svislý účinek příčně působí na délce $b_r/2$: $q_{wV} = \frac{q_w}{b_r/2} = \frac{17,45}{2,64} = 6,60 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_{Qw}=1,5$

3.3 Kombinace zatížení

3.3.1 Mezní stav únosnosti

Kombinace zatížení budou provedeny dle ČSN EN 1990 ed. 2. Pro posouzení mezního stavu únosnosti použijeme méně příznivou kombinaci z dvojice vztahů 6.10a a 6.10b. Doporučené hodnoty kombinačních součinitelů jsou dle Tabulka A2.3 – Doporučené hodnoty součinitelů γ železničních mostů.

Obecné vzorce pro získání maximálního účinku návrhové kombinace jsou:

6.10a:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \Psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

6.10b:

$$\sum_{j \geq 1} \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Hodnoty součinitelů γ :

pro boční ráz $\gamma = 1,0$

pro zatížení větrem $\gamma = 1,0$

pro odstředivou sílu od LM71 $\gamma = 0,80$

pro svislý tlak přitížení od zatížení dopravou $\gamma = 0,8$

4 Vyhodnocení napětí

Rozhodující případ zatížení bylo zatížení zeminou G4 a umístění zatížení na 1/2 klenby. Rozhodující oblast pro posouzení je vršek klenby (tedy 1/4 nosníku), kde je nejužší průřez a zároveň zde působí největší ohybový moment.

Rozhodující kombinace zatížení je 6.10b.

Napětí na konstrukci se pohybuje max do hodnoty okolo 200 kPa. Z toho lze konstatovat, že zatížitelnost konstrukce $Z_{LM71} > 1,00$. Přesnější hodnotu zatížitelnosti je nutno určit v dalším stupni dokumentace na základě stavebně-technického průzkumu po ověření tloušťek průřezu a stanovení pevnosti materiálu a geotechnický průzkum pro stanovení parametrů okolní zeminy.

V Brně, březen 2019

Zpracovala: Ing. Martina Bolješiková, EXprojekt s.r.o.