

PO PŘIPOMÍNKÁCH

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	Aktualizace	09/2020
02	-	-
03	-	-

Objednatel:



SŽDC, s.o.
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1
tel.: +420 222 335 777
e-mail: szdc@szdc.cz

Generální projektant:



SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
tel.: +420 267 094 111
e-mail: praha@sudop.cz

Zpracovatel části:

PRISTA s.r.o.

Hviezdoslavova 614/16
400 03, Ústí nad Labem
IČ: 067 60 163
tel.: +420 724 227 712
e-mail: cerny.prista@gmail.com

Hlavní inženýr projektu:

ING. JIŘÍ PROKÚPEK

Garant profese:

DLE PŘÍLOH

Středisko:

ELEKTROTECHNIKY, TRAKCE, SDĚLOVACÍ A ZABEZPEČOVACÍ TECHNIKY

Vedoucí střediska:

ING. MARTIN RAIBR

Odpovědný projektant SO, IO, PS:

Ing. Martin Klomínský

Vypracoval:

Ing. Martin Klomínský

Kontroloval:

Ing. Martin Klomínský

Název akce:

Zlepšení provozních parametrů trati Jaroměř - Stará Paka

Číslo smlouvy:

17 291 208

Projektový stupeň:

PD

Část:

MOSTY, PROPUSTKY A ZDI
SO 11-14-01 Most ev. km 41,301

Datum:

06/2018

Číslo části:

E.1.4

Název přílohy:

STATICKÝ VÝPOČET

Měřítko:

Počet formátů:

14xA4

Číslo přílohy:

5

1	Technická zpráva ke statickému přepočtu.....	2
1.1	Základní údaje	2
1.2	Předmět stanovení zatížitelnosti a přechodnosti	2
1.3	Technický popis jednotlivých stavebních konstrukcí	2
2	Předpoklady výpočtu	3
2.1	Obecné předpoklady výpočtu.....	3
2.2	Přehled využívaných norem a použité literatury.....	3
2.3	Podklady pro zpracování statického přepočtu.....	3
2.4	Výpočetní pomůcky	3
2.5	Kategorie zatížitelnosti.....	4
2.6	Geometrie	4
2.6.1	Konstrukce mostu	4
2.6.2	Kolej na mostě	4
2.7	Model konstrukce.....	4
2.8	Úplná identifikace autora výpočtu	5
3	Zatížení konstrukce	5
3.1	Stálé zatížení	5
3.1.1	Vlastní tíha nosné konstrukce (ZS 1).....	5
3.1.2	Ostatní stálá zatížení (ZS 2)	5
3.2	Nahodilá zatížení.....	5
3.2.1	Model zatížení 71.....	5
3.2.4	Boční ráz	6
3.2.5	Zatížení větrem	7
4	Stanovení zatížitelnosti předpjatého trámu	8
4.1	Stanovení napětí v krajních vláknech od předpětí	8
4.2	Stanovení napětí v krajních vláknech od jednotlivých zatížení	11
4.3	Stanovení zatížitelnosti	11
5	Rozhodnutí o přechodnosti	11
6	Závěr.....	12
7	Tabulka zatížitelnosti	13

1 Technická zpráva ke statickému přepočtu

1.1 Základní údaje

<i>Evidenční km</i>	41,301
<i>Trat'</i>	Jaroměř – Liberec (kategorie dráhy celostátní), č. 500 dle Prohlášení o dráze
<i>Traťový úsek</i>	1601 Hradec Králové hl. n. – Stará Paka
<i>Definiční úsek</i>	DÚ 08
<i>Počet převáděných kolejí</i>	1
<i>Přemostovaná překážka</i>	Silnice I/33
<i>Počet otvorů</i>	1
<i>Druh spodní stavby</i>	Masivní betonové opěry a rovnoběžná křídla
<i>Prostorová úprava (šikmost)</i>	Pravá - 45°
<i>Členění konstrukcí</i>	Dvojice předpjatých komorových nosníků
<i>Geometrická poloha koleje</i>	Kolej v přímé
<i>Návrhová traťová rychlost</i>	100 km/h
<i>Uvažované zatížení</i>	Traťová třída zatížení C3
<i>Prostorové uspořádání</i>	VMP 2,5

1.2 Předmět stanovení zatížitelnosti a přechodnosti

Předmětem stanovení zatížitelnosti je stávající most tvořený dvojicí komorových nosníků z předpjatého betonu z roku 1966. Most se nachází na trati Jaroměř-Liberec v km 41,301 v intravilánu města Jaroměř.

Součástí dokumentu je také ověření přechodnosti stávajícího mostu pro uvažovanou traťovou třídu C3/100.

1.3 Technický popis jednotlivých stavebních konstrukcí

Nosnou konstrukci pod traťovou kolejí tvoří dva komorové (skříňové) nosníky z předpjatého betonu B500. Nosníky jsou předpjaté soustavou kabelů z patentovaných drátů Ø 4,5 mm. Nosníky mají v polovině rozpětí výšku 1,75 m a k opěrám se střechovitým spádem 2 % zmenšují. Každý komorový nosník je na koncích uložen na čtveřici bodových ložisek. Nad podporami je výška nosníků 1,45 m. Podélná dilatační spára mezi dvěma nosníky jednoho mostu šířky cca 100 mm je kryta měděným plechem. Každý most je ukončen železobetonovými římsami s kabelovými žlaby a mezera mezi mosty je překryta plechem. Spodní stavbu tvoří masivní betonové opěry a rovnoběžná křídla. Opěry jsou děleny dilatační spárou kolmou k lici. Ve vrcholu opěr je v celé jejich tloušťce proveden železobetonový úložný práh.

Z podhledu mají všechny nosníky nedostatečné krytí a obnažené pruty korodují. Nosníky jsou v podhledu místy odřené od provozu pod mostem. Mezi nosníky jsou patrné průsaky s výluhy. Beton římsy místy povrchově degraduje. Na podhledu římsy se tvoří nepravidelné trhliny s průsaky a výluhy, tvoří se krápníky. Povrch opěr je popraskaný a místy se tvoří průsaky.

Mostní svršek je tvořen průběžným kolejovým ložem s kolejnicemi typu S49 na betonových pražcích. Zábradlí na mostě je ocelové, trubkové, městského typu.

2 Předpoklady výpočtu

2.1 Obecné předpoklady výpočtu

Jedná se o přepočet stávajícího objektu s drobnými poruchami, které nemají vliv na celkovou zatížitelnost objektu. Výpočet je proto proveden pro konstrukci bez poruch. Jelikož se nedochovala kompletní dokumentace, je třeba řadu věcí odhadovat (tvar příčníků, kotevní napětí v kabelech, postup napínání atd.).

2.2 Přehled využívaných norem a použité literatury

Při pracích na přepočtu byly používány zejména následující normy a předpisy, všechny v posledním platném znění včetně příslušných změn, oprav a dalších souvisejících předpisů.

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1992 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
- [4] Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti mostních objektů, SŽDC, s. o., 07/2015
- [5] ČSN EN 15528 Železniční aplikace – Traťové třídy zatížení pro určení vztahu mezi dovoleným zatížením infrastruktury a maximálním zatížením vozidla
- [6] Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah
- [7] Hodnocení předpjatých železničních mostů, Ing. Roman Šafář, Ph.D.

2.3 Podklady pro zpracování statického přepočtu.

- Fotodokumentace.
- Výpis z údajů mostů správce
- Protokol o podrobné prohlídce mostu.
- Částečná archivní dokumentace, 11/1963, DRAHPROJEKT PRAHA

2.4 Výpočetní pomůcky

Pro posouzení mostu byly použity tyto programy:

- SciaEngineer 2016, © 2016NemetschekScia,
- MS OFFICE 365, © Microsoft Corporation,

2.5 Kategorie zatížitelnosti

Zatížitelnost určená tímto přepočtem spadá dle SR 5 do kategorie zatížitelnosti C, zatížitelnost stanovená přepočtem stávajícího mostního objektu.

Pro určení přechodnosti se uvažuje traťová třída C3 a rychlost 100 km/h.

2.6 Geometrie

2.6.1 Konstrukce mostu

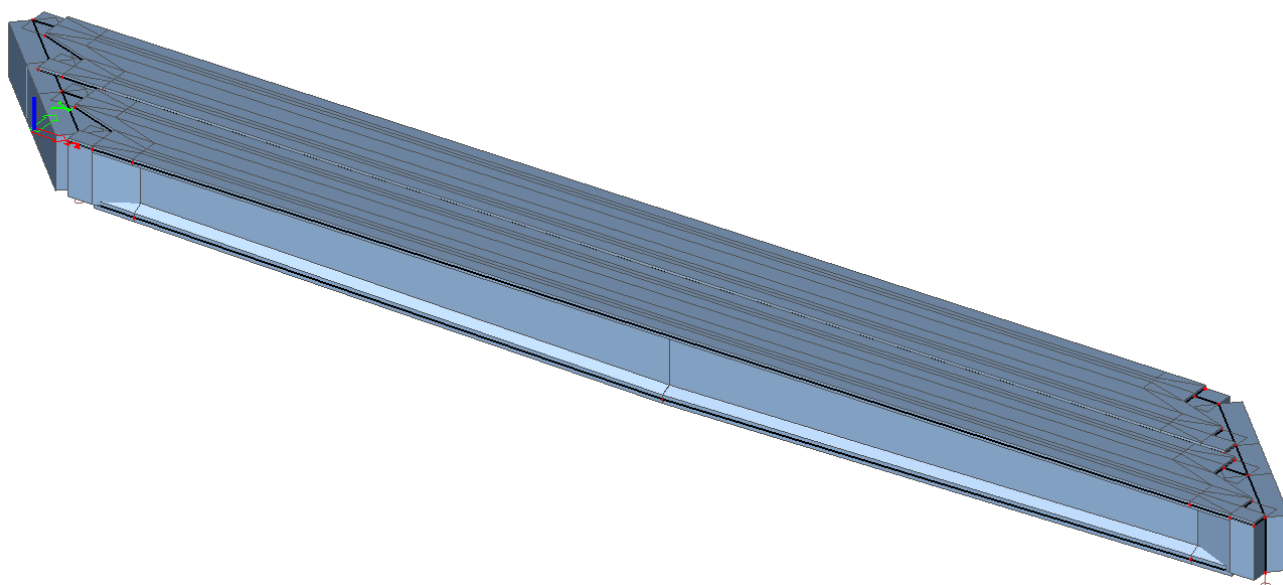
K řešenému mostu se dochovala část archivní dokumentace. Z dokumentace byl převzat tvar komorových nosníků, materiálové charakteristiky, rozmístění předpínací výztuže a způsob podepření.

2.6.2 Kolej na mostě

<i>Počet převáděných kolejí</i>	1
<i>Směrové vedení</i>	Kolej v přímé (navržený stav)
<i>Výškové vedení</i>	Klesá 1,515 ‰
<i>Převýšení</i>	0 mm (navržený stav)
<i>Traťová rychlost</i>	100 km/h (návrhová)
<i>Kvalita jízdní dráhy</i>	Standardně udržovaná kolej

2.7 Model konstrukce

Byl vytvořen prostorový desko-stěnový model, který nejlépe vystihne skutečné působení velmi šikmé konstrukce. Jako materiál byl zadán beton C35/45, který odpovídá původnímu betonu B500. Podepření bylo zadáno čtyřmi bodovými podporami. Předpětí je do modelu zadáno jako zatížení silovými účinky od jednotlivých kabelů.



2.8 Úplná identifikace autora výpočtu

Ing. Martin Klomínský

Autorizovaný inženýr v oboru mosty a inženýrské konstrukce

Číslo autorizace: 0402181



3 Zatížení konstrukce

Zatížení jsou uvažována dle EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Roznos zatížení štěrkovým ložem je uvažován se sklonem 4:1 až do poloviny tloušťky horní desky.

3.1 Stálé zatížení

Při určování zatížitelnosti propustku bude použit součinitel stálého zatížení $\gamma_G = 1,30$ (dle 4.3.6 směrnice).

3.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce (ZS 1)

Zatížení vlastní tíhou nosné konstrukce je v programu vygenerováno ze zadaných průřezových a materiálových charakteristik z databanky programu.

Objemová tíha předpjatého betonu je uvažována hodnotou $25,0 \text{ kN/m}^3$.

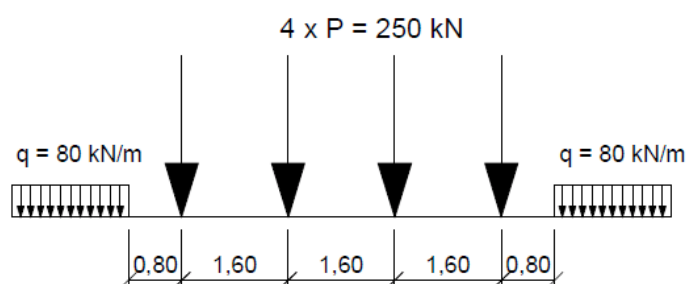
3.1.2 Ostatní stálá zatížení (ZS 2)

Proměnné štěrkové lože (žula, rula... 20 kN/m^3)	$0,52 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3$	$= 10,4 \text{ kN/m}^2$
	$0,91 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3$	$= 18,2 \text{ kN/m}^2$
železobetonové římsy	25 kN/m^3	
kolej (2 kolejnice UIC60, předpjaté betonové pražce)	$6,0 \text{ kN/m} / 2,66$	$= 2,26 \text{ kN/m}^2$

3.2 Nahodilá zatížení

3.2.1 Model zatížení 71

Při určování zatížitelnosti mostu bude použit součinitel proměnného zatížení $\gamma_{Q, LM71} = 1,30$ (dle 4.3.13 směrnice).

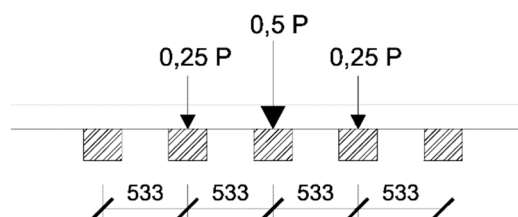


Dynamický součinitel je stanoven pro standardně udržovanou kolej:

$$\Phi = 2,16 / (L_{\Phi}^{0,5} - 0,2) + 0,73 = 1,14$$

Náhradní délka je uvažována hodnotou $L_{\Phi} = 30,0 \text{ m}$

3.2.2 Roznos nápravových zatížení



roznášení kolových tlaků na tři podpory dle čl. 4.3.10 Pokynu

3.2.3 Vliv excentricity svislých zatížení

Dle ČSN EN 1991-2 se musí uvažovat boční posunutí svislých zatížení u všech náprav až do poměru 1,25 : 1,00. Tento předpoklad lze uvažovat jako excentricitu zatížení 0,083 m. Z jednoho pražce se zatížení roznese na plochu 2,84 m x 0,55 m.

Lichoběžníkové zatížení bude mít velikost $107,23 \text{ kN/m}^2$ a $75,23 \text{ kN/m}^2$. Pod sousedními pražci bude zatížení o poloviční velikosti.

3.2.4 Boční ráz

Boční ráz je uvažován osamělou silou 100 kN. Boční ráz již není násoben dynamickým součinitelem.

3.2.5 Zatížení větrem

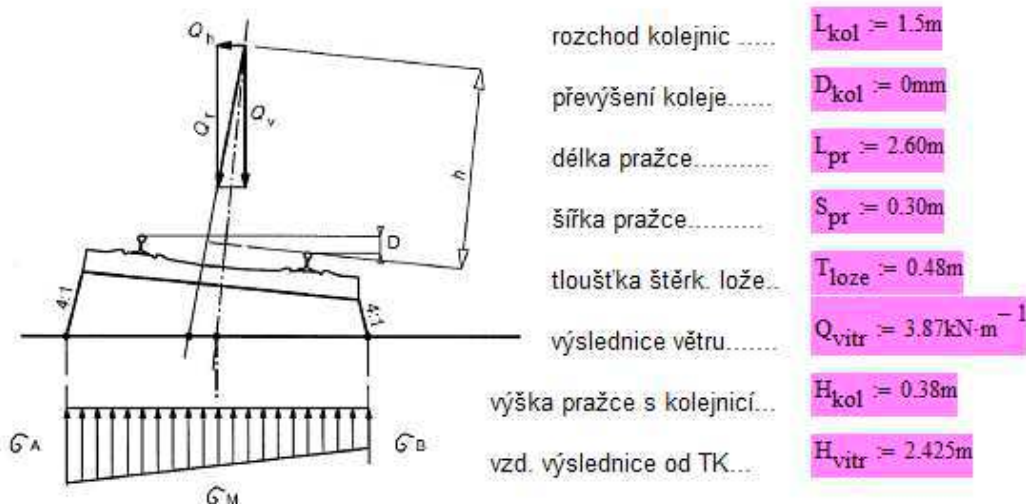
Zatížení větrem je definováno dle ČSN EN 1991-1-4. Působení větru bude uvažováno pouze na vlakovou soupravu, která bude přitěžovat nosnou konstrukci. Působení větru přímo na nosnou konstrukci bude zanedbáno.

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 lože



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

$$\text{šířka: } L_{roz} := L_{pr} + 0.25 \cdot T_{loze} + 0.25 \left[\left(\frac{D_{kol} \cdot L_{pr}}{L_{kol}} \right) + T_{loze} \right] = 2.84 \text{ m}$$

Výsledné napětí pod pražcem pod bodovou silou:

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

$$\sigma_A = 8.075 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$\sigma_B := \left[\frac{-Q_{vitr} \cdot (H_{kol} + H_{vitr})}{(0.16666) \cdot L_{roz}^2} \right]$$

$$\sigma_B = -8.076 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

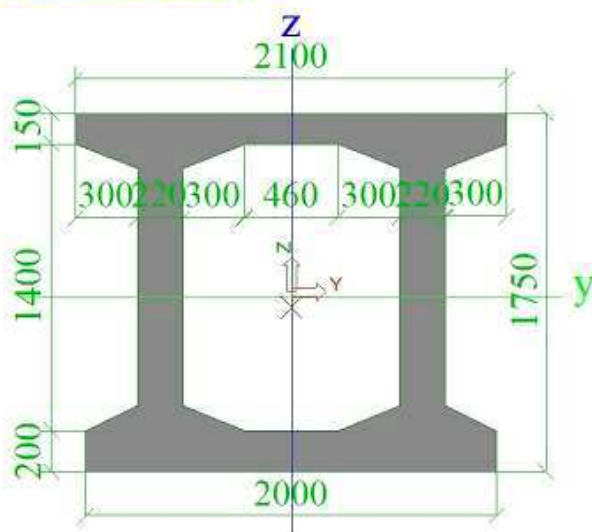
4 Stanovení zatížitelnosti předpjatého trámu

Zatížitelnost bude stanovena na základě mezního stavu omezení napětí. Konstrukce bude zatěžována na takovou míru, aby bylo dosaženo tlakového napětí $0,60f_{ck} = 21,0 \text{ MPa}$ či tahového namáhání $f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$.

4.1 Stanovení napětí v krajních vláknech od předpětí

1. Zadání geometrie:

TRÁM - B500 (C35/15)



Průřezové charakteristiky trámu:

plocha trámu:

$$A_T := 1.469 \text{ m}^2$$

výška trámu:

$$h_T := 1.75 \text{ m}$$

poloha těžiště od počátku:

$$e_{dT} := 851 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti trámu:

$$I_{yT} := 0.60444 \text{ m}^4$$

délka nosníku:

$$l_{nos} := 31.9 \text{ m}$$

Vlastnosti betonu:

modul pružnosti v čase 28 dní:

$$E_{cmT} := 34000 \text{ MPa}$$

char. pevnost betonu v tlaku:

$$f_{ckT} := 35 \text{ MPa}$$

char. pevnost betonu v tahu:

$$f_{ctk005T} := 2.20 \text{ MPa}$$

PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ

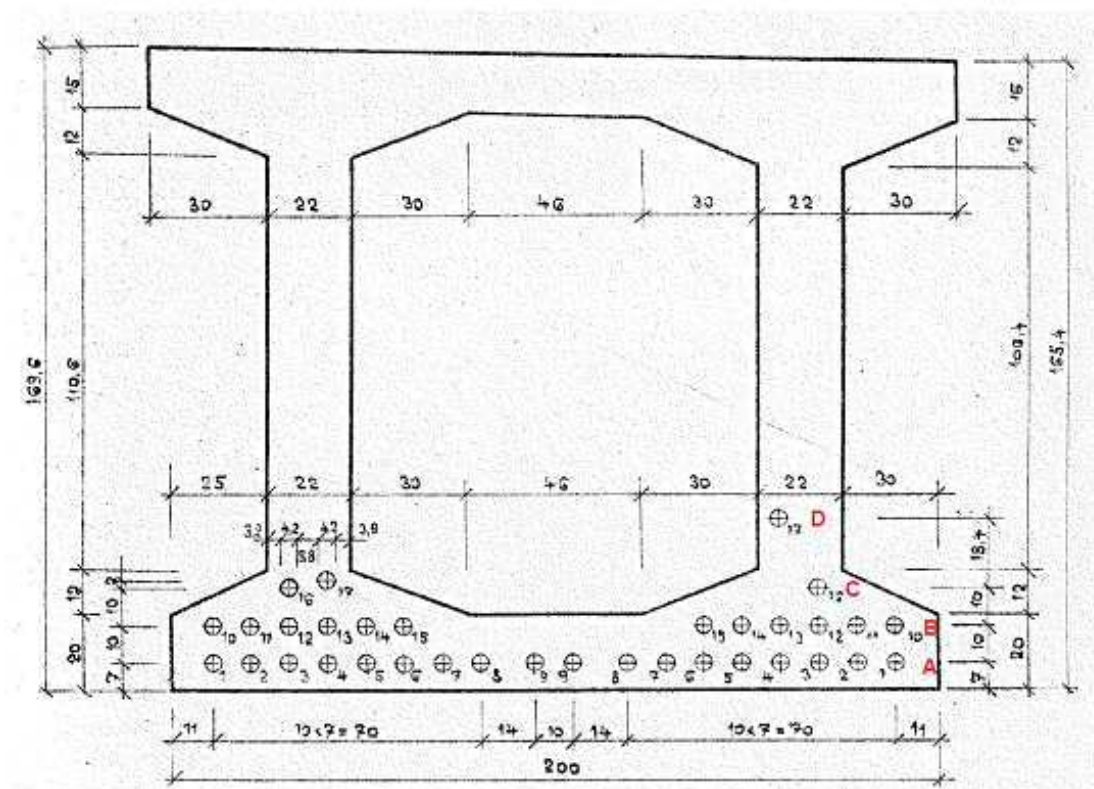
Dle dochované archivní dokumentace je konstrukce předepnuta kabely z patentovaných drátů průměru 4,5 mm. Každý kabel je tvořen 23 až 25 dráty. Výsledné kotevní napětí činilo 1260 MPa. Z dokumentace nelze vyčíst průběh jednotlivých kabelů po délce nosníku. Jelikož se nedají s dostatečnou přesností určit ztráty předpětí, bude hodnota předpínací síly odhadnuta z diagnostického průzkumu obdobných mostů (Most v km 32,544 TÚ Polanka nad Odrou - Ostrava-Kunčice, Most v km 5,429 TÚ Prosenice - Dluhonice, Most v km 3,007 TÚ 0206 Praha-Vršovice - Praha-Radotín)

průřezová plocha jednoho drátu: $A_{p1} = 15.9 \text{ mm}^2$

síla v jednom lanu $\phi 4,5 \text{ mm}$: $F_{p1} = 11.5 \text{ kN}$

příslušné napětí: $\sigma_p = \frac{F_{p1}}{A_{p1}} = 723.27 \text{ MPa}$

Rozmístění a pojmenování jednotlivých kabelů je zřejmé z následujícího schématu.



Počty drátů v jednotlivých kabelech:

D17 = 23

C16 = 24

B10 = 24 B11 = 23 B12 = 24 B13 = 24 B14 = 24 B15 = 24

A1 = 24 A2 = 24 A3 = 24 A4 = 24 A5 = 24 A6 = 24 A7 = 24 A8 = 24 A9 = 24

Plocha předpínací výztuže v řadě A:

$$A_{pA} = A_{p1} \cdot 2 \cdot (A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7 + A8 + A9) = 6.869 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

Plocha předpínací výztuže v řadě B:

$$A_{pB} := A_{p1} \cdot 2 \cdot (B10 + B11 + B12 + B13 + B14 + B15) = 4.547 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

Plocha předpínací výztuže v řadě C:

$$A_{pC} := A_{p1} \cdot 3 \cdot C16 = 1.145 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

Plocha předpínací výztuže v řadě D:

$$A_{pD} := A_{p1} \cdot D17 = 365.7 \text{ mm}^2$$

Celková plocha předpínací výztuže: $A_{p,celk} := A_{pA} + A_{pB} + A_{pC} + A_{pD} = 0.013 \text{ m}^2$

poloha těžiště předpínací výztuže řady A od spodních vláken: $e_{pA} := 70 \text{ mm}$

poloha těžiště předpínací výztuže řady B od spodních vláken: $e_{pB} := 170 \text{ mm}$

poloha těžiště předpínací výztuže řady C od spodních vláken: $e_{pC} := 270 \text{ mm}$

poloha těžiště předpínací výztuže řady D od spodních vláken: $e_{pD} := 454 \text{ mm}$

Poloha těžiště předpínací výztuže od spodních vláken trámu:

$$e_{p,dT} := \frac{e_{pA} \cdot A_{pA} + e_{pB} \cdot A_{pB} + e_{pC} \cdot A_{pC} + e_{pD} \cdot A_{pD}}{A_{p,celk}} = 0.134 \text{ m}$$

2. Napětí v krajních vláknech od předpětí:

Tlaková síla od předpětí: $N_p := (-\sigma_p) \cdot A_{p,celk} = -9.35 \times 10^3 \text{ kN}$

Ohybový moment od předpětí: $M_p := N_p \cdot (e_{dT} - e_{p,dT}) = -6.706 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$\sigma_{h1} := \frac{N_p}{A_T} + \frac{(-M_p) \cdot (h_T - e_{dT})}{I_{yT}} \quad \sigma_{h1} = 3.609 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d1} := \frac{N_p}{A_T} + \frac{(M_p) \cdot e_{dT}}{I_{yT}} \quad \sigma_{d1} = -15.806 \text{ MPa}$$

4.2 Stanovení napětí v krajních vláknech od jednotlivých zatížení

	napětí horních vláken [Mpa]	napětí spodních vláken [Mpa]
vlastní tíha	-5,60	5,30
ostatní stálé zatížení	-4,50	4,30
předpětí	3,61	-15,81
LM 71	-10,00	9,60
boční ráz	-0,20	0,10
zatížení větrem	-0,60	0,50

4.3 Stanovení zatížitelnosti

Z omezení napětí v horních vláknech: $Z_{\text{horní}} = (21,0 - 5,6 - 4,5 + 3,61 - 0,2 - 0,75 \cdot 0,60) / 10,0 = 1,39$

Z omezení napětí v dolních vláknech: $Z_{\text{dolní}} = (3,2 - 5,3 - 4,3 + 15,81 - 0,1 - 0,75 \cdot 0,50) / 9,6 = 0,93$

5 Rozhodnutí o přechodnosti

Je třeba rozhodnout o přechodnosti pro traťovou třídu C3 s přidruženou rychlostí 100 km/hod. Přechodnost vyhovuje, pokud je splněna následující podmínka:

$$Z_{\text{UIC}} \geq \psi \cdot \lambda_{\text{UIC}}$$

$$\psi = \delta_f / \delta$$

$$\lambda_{\text{UIC}} = U_{\text{C3}} / U_{\text{UIC}}$$

δ_f – dynamický součinitel pro zatížení C3

δ – dynamický součinitel pro zatížení LM71

Účinnost zatížení od schématu C3 byla stanovena na základě výsledných napětí v krajních vláknech průřezu.

$$Z_{\text{UIC}} = 0,93 > \psi \cdot \lambda_{\text{UIC}} = 1,04 \cdot 0,64 = 0,64$$

$$\psi = \delta_f / \delta = 1,18 / 1,14 = 1,04$$

$$\lambda_{\text{UIC}} = U_{\text{C3}} / U_{\text{UIC}} = 6,4 / 10,0 = 0,64$$

Mostní konstrukce je přechodná pro traťovou třídu C3 s přidruženou rychlostí 100 km/hod.

6 Závěr

Provedený výpočet má pouze informativní charakter. V dalším stupni projektové přípravy musí být proveden diagnostický průzkum konstrukce, kde bude prověřena pevnost betonu NK a zjištěno napětí (síla) v předpínací výztuži.

Z důvodu nedostatku informací o konstrukci nebyly prověřovány jiné mezní stavy než omezení napětí.

Most vyhovuje pro traťovou třídu zatížení C3 s přidruženou rychlostí 100 km/hod.

7 Tabulka zatížitelnosti

A. Identifikace mostu (propustku)

TÚ (číslo, název): **1601 Hradec Králové hl. n. – Stará Paka** DÚ: **08** km: **41,301**

B. Identifikace části mostu (propustku)

část mostu: **nosná konstrukce** / poř. číslo (ve směru staničení): ... , pod kolejí č. **1**

C. Doplnující data pro část mostu (propustku)

Kategorie zatížitelnosti: **C** Výpočetní model: **prostorový deskový model**

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

	na začátku	uprostřed	na konci
poloměr oblouku	- [m]	přímá [m]	- [m]
převýšení koleje	- [mm]	0 [mm]	- [mm]
excentricita vůči ose mostu	- [m]	- [m]	- [m]

Popis závad uvažovaných v přepočtu: ... ----- ...

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

Poznámka k části mostu: Mostní objekt bude sanován, přepočet proto nezohledňuje žádné závady.

Poř. č.	PRVEK (vč. umístění)	DETAIL	Namáhání	ki	typ	L_p	δ	L_ϕ	viz. Str.	Poznámky	Z_{LM71}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Nosná konstrukce	Horní vlákna	Ohyb – omezení napětí	1	S1	-	1,14	30,0	11		1,39
2	Nosná konstrukce	Spodní vlákna	Ohyb – omezení napětí	1	S1	-	1,14	30,0	11		0,93

Dne: **26/10/18**

zatížitelnost určil: **Ing. Martin Klomínský**

Dne:

do databáze zadal: