

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

	Vedoucí projektu	Zodpovědný projektant	Investor	SŽDC s.o., OŘ PRAHA
	ING. Š. JAKEŠ <i>Jakeš</i>	ING. I. HEINZ <i>Heinz</i>	Místo stavby	NOUTONICE
	Vypracoval	Kontroloval	Formát	A4
	ING. Š. JAKEŠ <i>Jakeš</i>	ING. L. MAREK <i>Marek</i>	Datum	10/2018
TOP CON SERVIS s.r.o., Ke Stírce 1824/56, 182 00 Praha 8, tel/fax: 284 021 741, email: topcon@topcon.cz			Účel	DSP
			Měřítko	
			Č.zakázky	68-18
PD OPRAVY MOSTŮ NA TRATI NOUTONICE – PODLEŠÍN, OPRAVA MOSTU V KM 32,956 SO 101 – MOST V KM 32,956			Číslo kopie	Číslo přílohy 10
STATICKÝ VÝPOČET				

**Projektová dokumentace opravy mostů na trati Noutonice - Podlešín,
oprava mostu v km 32,956**

SO 101 – Most v km 32,956

DSP

STATICKÝ VÝPOČET

Obsah

1	Průvodní zpráva ke statickému výpočtu	3
1.1	Úvod	3
1.2	Použitá literatura, podklady a výpočetní programy	3
1.3	Základní údaje pro návrh mostu	3
1.4	Materiál NK	4
1.5	Nosná konstrukce	5
1.6	Vzorový příčný řez	5
1.7	Podélný řez	6
2	Zatížení	7
2.1	Stálé a zbytek stálého	7
2.2	Nahodilé krátkodobé	7
2.2.1	Pohyblivé zatížení	7
2.2.2	Schéma LM-71	7
2.2.3	Zatížení větrem	7
2.2.4	Zatížení teplotou	7
2.2.5	Síly od bezстыkové koleje	8
2.2.6	Boční rázy	8
2.2.7	Rozjezdové a brzdné síly	8
2.3	Dynamický součinitel	8
2.4	Součinitele ψ	8
2.5	Kombinace	8
3	Popis statického modelu	9
3.1	Pohled - model / axonometrie	9
4	MSÚ	10
4.1	Napětí	10
4.1.1	Výpis hodnot napětí	10
4.1.2	Posouzení	12
4.2	Únava	12
5	MSP	13
5.1	Průhyby	13
5.2	Natočení koncového průřezu konstrukce	13
5.3	Dynamické účinky	14
5.3.1	Posouzení	14
6	Závěr	14
7	Tabulka zatížitelnosti	15

1 Průvodní zpráva ke statickému výpočtu

1.1 Úvod

Účelem tohoto statického výpočtu je návrh a posouzení nové konstrukce železničního mostu. Hlavní nosnou konstrukci tvoří uzavřené hlavní nosníky (truhlíky), mostovka je z tlustého plechu bez výztuh, nad opěrami koncové ŽB příčníky spřažené s deskou mostovky. Most se nachází v širé trati v extravilánu v ev. km 32,956, kolej je na mostě směrově vedena v přímé, VMP je 2,5.

Most se nachází v traťovém úseku 0742 Středokluky (včetně) – Podlešín (mimo) a v definičním úseku 04 Noutonice – Podlešín. Objekt umožňuje mimoúrovňové převedení železniční trati přes účelovou komunikaci.

1.2 Použitá literatura, podklady a výpočetní programy

- 1) ČSN EN 1990 (+ZMĚNA A1) Zásady navrhování konstrukcí
- 2) ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- 3) ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- 4) ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou
- 5) ČSN EN 1991-1-6 (+ZMĚNA Z1,Z2) Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění
- 6) ČSN EN 1991-1-7 (+ZMĚNA Z1) Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení
- 7) ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou, vč. změn
- 8) ČSN EN 1992-1-1 ed.2 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- 9) ČSN EN 1993-1-1(+ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- 10) ČSN EN 1993-1-5(+ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn
- 11) ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- 12) ČSN EN 1993-1-9(+ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava
- 13) ČSN EN 1993-1-10(+Opr.1+2, ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou
- 14) ČSN EN 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty
- 15) ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla
- 16) ČSN 73 0037 (+Opr.1 + změna Z1) Zemní tlak na stavební konstrukce
- 17) ČSN 73 1001 (+ změna Z1) Zakládání staveb – Základová půda pod plošnými základy
- 18) ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů
- 19) Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů (2015)
- 20) IDA NEXIS 32 – program pro výpočet prutových, deskostěnových a skořepinových konstrukcí (Ida & spol. s.r.o. Brno, FEM consulting s.r.o. Brno, SCIA International, Belgie)
- 21) Sborník příspěvků z 22. ročníku konference Železniční mosty a tunely 2017, Ocelový most v Mirošově, doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., ČVUT Praha

1.3 Základní údaje pro návrh mostu

- jednokolejný most, trať v přímé
- hlavní nosníky uzavřeného průřezu (truhlíky), mostovka z tlustého plechu bez výztuh, nad opěrami koncové ŽB příčníky spřažené s deskou mostovky
- prostý nosník, rozpětí 4,7 m
- šikmost mostu 90°

- niveleta na mostě klesá -18,18‰
- přemostňovanou překážkou je účelová komonikace
- železniční svršek tvaru S49 na betonových pražcích
- nahodilé krátkodobé zatížení - model zatížení LM71, klasifikační součinitel $\alpha = 1,10$ (zatížení dle ČSN EN 1991-2)
- rychlost 70 km/h

1.4 Materiál NK

ocel S235 J2+N dle EN 10025-2, pro nosné části konstrukce, plechy $t \leq 40$ mm

$E = 210$ GPa – Modul pružnosti materiálu

$f_y = 235$ MPa pro plechy $t \leq 16$ mm

$f_y = 225$ MPa pro plechy $16 \text{ mm} < t \leq 40$ mm – jmenovitá hodnota meze kluzu materiálu

$f_u = 360$ MPa – jmenovitá hodnota meze pevnosti materiálu

ocel S275 NL dle EN 10025-3, pro nosné části konstrukce, plechy $t = 80$ mm

$E = 210$ GPa – Modul pružnosti materiálu

$f_y = 245$ MPa pro plechy $63 \text{ mm} < t \leq 80$ mm – jmenovitá hodnota meze kluzu materiálu

$f_u = 370$ MPa – jmenovitá hodnota meze pevnosti materiálu

Maximální tloušťky plechů byly voleny dle Tab.2.1 **ČSN EN 1993-1-10/2006** tak, aby nebylo nutno provádět speciální posudek křehkolomových vlastností (dle ČSN EN 1991-1-5 pro 1. typ – ocelová konstrukce a pro teplotu konstrukce $T = -35^\circ\text{C}$).

$G = 81\,000$ MPa

$\nu = 0,3$

$f_{y,d} = f_y / \gamma_M$

$\gamma_{M0}=1,00$ - Průřezy při nadměrném zplastizování včetně lokálního boulení

$\gamma_{M1}=1,10$ - Stabilitní posouzení prutu

$\gamma_{M2}=1,25$ - Průřezy v tahu oslabené otvory

$\gamma_{MF}=1,35$ - Součinitel spolehlivosti únavové pevnosti: Bezpečná životnost, závažné důsledky porušení

$\gamma_{MF}=1,15$ - Součinitel spolehlivosti únavové pevnosti: Přípustná poškození, závažné důsledky porušení

$\gamma_{M2}=1,25$ - Únosnost spojů

beton C30/37 (B 425)

$f_{c,k} = 30$ MPa

$\gamma_C = 1,50$ pro základní kombinace zatížení

$\gamma_M = 1,30$ pro mimořádné kombinace zatížení

$\alpha_{cc} = 0,85$

$f_{c,d} = \alpha_{cc} * f_{c,k} / \gamma_M$

$E_{c,s} = 32\,000$ MPa, $n=6,6$... pro krátkodobé zatížení

$E_{c,l} = 10\,667$ MPa, $n=19,7$... pro dlouhodobé zatížení

výztuž B500B (10505 R)

$f_{s,k} = 500$ MPa

$\gamma_M = 1,15$ pro základní kombinace zatížení

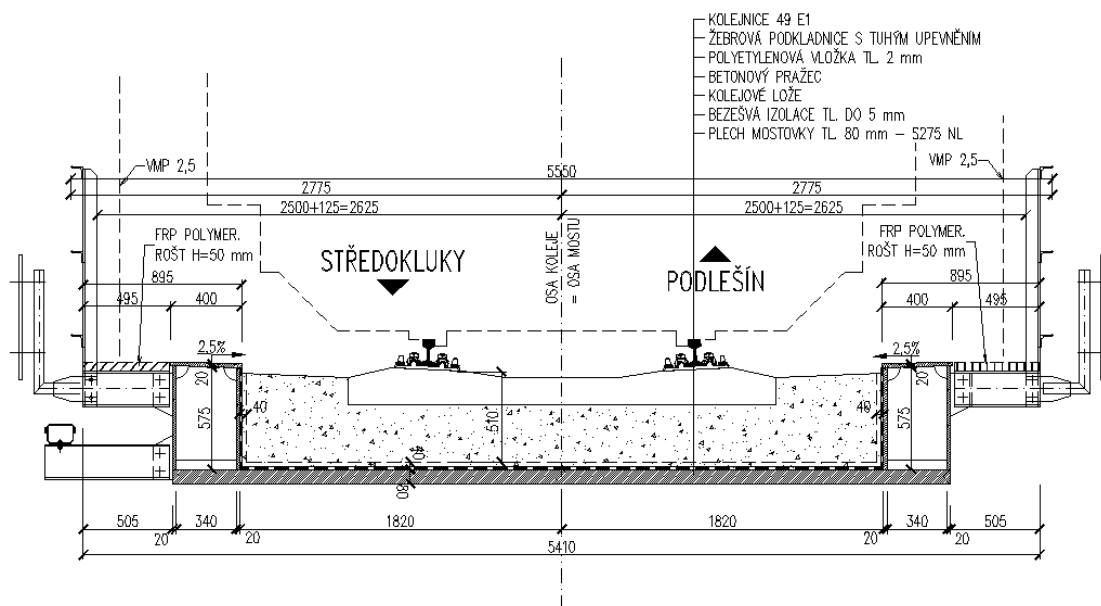
$\gamma_M = 1,00$ pro mimořádné kombinace zatížení

1.5 Nosná konstrukce

Jedná se o ocelovou konstrukci s dolní mostovkou a průběžným kolejovým ložem. Nosná konstrukce je tvořena dvěma hlavními nosníky uzavřeného profilu z plechů tl. 20 mm, mezi nimi je mostovka z plechu tl. 80 mm bez výztuh, nad opěrami jsou koncové příčníky ze ŽB spřažené s deskou mostovky. Konstrukční výška činí 0,685 m, šířka NK 4,42 m (bez konzol pro uchycení podlahy). Šířka žlabu KL je 1820 mm na obě strany od osy konstrukce. NK je podélně ve sklonu koleje.

Konstrukce je kolmá. Na vnější stranu ocelových truhlíků hlavních nosníků budou šroubovými spoji připojeny konzoly podlah a zábradlí. Na NK jsou navrženy podporové příčníky, jejichž prostřednictvím je konstrukce uložena do ozubů nových úložných prahů. NK působí jako rozpěráková konstrukce.

1.6 Vzorový příčný řez



2 Zatížení

2.1 Stálé a zbytek stálého

$$\gamma_f = 1,35$$

Zatížení

		<u>charakteristické zatížení</u>	
		kN/m	γ_f
OK (vl. tíha)	generováno programem		1,35
ŽB příčnice	generováno programem		1,35
kolej. lože (bez rezervy 30%, izolace)	0,5*20	10,0 kN/m ²	1,35
přítížení kolejnicemi, pražci (na š. 2,5 m)	2,0/2,5	0,8 kN/m ²	1,35
zábradlí, konzoly, chodníky		1,5 kN/m	1,35

2.2 Nahodilé krátkodobé

2.2.1 Pohyblivé zatížení

Pohyblivá zatížení jsou umístěna do polohy vyvolávající maximální účinky ve sledovaném průřezu.

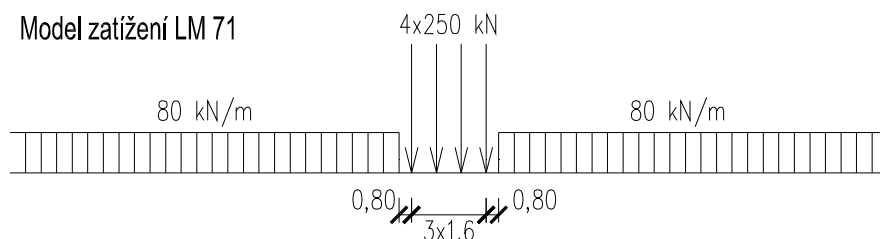
Návrhové zatížení pro schéma LM-71:

součinitel zatížení $\gamma_f = 1,45$

klasifikační součinitel $\alpha = 1,10$

dynamický součinitel $\phi_2, \phi_3 = \text{viz dále}$

2.2.2 Schéma LM-71



2.2.3 Zatížení větrem

Vzhledem k rozměrům mostu a využití prvků neuvažují.

O dimenzích rozhodují vlastní frekvence, na což zatížení větrem vliv nemá.

2.2.4 Zatížení teplotou

$$\gamma_f = 1,5$$

Rovnoměrná složka teploty

Konstrukce: 1. typ

$T_{\max} = 37 \text{ °C}$... max. teplota vzduchu ve stínu

$T_{\min} = - 33 \text{ °C}$... min. teplota vzduchu ve stínu

$T_{e,\max} = 37+15 = 52,0 \text{ °C}$... max. teplota mostu

$T_{e,\min} = - 33-2 = - 35,0 \text{ °C}$... min. teplota mostu

(pro výpočet uvažují oteplení i ochlazení od 45°C)

Nerovnoměrná složka teploty

Neuvažují.

2.2.5 Síly od bezstykové koleje

Podélné síly od bezstykové koleje jsou do konstrukce přenášeny rovnoměrně a jejich vliv na nosnou konstrukci samotnou je zanedbatelný.

2.2.6 Boční rázy

$$\gamma_f = 1,45$$

Osamělá síla v neúčinnější poloze ve výšce temene kolejnice

$$Q_{sk} = 100 \text{ kN}, e = 0,75 \text{ m}, \alpha = 1,10$$

$$B_{w,1} = \pm 100 * 1,10 * 0,75/1,5/1,25/1,25 = \pm 35,2 \text{ kN (svisle na plochu } 1,25 \text{ m x } 1,25 \text{ m plechu mostovky)}$$

2.2.7 Rozjezdové a brzdné síly

K účinku na konstrukci se nepřihlíží. Pro případný návrh ložisek a spodní stavby se uvažuje.

2.3 Dynamický součinitel

$$\phi_3 = 2,16/(\sqrt{L_d-0,2}) + 0,73 = 1,83$$

(při uvažování délky $L_d = 4,7 \text{ m}$)

2.4 Součinitele ψ

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0
Vlak SW0	0,8	0,8	0,0
Nezatížený vlak	1,0	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0
Boční rázy	1,0	0,8	0,0
Vítr	0,75	0,5	0,0
Teplota	0,6	0,6	0,5
gr11	0,8	0,8	0,0
gr12	0,8	0,8	0,0
gr13	0,8	0,8	0,0
gr14	0,8	0,8	0,0
gr15	0,8	0,8	0,0

2.5 Kombinace

statický výpočet uvádí dvě kombinace zatížení:

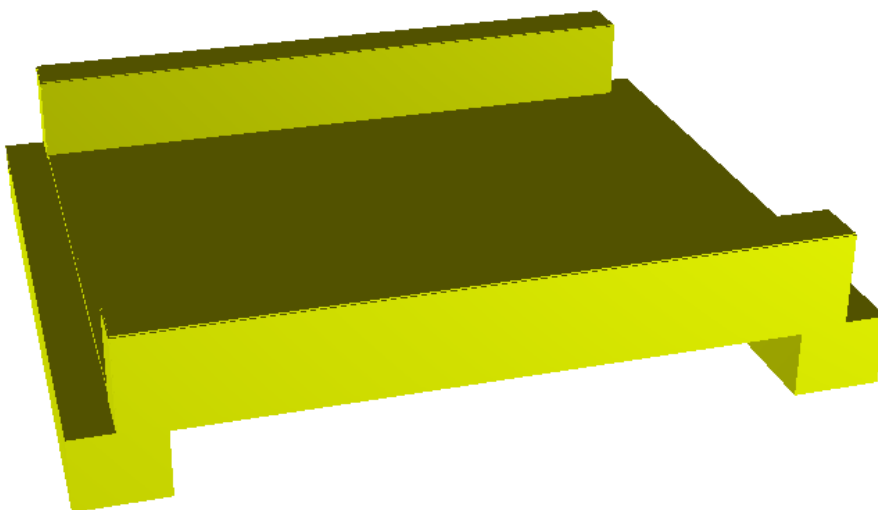
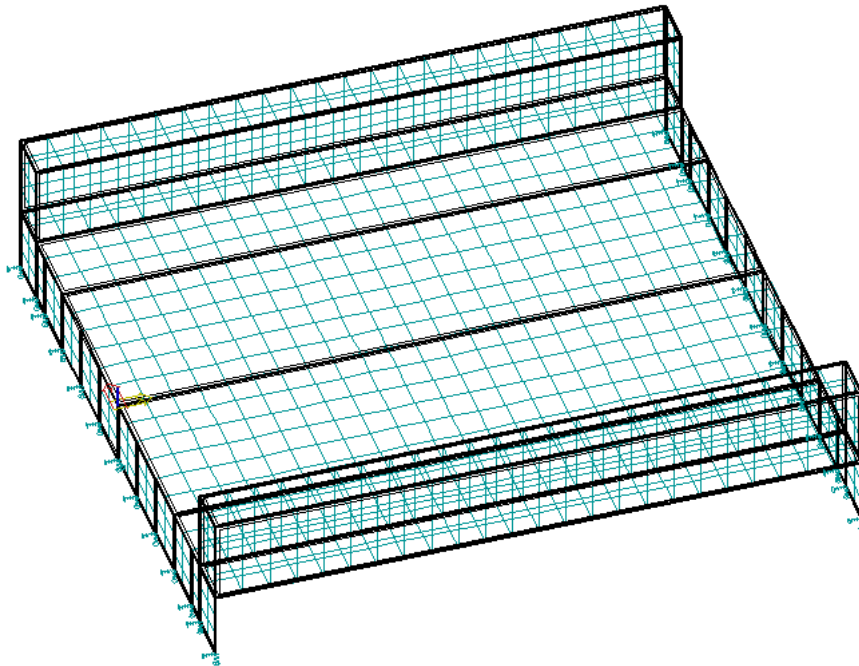
zatížení č. 1: samotné schéma LM-71* α * ϕ_3

zatížení č. 2: kombinace stálé+zbytek st.+LM-71* α * ϕ_3 +boč.ráz+0,6*teplota

3 Popis statického modelu

Výpočet vnitřních sil byl proveden s reálnými průřezy a odpovídajícím zatížením na hlavní nosníky a desku mostovky. Konstrukce je modelována deskostěnovými prvky vč. ŽB příčnicku a uložení v ozubu. Výpočty vnitřních sil, napětí, deformací a vlastních frekvencí byly provedeny pomocí programu IDA NEXIS.

3.1 Pohled - model / axonometrie



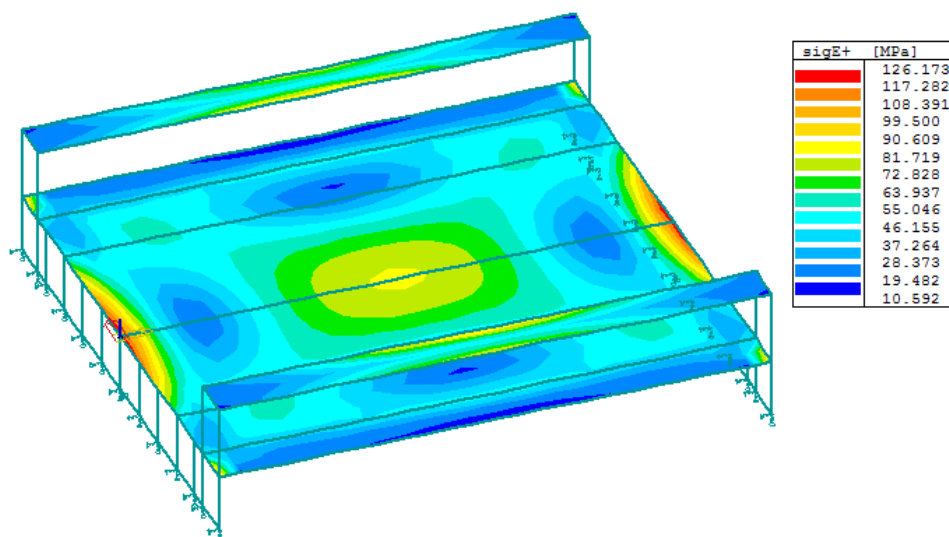
4 MSÚ

4.1 Napětí

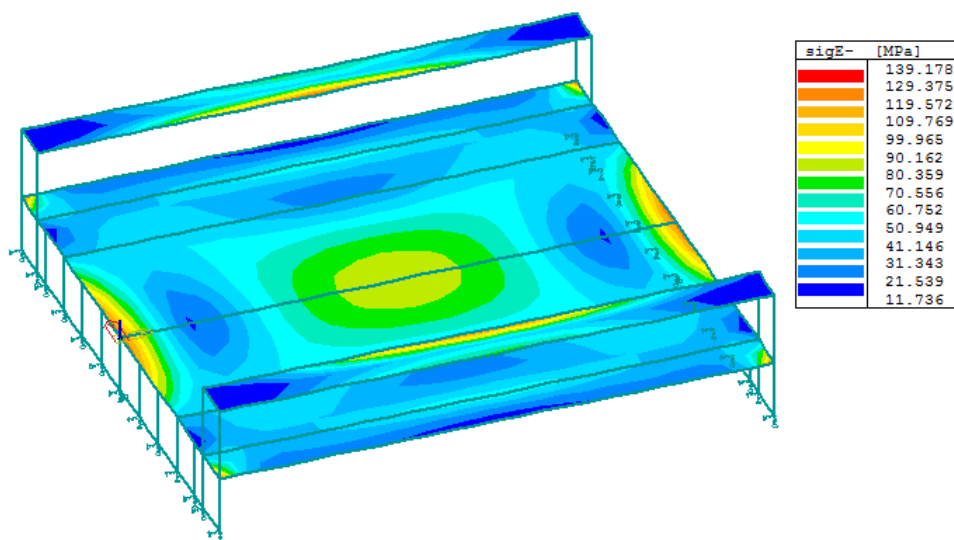
- s ohledem na tvar NK jsou provedeny kombinace zatěžovacích stavů přímo v programu IDA NEXIS 32,
- výpočty jsou provedeny nelineárně - všechny 4 rohy NK se od zatížení KL a vlakem nepatrně přizdvihávají,
- všechny průřezy jsou tř. 1
- hodnoty zatížení jsou uvažovány v návrhových hodnotách – vč . součinitelů zatížení,
- teplota – uvažováno rovnoměrné ochlazení NK o 40°C, které s ohledem na podepření v ozubu zatěžuje NK obdobně jako ostatní svislá zatížení

4.1.1 Výpis hodnot napětí

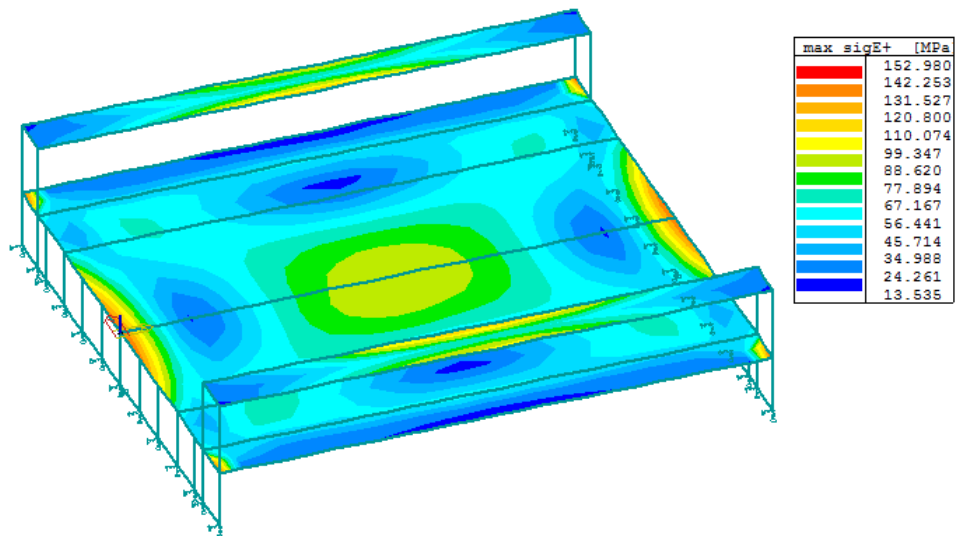
zatížení č. 1: srovnávací napětí na plechu mostovky a hlavních nosníků – horní povrch



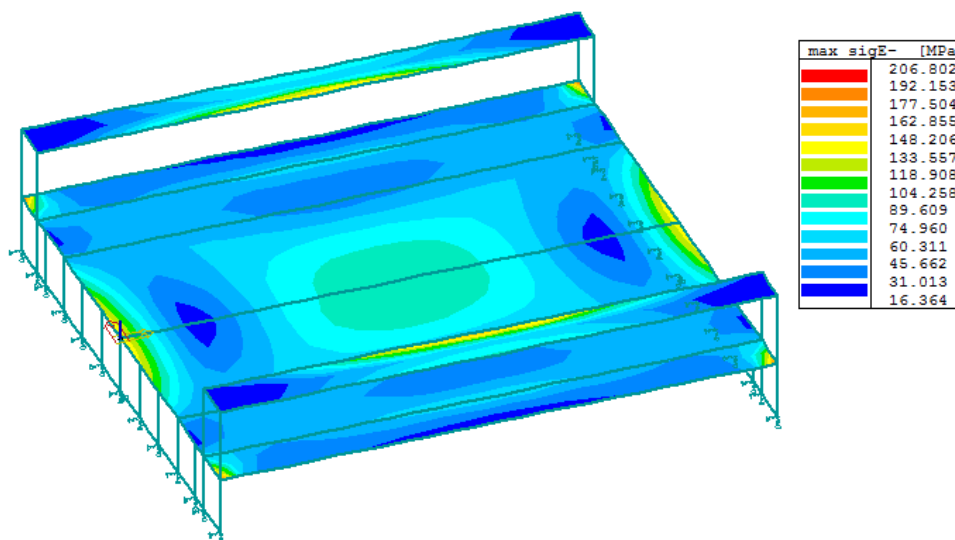
zatížení č. 1: srovnávací napětí na plechu mostovky a hlavních nosníků – dolní povrch



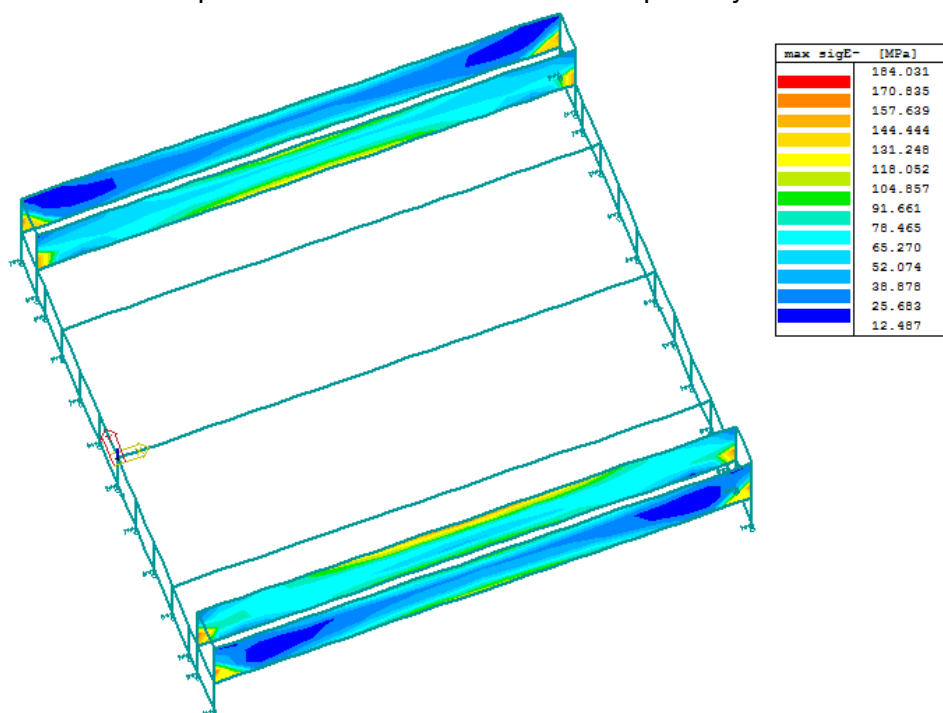
zatížení č. 2: srovnávací napětí na plechu mostovky a hlavních nosníků – horní povrch



zatížení č. 2: srovnávací napětí na plechu mostovky a hlavních nosníků – dolní povrch



zatížení č. 2: srovnávací napětí na bocích hlavních nosníků – povrchy zezadu



(reálně budou špičky napětí u podpor vyplývající ze smykového namáhání výrazně menší s ohledem na plošné spojení mostovkového plechu a ŽB příčnicku, v modelu je spoj proveden jen v přímce - stykem hran 2D maker)

4.1.2 Posouzení

$\sigma_{red,d,max} = 206,8 \text{ MPa} < 245 \text{ MPa} = f_y \dots$ vyhovuje (tl. 80 mm)

$\sigma_{red,d,max} = 184,0 \text{ MPa} < 225 \text{ MPa} = f_y \dots$ vyhovuje (tl. 20 mm)

$\sigma_{red,d,max} = \text{max. srovnávací napětí od kombinace zatížení na NK}$

4.2 Únava

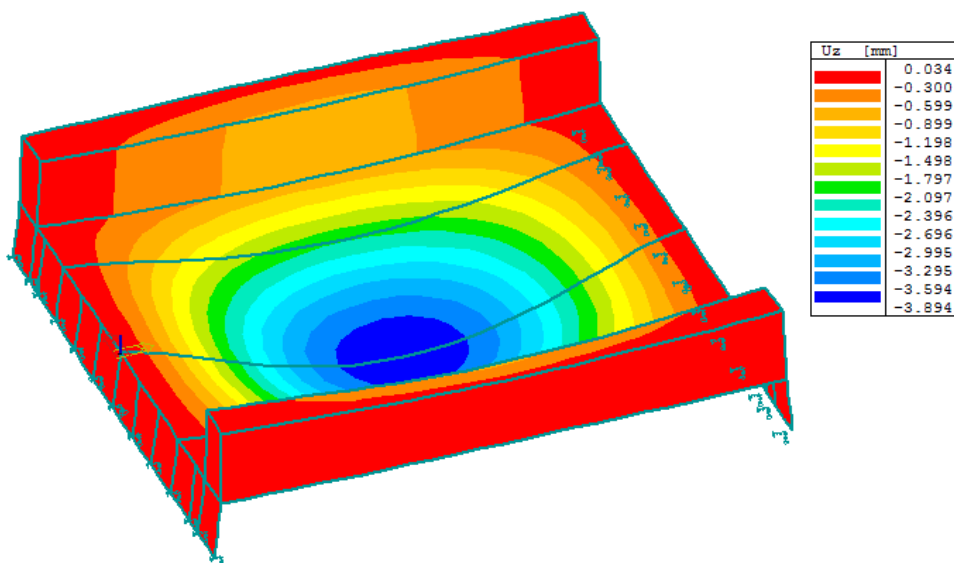
Detail 1 přípoj diafragmatu na styk stěny a horní pásnice hl. nosníku

Detail 2 podélný tupý svar od my

Dle již realizovaných obdobných objektů je pro trať s nízkým objemem dopravy využití těchto detailů na únavu jen cca 70%.

5 MSP

5.1 Průhyby



L_0	=	4,70	m	
ϕ_2	=	1,55	dyn. součinitel pro pečlivě udržovanou kolej	
ϕ_3	=	1,83	dyn. součinitel pro normálně udržovanou kolej	

$L/600$	=	7,83	mm
skutečná deformace	=	3,9	mm

Svislé deformace:

1. Hledisko bezpečnosti dopravy:

LM-71 vč. odstř. sil

vč. α , bez

ϕ_3	=	4,3	<	$1/600 L = 4700/600 = 7,83$ mm
				VYHOVUJE

2. Hledisko pohodlí cestujících:

LM-71 vč. odstř. sil

vč. ϕ_3

	=	7,1	<	$1/600 L = 470/600 = 7,83$ mm
				VYHOVUJE

5.2 Natočení koncového průřezu konstrukce

Od zatížení železniční dopravou (pro schéma LM-71, včetně α , δ)

Pootočení podporového průřezu:

$$\Phi_{p, \max} = 2,5 \cdot 1,10 \cdot 1,83 = 5,0 \text{ mrad} < \Phi_{p, \lim} = 6,5 \text{ mrad} \dots \text{VYHOVUJE}$$

5.3 Dynamické účinky

Meze vlastních frekvencí:

dle ČSN EN 1991-2, 6.4.4

Horní mez $n_{0,h}$

$$n_{0,h} = 94,76 \cdot L^{-0,748}$$

$$n_{0,h} = \mathbf{29,78} \text{ Hz}$$

Dolní mez $n_{0,d}$

$$n_{0,d} = 80/L \quad (\text{pro } 4 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m})$$

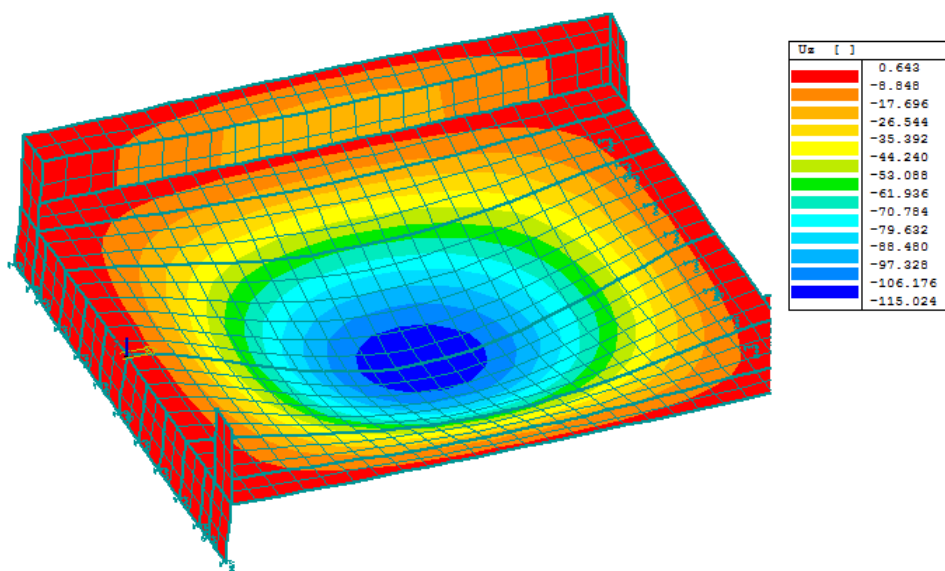
$$n_{0,d} = \mathbf{17,02} \text{ Hz}$$

$$n_{0,d} = 23,58 \cdot L^{-0,592} \quad (\text{pro } 20 \text{ m} < L < 100 \text{ m})$$

$$n_{0,d} = \mathbf{9,43} \text{ Hz}$$

5.3.1 Posouzení

1. vlastní frekvence pro kmitání ve svislém směru: $n_{0,1} = 17,3 \text{ Hz}$ (zatížení stálé a zbytek stálého)



$$n_{0,d} < n_{0,1} < n_{0,h}$$

$$17,0 < 17,37 < 29,8 \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

podélná tuhost podepření nemá na hodnoty frekvencí velký vliv

6 Závěr

Statický výpočet prokázal, že navržená konstrukce vyhovuje pro všechna návrhová zatížení.

7 Tabulka zatížitelnosti

Přehled zatížitelnosti částí mostu

A. Identifikace mostu

TÚ (číslo, název):

0742 Středokluky (včetně) –
Podlešín (mimo)

DÚ:

km 32,956
04 Noutonice – Podlešín

B. Identifikace části mostu

Část mostu: **nosná konstrukce / opěra / pilíř**

poř. číslo **1**

pod kolejí č. **1**

(ve směru staničení)

C. Doplnující údaje části mostu

Kategorie zatížitelnosti: **C**

Výpočtový model: **deskostěnový**

Geometrie koleje uvažovaná v přepočtu části mostu (ve směru staničení):

na začátku

uprostřed

na konci

poloměr oblouku

přímá

převýšení koleje

0 mm

excentricita osy koleje

0 mm

Popis závad uvažovaných v přepočtu části mostu:

nová NK, bez závad a oslabení

Datum zjištění technického stavu mostu:

SŽDC, s.o.:

zpracovatelem přepočtu:

Poznámka k části mostu:

Přepočet je proveden pro novou nosnou konstrukci.

Poř. číslo	Prvek	Detail	Namáhání	k_i	Typ	L_p	ϕ_i	L_ϕ	$\gamma_{Q,LM71}$	$\gamma_{Q,LM71,E}$	Viz č. str. přep.	Z_{LM71}	$Z_{LM71,E}$	Pozn.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	hl. nosník, v poli	horní pás	normálové napětí	1,00	M	4,7	1,83	4,7	1,45			1,59		
2	hl. nosník, v poli	stěna žlabu KL pod HP	srovnávací napětí	1,00	M	4,7	1,8	4,7	1,45			1,57		
3	hl. nosník, nad podporou	stěna žlabu KL	srovnávací napětí	1,00	M	4,7	1,8	4,7	1,45			1,45		
4	plech mostovky - střed NK	dolní vlákna	srovnávací napětí	1,00	M	4,7	1,8	4,7	1,45			2,69		
5	plech mostovky - nad příčnickem	horní vlákna	srovnávací napětí	1,00	M	4,7	1,8	4,7	1,45			2,00		
6	plech mostovky - střed NK		průhyb (bezpečnost dopr.)	1,00	M	4,7	1,8	4,7	1,45			2,00		
7	plech mostovky - nad příčnickem		natočení	1,00	M	4,7	1,8	4,7	1,45			1,43		
8	Spodní stavba *	-	napětí v základové spáře	1,00			1,00	3,8	1,45			>1,10		

* zatížitelnost určená odborným odhadem

Dne: 9. 7. 2018

zatížitelnost určil: Ing. Š. Jakeš