

TÚ: 0491 Rožnov (mimo) – Černý Kříž (mimo)
DÚ: 30 Plešovice – Zlatá Koruna

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

	Vedoucí projektu	Zodpovědný projektant	Investor	SŽ s.o., OR Plzeň
	ING. L. MAREK <i>[Signature]</i>	ING. J. ŠILÍNEK <i>[Signature]</i>	Místo stavby	PLEŠOVICE
	Vypracoval	Kontroloval	Formát	A4
	ING. J. ŠILÍNEK	ING. L. MAREK <i>[Signature]</i>	Datum	10/2021
TOP CON SERVIS s.r.o., Ke Stírce 1824/56, 182 00 Praha 8, tel/fax: 284 021 740, email: topcon@topcon.cz			Účel	DUSP+PDPS
			Měřítko	
			Č.zakázky	48-21
OPRAVA MOSTU KM 20,116 ROŽNOV – ČERNÝ KŘÍŽ SO 01 – OPRAVA MOSTU			Číslo kopie	Číslo přílohy
				13
STATICKÝ VÝPOČET				

Rekonstrukce mostu v km 18,582 trati Ústí nad Labem - Most

SO 101 – Rekonstrukce mostu

DUSP+PDPS

STATICKÝ VÝPOČET

1 Obsah

1	Obsah	2
2	Průvodní zpráva ke statickému výpočtu	3
2.1	Úvod	3
2.2	Podklady a výpočetní programy	3
2.3	Základní údaje pro návrh mostu	3
2.4	Materiál NK	4
2.5	Nosná konstrukce	4
2.6	Půdorys	4
2.7	Podélný řez	5
2.8	Příčný řez	5
3	Zatížení	6
3.1	Stálé a zbytek stálého	6
3.2	Proměnné krátkodobé	6
3.2.1	Schéma LM71	6
3.2.2	Vliv excentricity svislého pohyblivého zatížení	6
3.2.3	Zatížení větrem	6
3.2.4	Boční rázy	7
3.3	Mimořádná zatížení	7
3.3.1	Náraz vozidel do nosné konstrukce	7
3.4	Dynamický součinitel	7
3.4.1	Popis modelu pro výpočet vnitřních sil a deformací na NK	8
3.5	Pohled / axonometrie	8
4	Zatřídění průřezů šířka b_{eff}	9
5	Kombinace vnitřních sil	15
6	Posouzení průřezů v mezním stavu únosnosti	16
6.1	Hlavní nosníky	16
6.1.1	Vnitřní síly	16
6.1.2	Pružná únosnost	16
6.1.3	Svary	17
6.1.4	Únava	20
6.1.5	Závěr	21
6.2	Příčníky	21
6.2.1	Vnitřní síly	21
6.2.2	Pružná únosnost	22
6.2.3	Svary	24
6.2.4	Únava	25
6.2.5	Závěr	28
7	Mezní stav použitelnosti	28
7.1	Průhyby	28
8	Dynamické vlastnosti	28
9	Tabulka zatížitelnosti	29
10	Závěr statického výpočtu	29

2 Průvodní zpráva ke statickému výpočtu

2.1 Úvod

Účelem tohoto statického výpočtu je návrh a posouzení nové nosné ocelové konstrukce železničního mostu jako prostého nosníku o rozpětí 7,31 m. Jedná se o ocelovou konstrukci s přímo pojižděnou zapuštěnou mostovkou. Nosná konstrukce je tvořena 4 hlavními nosníky otevřeného profilu. Nad opěrami jsou koncové ŽB příčníky, jejichž prostřednictvím je konstrukce uložena do ozubů nových úložných prahů.

2.2 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 1991-1-6 (+ZMĚNA Z1,Z2) Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění
- 5) ČSN EN 1991-1-7 (+ZMĚNA Z1) Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení
- 6) ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou
- 7) ČSN EN 1992-1-1 ed.2 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- 8) ČSN EN 1993-1-1(+ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- 9) ČSN EN 1993-1-5(+ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn
- 10) ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- 11) ČSN EN 1993-1-9(+ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava
- 12) ČSN EN 1993-1-10(+Opr.1+2, ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou
- 13) ČSN EN 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty
- 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) SŽ S5/1 – Určování zatížitelnosti železničních mostů (1995)
- 17) Midas Civil 2020

2.3 Základní údaje pro návrh mostu

Charakteristika mostu:	Hl. nosnou konstrukci tvoří 4 plnostěnné nosníky s přímo pojižděnou zapuštěnou mostovkou s koncovými ŽB příčníky.
Popis spodní stavby:	Nové ŽB úložné prahy, stávající kamenné opěry.
Statická soustava:	Prostý nosník uložený prostřednictvím ŽB příčníku do ozubu úložného prahu.
Počet mostních otvorů:	1
Délka přemostění:	4,56 m
Světlost otvoru:	kolmá 3,965 m, šikmá 4,46 m
Rozpětí nosné konstrukce:	7,31 m
Délka nosné konstrukce:	8,01 m
Stavební výška mostu:	0,33 m
Výška mostu:	3,50 m
Volná šířka na mostě:	5,05 m
Šířka mostu:	5,19 m
Šikmost mostu:	90°
Počet kolejí na mostě:	1
Úhel kříž. překážka/most:	61°
Max. změna výšky TK oproti současnému stavu na mostě:	cca - 50 mm
Výškové vedení koleje:	klesá -0,45‰

Směrové poměry:

Železniční svršek na mostě:

VMP

Rychlost

přímá

kolejnice 49 E1, přímé upevnění DFF 300

2,5 m

$V = 55 \text{ km/h}$

2.4 Materiál NK

OCEL S355 J2+N S355 NL dle ČSN EN 1993-1-1

$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$ $\gamma_m = 1,00$ pro $t < 40 \text{ mm}$

$f_{yd} = 355,0 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 335 \text{ MPa}$ $\gamma_m = 1,00$ pro $t > 40 \text{ mm}$

$f_{yd} = 335,0 \text{ MPa}$

$E = 210\,000 \text{ MPa}$

$G = 81\,000 \text{ MPa}$

$v = 0,2$

$\gamma_{M0} = 1,00$ - 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

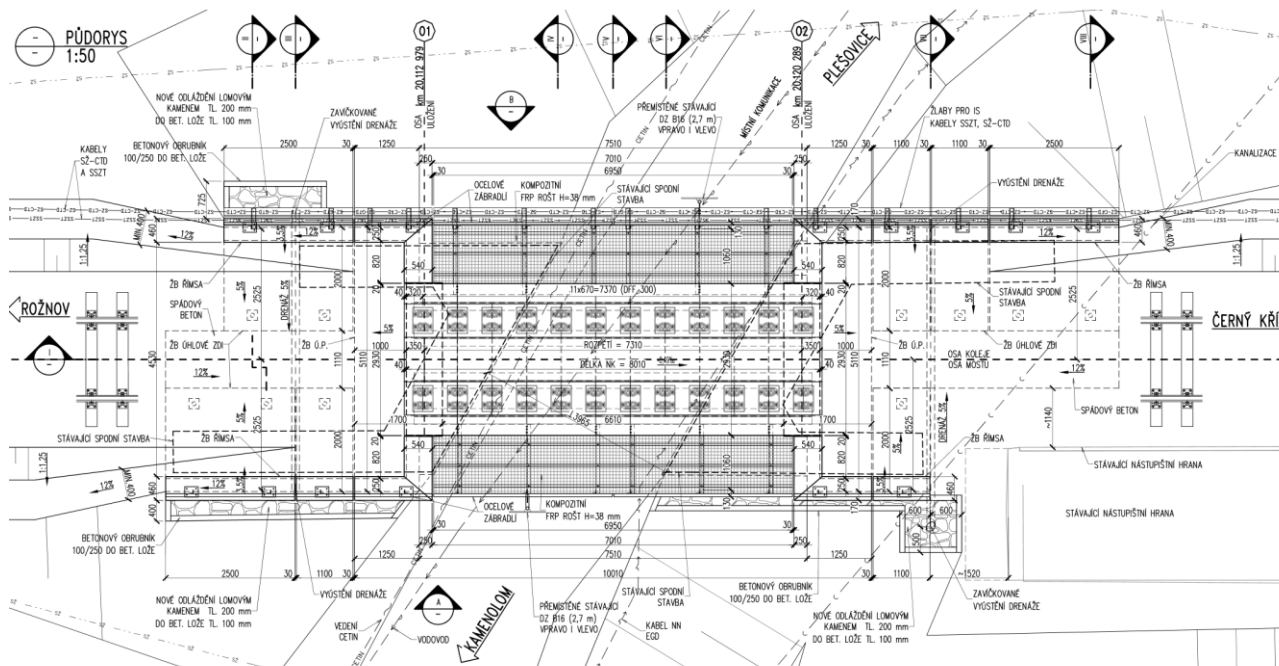
$\gamma_{MF} = 1,15$ - Součinitel spolehlivosti únavové pevnosti: Přípustná poškození, závažné důsledky porušení

$\gamma_{M2} = 1,25$ - Únosnost spojů

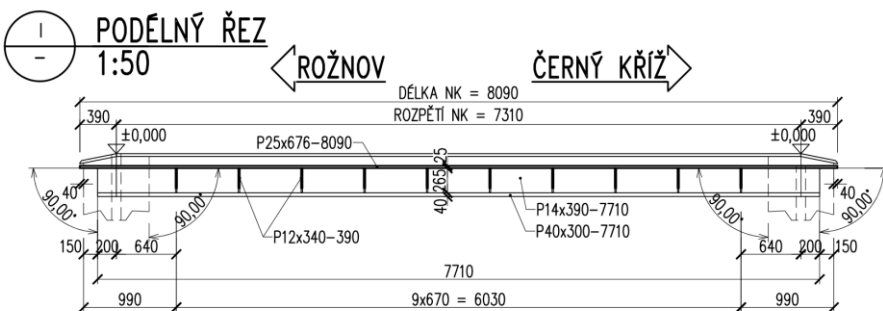
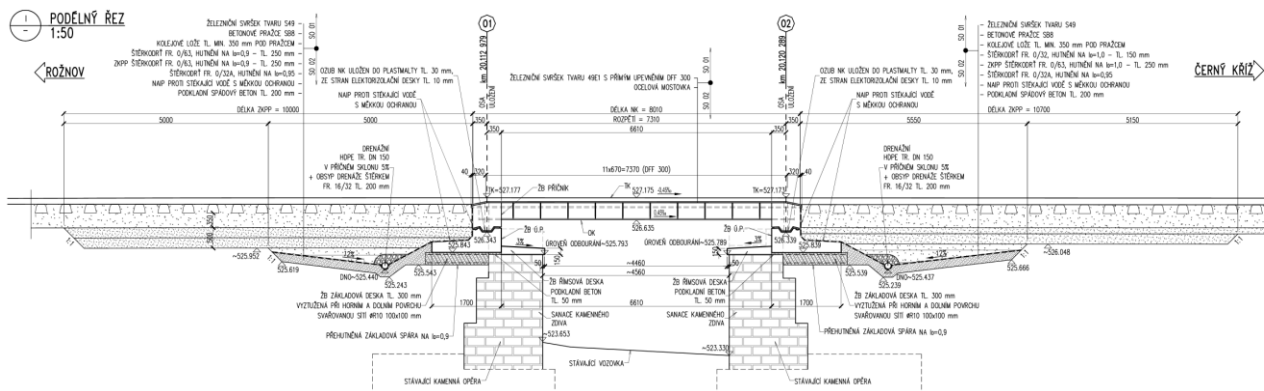
2.5 Nosná konstrukce

Jedná se o ocelovou konstrukci s přímo pojižděnou zapuštěnou mostovkou. Nosná konstrukce je tvořena 4 hlavními nosníky otevřeného profilu. Nad opěrami jsou koncové ŽB příčnický, jejichž prostřednictvím je konstrukce uložena do ozubů nových úložných prahů

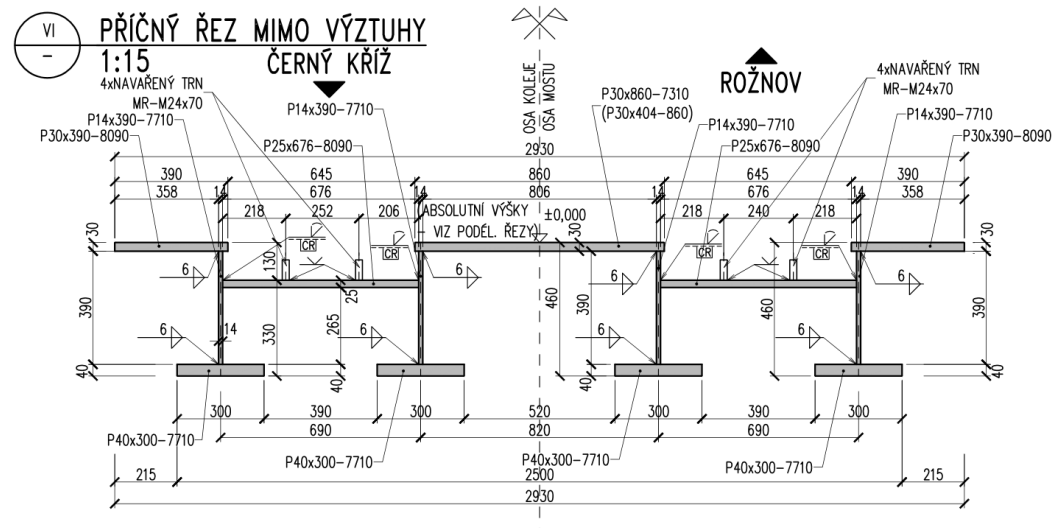
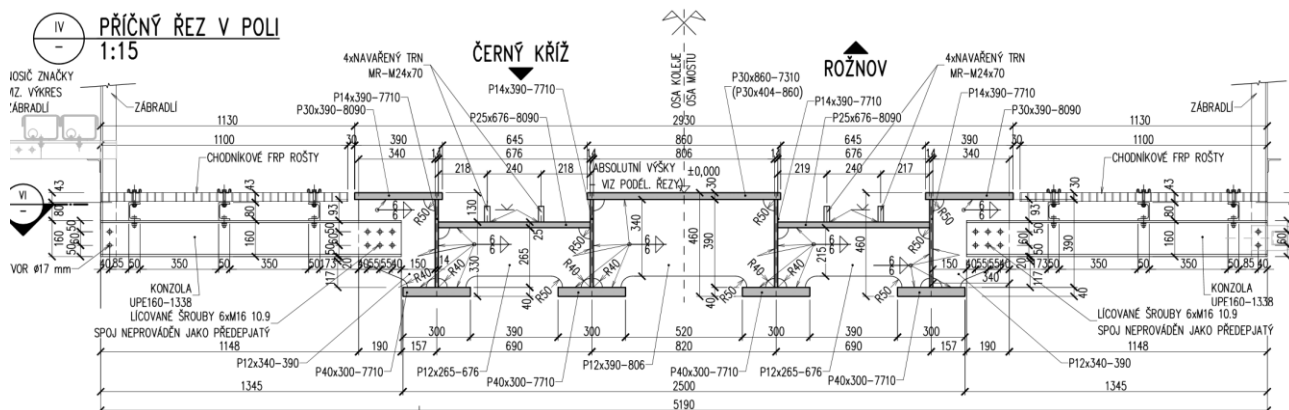
2.6 Půdorys



2.7 Podélný řez



2.8 Příčný řez



3 Zatížení

Při betonáži desky nebudou nosníky podepřeny. Příčná stabilita nosníků bude zajištěna svorníky.

3.1 Stálé a zbytek stálého

Automaticky generováno programem Midas Civil 2020

3.2 Proměnné krátkodobé

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

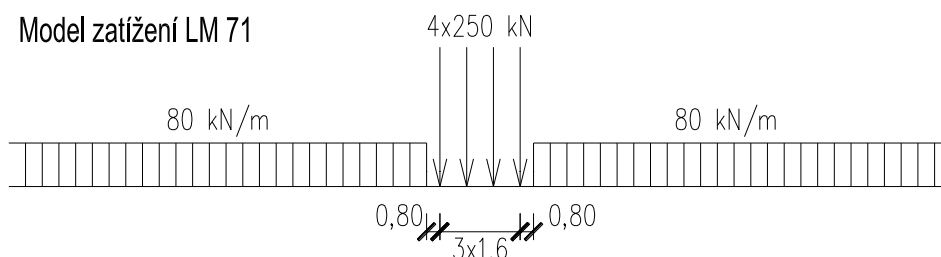
3.2.1 Schéma LM71

součinitel zatížení $\gamma_f = 1,45$

klasifikační součinitel $\alpha = 1,10$

dynamický součinitel $\delta = \text{viz dále}$

Model zatížení LM 71



3.2.2 Vliv excentricity svislého pohyblivého zatížení

$r = 1500 \text{ mm}$...příčná vzdálenost mezi kolovými zatíženími

$e \leq r / 18 = 1500 / 18 = 83 \text{ mm} + \text{rezerva } 25 \text{ mm} \sim \underline{100 \text{ mm}}$

Vliv excentricity svislého pohyblivého zatížení bude zohledněn poměrným zvětšením kolového zatížení.

3.2.3 Zatížení větrem

Vzhledem k zanedbatelné výšce římsy se uvažuje zatížení větrem působící pouze na vlakové soupravy.

$\gamma_f = 1,5$

(a) $d_{\text{tot}} =$	0.460	m	(a) $b/d_{\text{tot}} =$	6.3	Nezatížený most
(b) $d_{\text{tot}} =$	5.400	m	(b) $b/d_{\text{tot}} =$	0.5	Zatížený most
$b =$	2.900	m	(a) $c_{fx,0} =$	1.3	Nezatížený most
cca. $z =$	10	m	(b) $c_{fx,0} =$	2.4	Zatížený most

	b/d_{tot}	$z_e < 20$	$z_e = 50$
Nezat.	4.0	3.6	4.5
Zatížený	0.5	6.7	8.3

(a) $C =$ 3.60

(b) $C =$ 6.67

$v_b = v_{b0} =$ 25 m/s

$\rho =$ 1.25 kg/m³

$$F_w = 0.5 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C$$

(a) $F_w = 1.41 \text{ kN/m}^2$

(b) $F_w = 2.60 \text{ kN/m}^2$

zatížení větrem - vodorovné			
	h - prvku mm	Nezat. kN/m	Zatížený kN/m
vlak	4800		12.50

Převod na svislé zatížení

$H =$

$0.5 \cdot h = 2.4 \text{ m}$

rozteč

kol 1.5 m

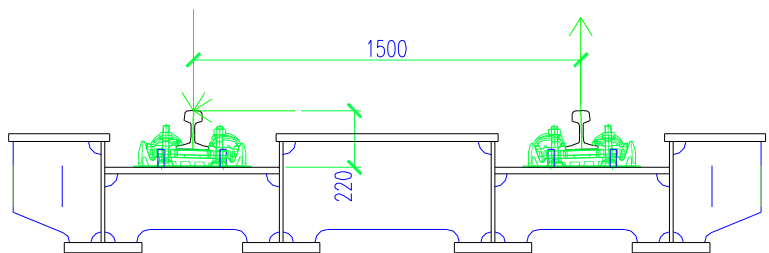
$V = 20.0 \text{ kN/m}$

3.2.4 Boční rázy

$\gamma_f = 1.45$

$\alpha = 1.10$

Zatížení je přepočteno na svislou sílu působící uprostřed rozpětí.



$r = 1.5 \text{ m}$

$e = 0.22$

$F_v = 100 \text{ kN}$

$F_h = 14.7 \text{ kN}$

3.3 Mimořádná zatížení

3.3.1 Náraz vozidel do nosné konstrukce

Ve směru podélné osy komunikace se uvažuje síla působící na spodní hranu nosné konstrukce pod úhlem 10° hodnotou $F_{dx} = 250 \text{ kN}$.

3.4 Dynamický součinitel

$$\phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 \quad 1.0 \leq \phi_3 \leq 2.0$$

$$\phi_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.82 \quad 1.0 \leq \phi_2 \leq 1.67$$

Dynamické součinitele dle ČSN EN 1991-2

HLAVNÍ NOSNÍKY

Dynamický součinitel - MSÚ

$L = 7.31 \text{ m}$
 $L_{\phi} = 7.31 \text{ m}$
 $\phi_3 = 1.59$

Dynamický součinitel - ÚNAVA

$L = 7.31 \text{ m}$
 $L_{\phi} = 7.31 \text{ m}$
 $\phi_2 = 1.40$

PŘÍČNÍKY

Dynamický součinitel - MSÚ

$L = 0.67 \text{ m}$
 $L_{\phi} = 4.34 \text{ m}$
 $\phi_3 = 1.88$

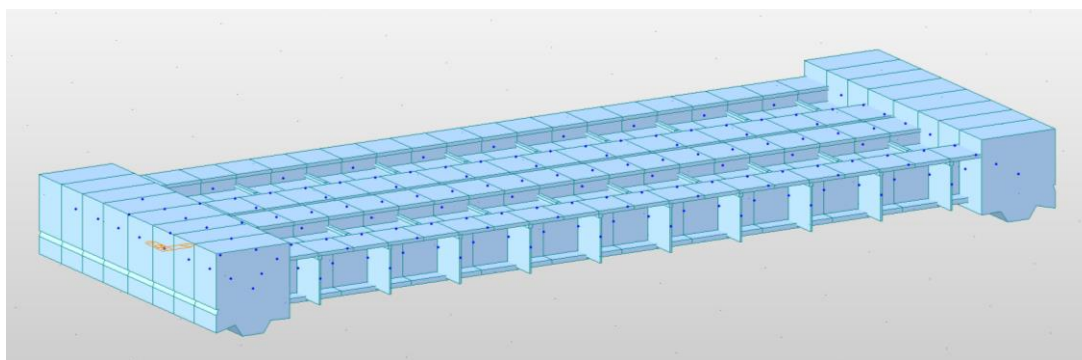
Dynamický součinitel - ÚNAVA

$L = 0.67 \text{ m}$
 $L_{\phi} = 4.34 \text{ m}$
 $\phi_2 = 1.58$

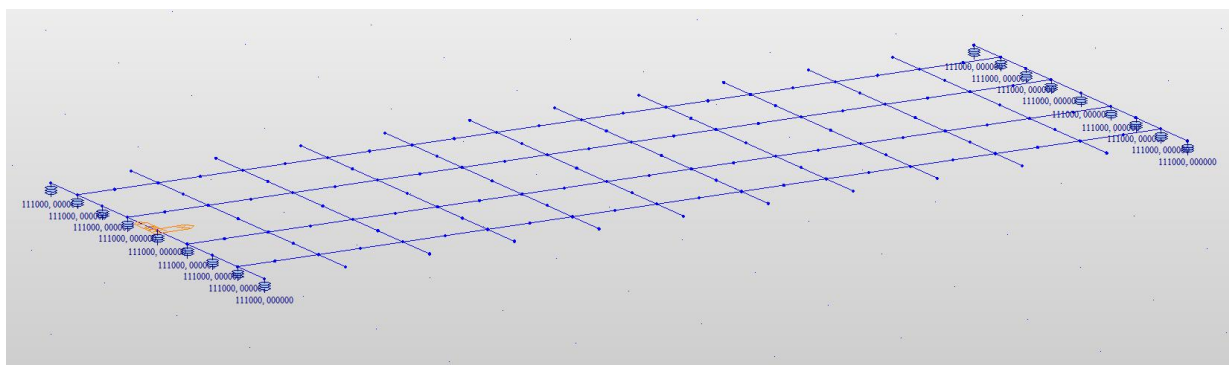
3.4.1 Popis modelu pro výpočet vnitřních sil a deformací na NK

Výpočet vnitřních sil byl proveden s efektivními průřezy průřezy a odpovídajícím zatížením. Výpočetní model tvoří nosníkový rošt z hlavních nosníků a příčníků. Model je prostě podepřen.

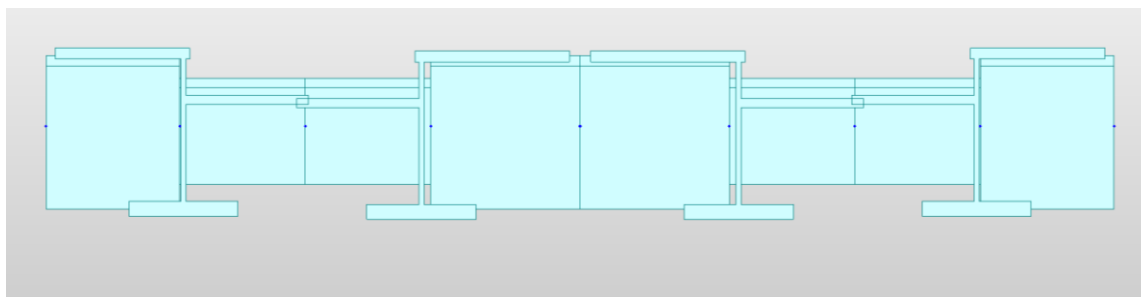
3.5 Pohled / axonometrie



Obr.: Rendrovaný model



Obr.: Prutový model



Obr.: Rendrovaný příčný řez

4 Zatřídění průřezů šířka b_{eff}

VNITŘNÍ NOSNÍK

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU - VNITŘNÍ ČÁSTI

$f_y =$ **345** MPa

$\varepsilon =$ 0.83

$c =$ **805** mm

$t =$ **30** mm

TLAČENÁ ČÁST

c / t				TŘÍDA
26.8	<	$33\varepsilon =$	27.2	1
26.8	<	$38\varepsilon =$	31.4	-
26.8	<	$42\varepsilon =$	34.7	-
26.8	<	$42\varepsilon =$	34.7	-

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU - VNITŘNÍ ČÁSTI

$f_y =$ **345** MPa

$\varepsilon =$ 0.83

$c =$ **676** mm

$t =$ **25** mm

TLAČENÁ ČÁST

c / t				TŘÍDA
27.0	<	$33\varepsilon =$	27.2	1
27.0	<	$38\varepsilon =$	31.4	-

27.0	<	$42\varepsilon =$	34.7	-
27.0	<	$42\varepsilon =$	34.7	-

PROSTŘEDNÍ ČÁST VNITŘNÍHO NOSNÍKU

boulení dle ČSN EN 1993-1-5

pro vnitřní tlačené části

b =	806	mm
b0 =	403	mm
t =	30	mm
f _y =	355	MPa
ε =	0.81	
k σ =	4	
ψ =	1	
λ _p =	0.58	
ρ =	1.000	
b _{eff} =	403	mm

smykové ochabnutí dle ČSN EN 1993-1-5

část nosníku: celý

L =	7310	mm
L1 =	-	mm
L2 =	-	mm
L3 =	-	mm
Le =	7310	mm
b0 =	806	mm
t =	30	mm
A _{sl} =	0	mm ²
α ₀ =	1.000	
κ =	0.11	
momenty: kladné		
β =	0.93	

pružnoplastické účinky smykového ochabnutí

$\beta^{\kappa} =$	0.99
b_{eff} =	400 mm

KRAJNÍ ČÁST VNITŘNÍHO NOSNÍKU (MOSTOVKA)

boulení dle ČSN EN 1993-1-5

pro vnitřní tlačené části

b =	676	mm
b0 =	338	mm
t =	25	mm
f _y =	345	MPa
ε =	0.83	
k σ =	4	
ψ =	1	
λ _p =	0.58	

$\rho =$ 1.000
 $b_{eff} =$ 338 mm

smykové ochabnutí dle ČSN EN 1993-1-5

část nosníku: celý

$L =$ 7310 mm
 $L1 =$ - mm
 $L2 =$ - mm
 $L3 =$ - mm
 $Le =$ 7310 mm
 $b0 =$ 676 mm
 $t =$ 30 mm
 $Asl =$ 0 mm²
 $\alpha_0 =$ 1.000
 $\kappa =$ 0.09
momenty: kladné
 $\beta =$ 0.95

pružnoplastické účinky smykového ochabnutí

$\beta^{\kappa} =$ 1.00
 $b_{eff} =$ 336 mm

KRAJNÍ NOSNÍK

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU - PŘEČNÍVAJÍCÍ ČÁSTI

$f_y =$ 345 MPa
 $\varepsilon =$ 0.83
 $c =$ 360 mm
 $t =$ 30 mm

TLAČENÁ ČÁST

c / t				TŘÍDA
12.0	>	$9\varepsilon =$	7.4	-
12.0	>	$10\varepsilon =$	8.3	-
12.0	>	$14\varepsilon =$	11.6	-
12.0	>	$14\varepsilon =$	11.6	4

boulení dle ČSN EN 1993-1-5

pro přečnávající tlačené části

$b0 =$ 360 mm
 $t =$ 30 mm
 $f_y =$ 345 MPa
 $\varepsilon =$ 0.83
 $\psi =$ 1
 $k \sigma =$ 0.43
 $\lambda_p =$ 0.78

$\rho =$ 0.972
 $b_{eff} =$ 350 mm
 $A_{ceff} =$ 10502 mm²

smykové ochabnutí dle ČSN EN 1993-1-5

část nosníku: celý

$L =$ 7310 mm
 $L_1 =$ - mm
 $L_2 =$ - mm
 $L_3 =$ - mm
 $L_e =$ 7310 mm
 $b_0 =$ 360 mm
 $t =$ 30 mm

$\alpha_0^* =$ 0.986

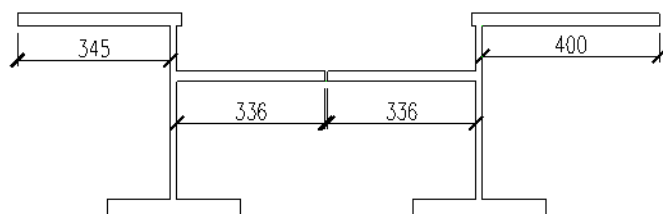
$\kappa =$ 0.05

momenty: kladné

$\beta_{ult} =$ 0.99

interakce boulení a symkového ochabnutí dle ČSN EN 1993-1-5

$b_{eff} =$ 345 mm



PŘÍČNÍK - PROSTŘEDNÍ ČÁST

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU - VNITŘNÍ ČÁSTI

$f_y =$ 345 MPa
 $\varepsilon =$ 0.83
 $c =$ 656 mm
 $t =$ 30 mm

TLAČENÁ ČÁST

c / t				TŘÍDA
21.9	<	$33\varepsilon =$	27.2	1
21.9	<	$38\varepsilon =$	31.4	-
21.9	<	$42\varepsilon =$	34.7	-
21.9	<	$42\varepsilon =$	34.7	-

boulení dle ČSN EN 1993-1-5

pro vnitřní tlačené části

$b =$ 656 mm
 $b_0 =$ 328 mm

$t = 30$ mm
 $f_y = 345$ MPa
 $\varepsilon = 0.83$
 $k \sigma = 4$
 $\psi = 1$
 $\lambda_p = 0.47$
 $\rho = 1.000$
 $b_{eff} = 328$ mm

smykové ochabnutí dle ČSN EN 1993-1-5

část nosníku: **prostřední**

$L = -$ mm
 $L_1 = 690$ mm
 $L_2 = 820$ mm
 $L_3 = -$ mm
 $L_e = 574$ mm
 $b_0 = 676$ mm
 $t = 30$ mm
 $A_{sl} = 0$ mm²
 $\alpha_0 = 1.000$
 $\kappa = 1.18$
momenty: **kladné**
 $\beta = 0.14$

pružnoplastické účinky smykového ochabnutí

$\beta^{\kappa} = 0.14$
 $b_{eff} = 47$ mm

PŘÍČNÍK - KRAJNÍ ČÁST (MOSTOVKA)

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU - VNITŘNÍ ČÁSTI

$f_y = 355$ MPa
 $\varepsilon = 0.81$
 $c = 656$ mm
 $t = 25$ mm

TLAČENÁ ČÁST

c / t				TŘÍDA
26.2	<	$33\varepsilon =$	26.8	1
26.2	<	$38\varepsilon =$	30.9	-
26.2	<	$42\varepsilon =$	34.2	-
26.2	<	$42\varepsilon =$	34.2	-

boulení dle ČSN EN 1993-1-5

pro vnitřní tlačené části

$b = 656$ mm
 $b_0 = 328$ mm

$t = 25$ mm
 $f_y = 355$ MPa
 $\varepsilon = 0.81$
 $k \sigma = 4$
 $\psi = 1$
 $\lambda_p = 0.57$
 $\rho = 1.000$
 $b_{eff} = 668$ mm

smykové ochabnutí dle ČSN EN 1993-1-5

část nosníku: **krajní**

$L = -$ mm
 $L_1 = 690$ mm
 $L_2 = 820$ mm
 $L_3 = -$ mm
 $L_e = 586.5$ mm
 $b_0 = 676$ mm
 $t = 25$ mm
 $A_{sl} = 0$ mm²
 $\alpha_0 = 1.000$
 $\kappa = 1.15$
momenty: **kladné**
 $\beta = 0.15$

pružnoplastické účinky smykového ochabnutí

$\beta^{\kappa} = 0.15$
 $b_{eff} = 98$ mm

boulení dle ČSN EN 1993-1-5

pro vnitřní tlačené části

$b = 656$ mm
 $b_0 = 328$ mm
 $t = 25$ mm
 $f_y = 355$ MPa
 $\varepsilon = 0.81$
 $k \sigma = 4$
 $\psi = 1$
 $\lambda_p = 0.57$
 $\rho = 1.000$
 $b_{eff} = 668$ mm

smykové ochabnutí dle ČSN EN 1993-1-5

část nosníku: **podpora**

$L = -$ mm
 $L_1 = 690$ mm
 $L_2 = 820$ mm

$L3 =$ - mm
 $Le =$ **377.5** mm
 $b0 =$ **676** mm
 $t =$ **25** mm
 $Asl =$ **0** mm²
 $\alpha_0 =$ 1.000
 $\kappa =$ 1.79
momenty: **záporné**
 $\beta =$ 0.06

pružnoplastické účinky smykového ochabnutí

$\beta^{\kappa} =$ 0.06
beff = **43** mm

5 Kombinace vnitřních sil

NÁVRHOVÁ KOMBINACE 6.10 -HL.N.

	α	γ_f	Φ_3	FAKTOR
vlastní tíha		1.35		1.35
zábradlí+ konzoly		1.35		1.35
boční ráz	1.1	1.45		1.60
vítr zleva	1.5			1.50
svršek		1.35		1.35
LM71	1.1	1.45	1.59	2.54

NÁVRHOVÁ KOMBINACE 6.10 -PR.

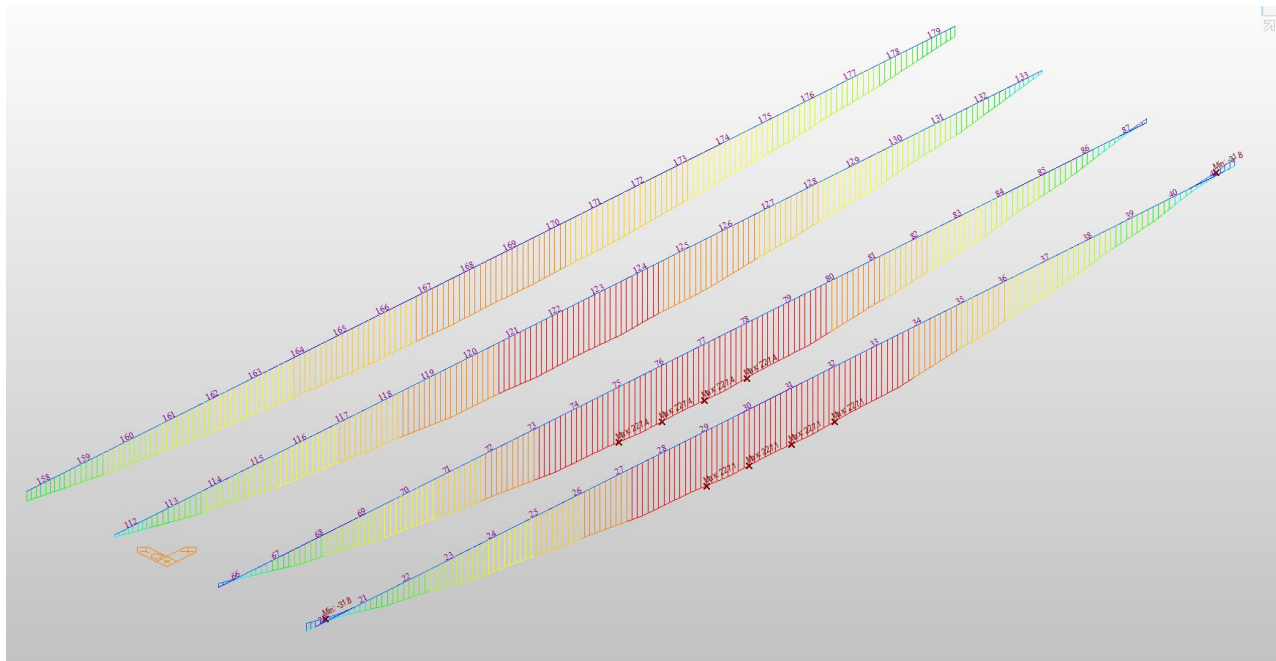
	α	γ_f	Φ_3	FAKTOR
vlastní tíha		1.35		1.35
zábradlí+ konzoly		1.35		1.35
boční ráz	1.1	1.45		1.60
vítr zleva	1.5			1.50
svršek		1.35		1.35
LM71	1.1	1.45	1.88	2.99

KOMBINACE	vlastní tíha	zábradlí+ konzoly	boční ráz	vítr zleva	svršek	LM71
NÁVRH. 6.10 HL.N.	1.35	1.35	1.6	1.5	1.35	2.54
CHAR.	1	1			1	1.59
DEFOR.						1.75
UNAVA HL.N.						1.4
NÁVRH. 6.10 PR.	1.35	1.35	1.6	1.5	1.35	2.12
UNAVA PR.						1.58

6 Posouzení průřezů v mezním stavu únosnosti

6.1 Hlavní nosníky

6.1.1 Vnitřní síly

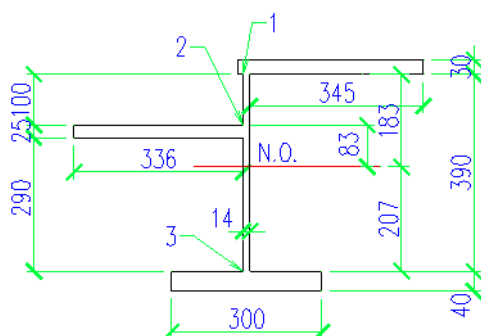


Obr.: Obálky ohybových momentů na hlavních nosnících od LM71

Charakteristické	Q [kN]	M[kNm]
VLASTNÍ TÍHA	12.0	22.0
zábradlí+konzoly	1.5	2.9
boční ráz	4.1	9.2
vítr zleva	68.8	91.1
svršek	5.6	11.5
LM71(max)	142.5	227.1

Kombinace	Q [kN]	M[kNm]
NÁVRH. 6.10 HL.N.(max)	497.5	776.9
DEFOR.(max)	249.5	397.4
UNAVA HL.N.(max)	199.6	317.9

6.1.2 Pružná únosnost



A (mm ²)	A _{sy} (mm ²)	A _{sz} (mm ²)	z (+) (mm)	z (-) (mm)
36930	13984.1	6123.3	213.148	246.852
I _{xx} (mm ⁴)	I _{yy} (mm ⁴)	I _{zz} (mm ⁴)	y (+) (mm)	y (-) (mm)
39159500	1166950000	8.59E+08	353.404	341.596

MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Ohybová únosnost

$f_y = 355$ MPa

$W_{eff,min} = 4727326$ mm³

$M_{c,Rd} =$	1678 kNm	$>$	$M_{Ed} =$	776.94 kNm	VYHOVUJE
využití	46 %				

Smyková únosnost

$f_y = 355$ MPa

$h_w = 390$ mm

$t_w = 14$ mm

$A_v = 5460$ mm²

$d/t_w = 27.86 < 56.1 = 69 * \epsilon$
-k boulení stěny se nepřihlíží

Smyková únosnost 1 nosníku:

$V_{Rd} = A_v * f_y / (3)^{1/2}$

$V_{Rd} =$	1119 kN	$>$	$V_{Ed} =$	497.5 kN	VYHOVUJE
využití	44 %				
$0.5V_{Rd} =$	560 kN	$>$	$V_{Ed} =$	497.5 kN	

VYHOVUJE

ZATÍŽITELNOST - MSÚ

$M_{c,Rd} = 1678$ kNm

$M_{rs,Ed} = 200$ kNm

$M_{LM71,Ed} = 578$ kNm

$Z_{LM71} = 2.56$

$V_{Rd} = 1119$ kN

$V_{rs,Ed} = 136$ kN

$V_{LM71,Ed} = 362$ kN

$Z_{LM71} = 2.72$

6.1.3 Svary

Krční svary hlavního nosníku

Horní pásnice

$f_u = 510$ MPa

$$\begin{aligned}\gamma_{M2} &= 1.25 \\ \beta_W &= 0.9 \\ f_{vw,d} = f_u / (\sqrt{3} \beta_W \gamma_{M2}) &= 261.7 \text{ MPa} \quad \text{návrhová pevnost svaru ve smyku}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{Ed} &= 185.0 \text{ kN} \\ S_y &= 2.168E+06 \text{ mm}^3 \\ I_y &= 1.167E+09 \text{ mm}^4 \\ \text{výška svaru } a_{we} &= 6 \text{ mm} \\ \tau_{||} &= 28.6 \text{ MPa}\end{aligned}$$

posouzení

$$\begin{array}{rclcl} \text{celkem } \tau_{||} & < & f_{vw,d} & & \\ 28.6 & < & 261.7 & \text{VYHOVUJE} & \\ \text{využití} & & 11 \% & & \end{array}$$

ZATÍŽITELNOST

$$\begin{aligned}V_{Ed} &= 135.5 \text{ kN} \\ S_y &= 2.168E+06 \text{ mm}^3 \\ I_y &= 1.167E+09 \text{ mm}^4 \\ \text{výška svaru } a_{we} &= 6 \text{ mm} \\ \tau_{||} &= 21.0 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_{vw,d} &= 262 \text{ MPa} \\ \tau_{rs,Ed} &= 21 \text{ MPa} \\ \tau_{LM71,Ed} &= 6 \text{ MPa} \\ Z_{LM71} &= 38.01\end{aligned}$$

Dolní pásnice

$$\begin{aligned}f_u &= 510 \text{ MPa} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 \\ \beta_W &= 0.9 \\ f_{vw,d} = f_u / (\sqrt{3} \beta_W \gamma_{M2}) &= 261.7 \text{ MPa} \quad \text{návrhová pevnost svaru ve smyku}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{Ed} &= 185.0 \text{ kN} \\ S_y &= 2.724E+06 \text{ mm}^3 \\ I_y &= 1.167E+09 \text{ mm}^4 \\ \text{výška svaru } a_{we} &= 6 \text{ mm} \\ \tau_{||} &= 36.0 \text{ MPa}\end{aligned}$$

posouzení

$$\begin{array}{rclcl} \text{celkem } \tau_{||} & < & f_{vw,d} & & \\ 36.0 & < & 261.7 & \text{VYHOVUJE} & \\ \text{využití} & & 14 \% & & \end{array}$$

ZATÍŽITELNOST

$V_{Ed} =$	135.5	kN
$S_y =$	2.724E+06	mm ³
$I_y =$	1.167E+09	mm ⁴
výška svaru $a_{we} =$	6	mm
$\tau_{ } =$	26.4	MPa
$f_{vw,d} =$	262	MPa
$\tau_{rs,Ed} =$	26	MPa
$\tau_{LM71,Ed} =$	8	MPa
$Z_{LM71} =$	29.58	

Krční svary příčnicku

$f_u =$	510	MPa
$\gamma_{M2} =$	1.25	
$\beta_w =$	0.9	
$f_{vw,d} = f_u / (\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}) =$	261.7	MPa návrhová pevnost svaru ve smyku

$V_{Ed} =$	185.0	kN
$S_y =$	1.044E+05	mm ³
$I_y =$	3.556E+07	mm ⁴
výška svaru $a_{we} =$	5	mm
$\tau_{ } =$	54.3	MPa

posouzení

celkem $\tau_{ }$	<	$f_{vw,d}$	
54.3	<	261.7	VYHOVUJE
využití		21	%

ZATÍŽITELNOST

$V_{Ed} =$	28.5	kN
$S_y =$	1.044E+05	mm ³
$I_y =$	3.556E+07	mm ⁴
výška svaru $a_{we} =$	5	mm
$\tau_{ } =$	8.4	MPa
$f_{vw,d} =$	262	MPa
$\tau_{rs,Ed} =$	8	MPa
$\tau_{LM71,Ed} =$	38	MPa
$Z_{LM71} =$	6.67	

6.1.4 Únava

HLAVNÍ NOSNÍK

$\lambda_1 =$	0.95	pro L = 7.31 m a standardní kolejovou dopravu
$\lambda_2 =$	0.72	pro roční dopravu < 5*10 ⁶ t
$\lambda_3 =$	1.00	pro 100 let
$\lambda_4 =$	1.00	
$\lambda =$	0.68	< $\lambda_{\max} = 1.4$
$\Phi_2 =$	1.40	
$\gamma_{Mf} =$	1.35	
$\gamma_{Ff} =$	1.0	

BOD 1

ROZKMIT NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ

vnitřní síly	Mmin	Mmax	
LM71+ ϕ_2	0	318	kNm
z =	183.0	mm	
Iy =	1166950000	mm ⁴	
$\sigma_x =$	0.0	49.9	MPa
$\Delta\sigma_{E,2} =$	34.1	MPa	

KATEGORIE DETAILU dle ČSN EN 1993-1-9

A) ruční koutové svary

$\Delta\sigma_{C,h} = 100$ MPa

$\gamma_{Mf} \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / \Delta\sigma_c = 0.46 < 1.0$ vyhovuje

BOD 2

ROZKMIT NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ

vnitřní síly	Mmin	Mmax	
LM71+ ϕ_2	0	318	kNm
z =	83.0	mm	
Iy =	1166950000.0	mm ⁴	
$\sigma_x =$	0.0	22.6	MPa
$\Delta\sigma_{E,2} =$	15.5	MPa	

KATEGORIE DETAILU dle ČSN EN 1993-1-9

A) přivařený trn, přípoj výztuhy

$\Delta\sigma_c = 80$ MPa

$\gamma_{Mf} \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / \Delta\sigma_c = 0.26 < 1.0$ vyhovuje

BOD 3

ROZKMIT NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ

vnitřní	Mmin	Mmax	
---------	------	------	--

síly

LM71+ ϕ_2	0	318	kNm
z =	207.0	mm	
I _y =	1166950000.0	mm ⁴	
σ_x =	0.0	56.4	MPa
$\Delta\sigma_{E,2}$ =	38.6	MPa	

KATEGORIE DETAILU dle ČSN EN 1993-1-9

A) ruční koutové svary

$\Delta\sigma_c$ = 100 MPa

$$\gamma_{Mf} \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / \Delta\sigma_c = 0.52 < 1.0 \text{ vyhovuje}$$

B) přivařené výztuhy k pásnici

$\Delta\sigma_c$ = 80 MPa

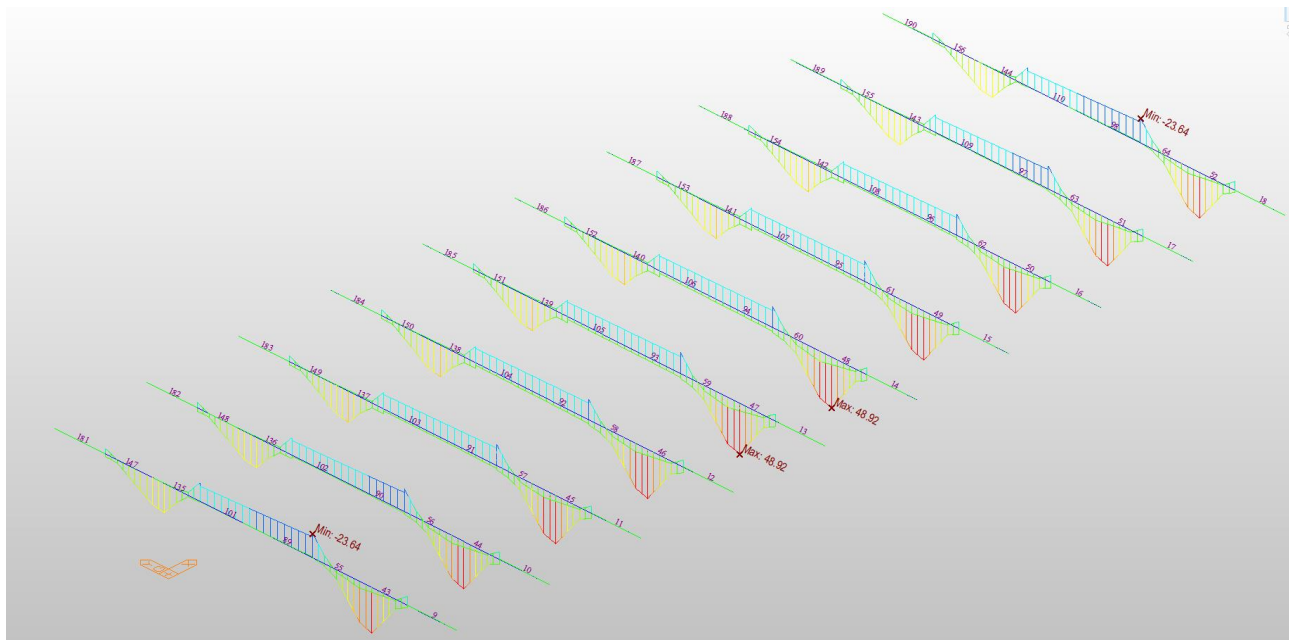
$$\gamma_{Mf} \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / \Delta\sigma_c = 0.65 < 1.0 \text{ vyhovuje}$$

6.1.5 Závěr

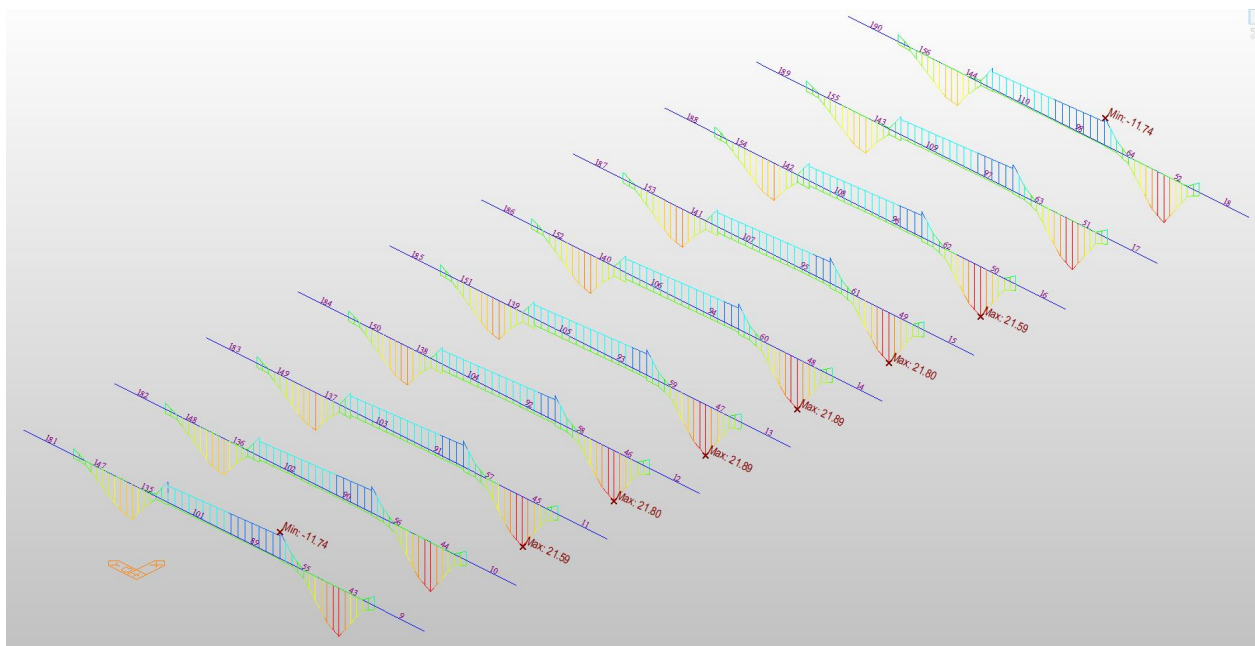
Navržený průřez hlavního nosníku a jeho svary vyhoví v mezním stavu únosnosti a únavy.

6.2 Příčnický

6.2.1 Vnitřní síly

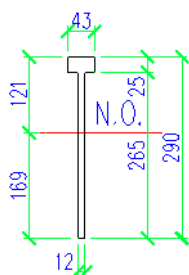


Obr.: Obálky ohybových momentů na příčnicích od návrhové kombinace 6.10



Obr.: Obálky ohybových momentů na příčnicích od kombinace pro únavu

6.2.2 Pružná únosnost



A (mm ²)	Asy (mm ²)	Asz (mm ²)	z (+) (mm)	z (-) (mm)
4255	1690.05	3104.07	120.867	169.133
Ixx (mm ⁴)	Iyy (mm ⁴)	Izz (mm ⁴)	y (+) (mm)	y (-) (mm)
1783480	35557300	203800	21.5	21.5

MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Ohybová únosnost

$f_y = 355$ MPa

$W_{eff,min} = 210233$ mm³

$M_{c,Rd} =$	75 kNm	>	$M_{Ed} =$	48.90 kNm	VYHOVUJE
využití	66 %				

Smyková únosnost

$f_y = 355$ MPa

$h_w = 265$ mm

$t_w = 12$ mm

$$A_v = 3180 \text{ mm}^2$$

$$d/t_w = 22.08 < 56.1 = 69 \cdot \varepsilon$$

-k boulení stěny se nepřihlíží

Smyková únosnost 1 nosníku:

$$V_{Rd} = A_v \cdot f_y / (3)^{1/2}$$

$V_{Rd} =$	652	kN	>	$V_{Ed} =$	212.0	kN	VYHOVUJE
------------------------------	------------	-----------	-------------	------------------------------	--------------	-----------	-----------------

$$\text{využití} = 33 \%$$

$$0.5V_{Rd} = 326 \text{ kN} > V_{Ed} = 212.0 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

ZATÍŽITELNOST - MSÚ

$$M_{c,Rd} = 75 \text{ kNm}$$

$$M_{rs,Ed} = 10 \text{ kNm}$$

$$M_{LM71,Ed} = 41 \text{ kNm}$$

$$Z_{LM71} = 1.56$$

$$V_{Rd} = 652 \text{ kN}$$

$$V_{rs,Ed} = 28 \text{ kN}$$

$$V_{LM71,Ed} = 184 \text{ kN}$$

$$Z_{LM71} = 3.39$$

6.2.3 Svary

Přípoj příčnicku

Výška	290	mm
b_h	46	mm
$a_{f,h}$	12.5	mm
h_w	265	mm
a_w	6	mm
b_d	0	mm
$a_{f,d}$	0	mm

Výřez pod dolní pásnicí

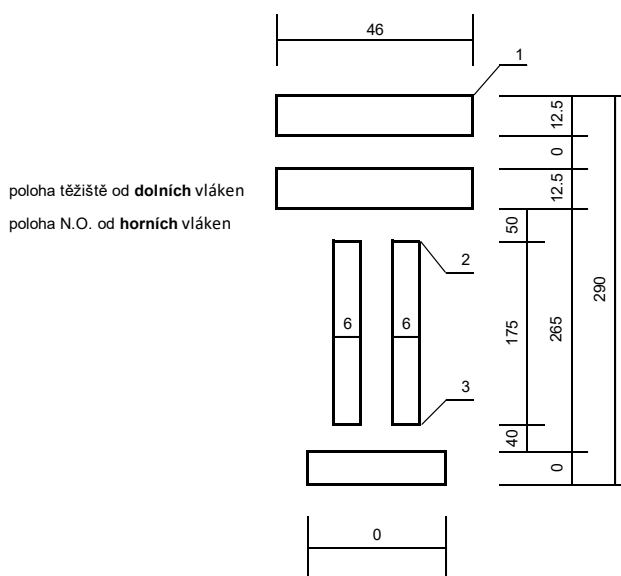
$h_{výřez}$	50
$d_{výřez}$	40
$tl_{h,pásnice}$	0

Průřezové charakteristiky

A	3250	mm ²
A_v	2100	mm ²
S_z	3.556E+05	mm ³
e_h	109	mm
$c_z = e_d$	180.6	mm
I_y	2.214E+07	mm ⁴
i_y	83	mm
$W_{el,y,h,1}$	2.023E+05	mm ³
$W_{el,y,h,2}$	6.431E+05	mm ³
$W_{el,y,d,3}$	1.226E+05	mm ³

Pro kombinaci smyku a ohybu

$S_{z,h}$	5.932E+04	mm ³
$S_{z,d}$	0.000E+00	mm ³
$W_{el,y,h,d}$	2.284E+05	mm ³
$W_{el,y,d,h}$	1.226E+05	mm ³



Posouzení svaru dle ČSN EN 1993-1-8

$V_{Ed} =$	158	kN
$M_{y,Ed} =$	23.6	kNm
$f_u =$	510	MPa
$\gamma_{M2} =$	1.25	
$\beta_w =$	0.9	

BOD 1

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = 82.5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / \beta_w \gamma_{M2}$$

165.0	<	453	MPa	Vyhoví
-------	---	-----	-----	--------

BOD 2

$$\tau_{\perp,2} = \sigma_{\perp,2} = 25.9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel,2} = 75.2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / \beta_w \gamma_{M2}$$

140.3	<	453.3	MPa	Vyhoví
-------	---	-------	-----	--------

BOD 3

$$\tau_{\perp,3} = \sigma_{\perp,3} = 136.1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel,3} = 75.2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / \beta_w \gamma_{M2}$$

301.8	<	453.3	MPa	Vyhoví
-------	---	-------	-----	--------

$$E_{rs,Ed} = 20 \text{ MPa}$$

$$E_{LM71,Ed} = 145 \text{ MPa}$$

$$Z_{LM71} = 2.98$$

$$E_{rs,Ed} = 24 \text{ MPa}$$

$$E_{LM71,Ed} = 116 \text{ MPa}$$

$$Z_{LM71} = 3.69$$

$$E_{rs,Ed} = 40 \text{ MPa}$$

$$E_{LM71,Ed} = 262 \text{ MPa}$$

$$Z_{LM71} = 1.58$$

6.2.4 Únava

PŘÍČNÍK

pro $L = 0.67 \cdot 2 + 3 = 4.34 \text{ m}$ a standardní kolejovou dopravu				
$\lambda_1 =$	1.04			
$\lambda_2 =$	0.72			pro roční dopravu $< 5 \cdot 10^6 \text{ t}$
$\lambda_3 =$	1.00			pro 100 let
$\lambda_4 =$	1.00			
$\lambda =$	0.75	<	$\lambda_{\max} =$	1.4
$\Phi_2 =$	1.58			
$\gamma_{Mf} =$	1.15			
$\gamma_{Ff} =$	1.0			

ROZKMIT NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ

vnitřní síly	Mmin	Mmax	
LM71+ ϕ_2	0	22	kNm
z =	96.0	mm	
Iy =	35557300	mm ⁴	
$\sigma_x =$	0.0	59.4	MPa

$$\Delta\sigma_{E,2} = 44.3 \text{ MPa}$$

KATEGORIE DETAILU dle ČSN EN 1993-1-9

A) ruční koutové svary

$$\Delta\sigma_{C,h} = 100 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mf} \gamma_{Ft} \Delta\sigma_{E,2} / \Delta\sigma_c = 0.51 < 1.0 \text{ vyhovuje}$$

ROZKMIT NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ

vnitřní síly	Mmin	Mmax	
LM71+ ϕ_2	-12	1	kNm
z =	169.1	mm	
I _y =	35557300	mm ⁴	
σ_x =	-55.7	2.9	MPa
$\Delta\sigma_{E,2} =$	43.6	MPa	

ROZKMIT SMYKOVÝCH NAPĚTÍ

vnitřní síly	Vmin	Vmax	
LM71+ ϕ_2	-84	1	kN
$\Delta V =$	85	kN	
A _{w,net} =	2100	mm ²	
$\tau =$	40	MPa	
$\Delta\tau_{E,2} =$	30.1	MPa	
ekvivalentní rozkmit napětí			
$\Delta\sigma_{eq} =$	48.3	MPa	

KATEGORIE DETAILU dle ČSN EN 1993-1-9

A) stěna příčnicku v přípoji k hlavnímu nosníku

$$\Delta\sigma_c = 56 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mf} \gamma_{Ft} \Delta\sigma_{E,2} / \Delta\sigma_c = 0.99 < 1.0 \text{ vyhovuje}$$

Průřezové charakteristiky

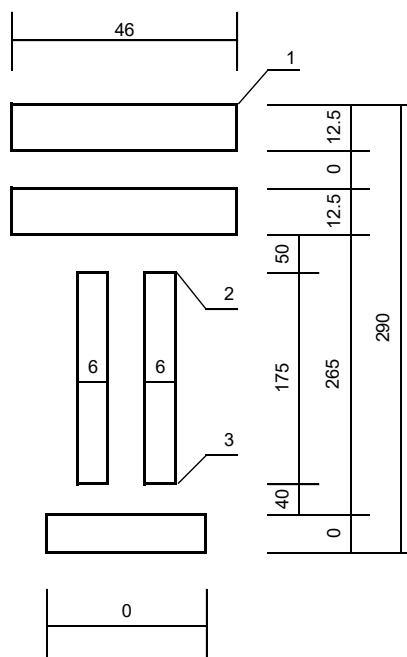
A	3250	mm ²
A _v	2100	mm ²
S _z	3.556E+05	mm ³
e _h	109	mm
c _z =e _d	180.6	mm
I _y	2.214E+07	mm ⁴
i _y	83	mm
W _{el,y,h,1}	2.023E+05	mm ³
W _{el,y,h,2}	6.431E+05	mm ³
W _{el,y,d,3}	1.575E+05	mm ³

Pro kombinaci smyku a ohybu

S _{z,h}	5.932E+04	mm ³
S _{z,d}	0.000E+00	mm ³
W _{el,y,h,d}	2.284E+05	mm ³
W _{el,y,d,h}	1.226E+05	mm ³

poloha těžiště od **dolních** vláken

poloha N.O. od **horních** vláken



V _{Ed} =	86	kN
M _{y,Ed} =	12.3	kNm
λ =	0.75	
γ _{Mf} =	1.15	
γ _{Ff} =	1.0	

BOD 1

ROZKMIT NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ

$$\Delta\sigma = 43.0 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma \cdot \lambda = 32.1 \text{ MPa}$$

KATEGORIE DETAILU dle ČSN EN 1993-1-9

A) T spoj mostovky a stěny hlavního nosníku

$$\Delta\sigma_c = 80 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mf} \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / \Delta\sigma_c = 0.46 < 1.0 \text{ vyhovuje}$$

BOD 3

ROZKMIT NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ

$$\tau_{\perp,3} = \sigma_{\perp,3} = 55.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{wf} = \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 78.1 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_{wf} \cdot \lambda = 58.3 \text{ MPa}$$

KATEGORIE DETAILU dle ČSN EN 1993-1-9

A) T spoj stěny příčnicku a stěny hlavního nosníku pro kontrolované svary bez defektů

$$\Delta\sigma_c = 80 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mf} \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / \Delta\sigma_c = 0.84 < 1.0 \text{ vyhovuje}$$

ROZKMIT SMYKOVÝCH NAPĚTÍ

$$\tau_{\parallel,3} = 41.0 \text{ MPa}$$

$$\Delta\tau_{E2} = \Delta\tau_{\parallel,3} \cdot \lambda = 30.5 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_c = 80 \text{ MPa}$$

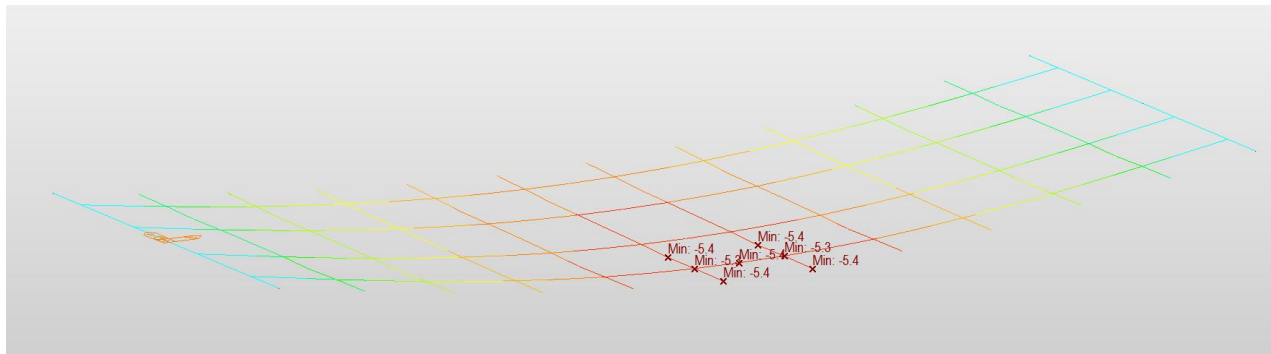
$$\gamma_{Mf} \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} / \Delta\sigma_c = 0.44 < 1.0 \text{ vyhovuje}$$

6.2.5 Závěr

Navržený průřez příčnicku a jeho svary vyhoví v mezním stavu únosnosti a únavy.

7 Mezní stav použitelnosti

7.1 Průhyby



Obr.: Průhyb od LM71

PRŮHYB Z HLEDISKA BEZPEČNOSTI DOPRAVY

zatížení LM71 $\Phi_3 = 1.59$ $\alpha = 1.1$
 $\delta = 5.4$ mm

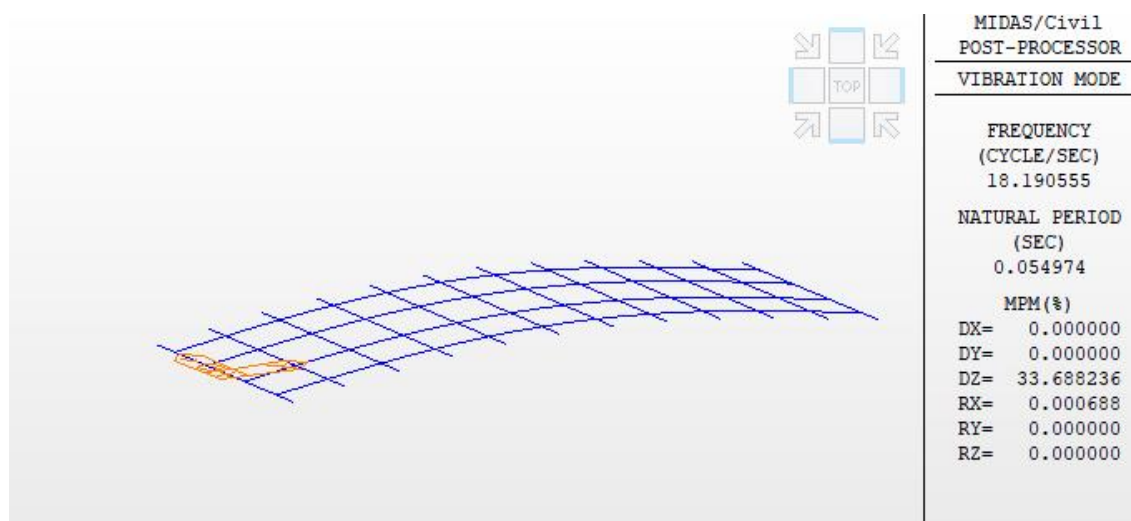
$\delta =$	9.5 mm	<	L/600 =	12.2 mm	vyhovuje
------------	---------------	-------------	----------------	----------------	-----------------

PRŮHYB Z HLEDISKA POHODY CESTUJÍCÍCH

zatížení LM71 $\alpha = 1.1$
 $\delta = 5.4$ mm

$\delta =$	5.9 mm	<	L/800 =	9.1 mm	vyhovuje
------------	---------------	-------------	----------------	---------------	-----------------

8 Dynamické vlastnosti



Obr.: První vlastní tvar s první vlastní frekvencí

DYNAMIKA

L = 7.31 m

MODEL:	18.19	Hz	<	horní mez	21.4	Hz	vyhovuje
			>	dolní mez	10.9	Hz	vyhovuje

9 Tabulka zatížitelnosti

Přehled zatížitelnosti částí mostu

A. Identifikace mostu

km 20.116

TÚ (číslo, název): 0491 Rožnov (mimo) – Černý Kříž (mimo)

DÚ: 30 Plešovice – Zlatá Koruna

B. Identifikace části mostu

Část mostu: nosná konstrukce

poř. číslo 1
(ve směru staničení)

pod kolejí č. 1

C. Doplnující údaje části mostu

Kategorie zatížitelnosti: C Výpočtový model: prutový

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

	na začátku	uprostřed	na konci
poloměr oblouku	-	-	-
převýšení koleje	-	-	-
excentricita osy koleje	0	0	0

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	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
2	Hlavní nosník	Dolní pásnice	normálové napětí	1.00	M	7.31	1.59	7.31	1.45			2.56		
2	Příčník	Dolní část stěny	normálové napětí	1.00	M	0.69	1.88	4.34	1.45			1.56		
3	Příčník	přípoj k hl.n. (svar)	normálové a smykové napětí ve svaru	1.00	M, V	0.69	1.88	4.34	1.45			1.58		

10 Závěr statického výpočtu

Statický výpočet prokázal, že navržená mostní konstrukce včetně všech přípojí vyhovuje dle platných evropských norem pro určená zatížení v mezním stavu únosnosti a použitelnosti se zatížitelností $Z_{LM71} = 1,56$ a vyhovuje požadavků na dynamické vlastnosti železničních mostů dle platných evropských norem a předpisů.