

TÚ: 0901 Praha hl.n. (mimo) – Turnov (mimo) (odb. Skály jen část)
DÚ: 30 Mladá Boleslav hl.n. – Mladá Boleslav-Debř

TÚ: 1431 Mladá Boleslav hl.n.(mimo)–Stará Paka (mimo) (bez žst. Libuň)
DÚ: 02 Mladá Boleslav hl.n. – Mladá Boleslav město

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S–JTSK

	Vedoucí projektu	Zodpovědný projektant	Investor	SŽDC s.o. SS ZÁPAD
	ING. L. MAREK <i>heř</i>	ING. J. SVITAVSKÝ <i>Švitavský</i>	Místo stavby	ČEJETICE U ML. BOL.
	Vypracoval	Kontroloval	Formát	A4
	ING. I. HEINZ <i>Heinz</i>	ING. L. MAREK <i>heř</i>	Datum	06/2017
TOP CON SERVIS s.r.o., Ke Stírce 1824/56, 182 00 Praha 8, tel/fax: 284 021 740, email: topcon@topcon.cz			Účel	PROJEKT
			Měřítko	
			Č.zakázky	129–15
REKONSTRUKCE MOSTU V KM 15,288 TRATI MLADÁ BOLESLAV – STARÁ PAKA E1.1 – SO 101 REKONSTRUKCE MOSTU			Číslo kopie	Číslo přílohy
				E1.1–12.1
STATICKÝ VÝPOČET NK TRATI PRAHA – TURNOV				

STATICKÝ VÝPOČET

**Rekonstrukce mostu v km 73,566
Trať 070 Praha – Turnov**

SO 01 – Most v km 73,566 – Mladá Boleslav U Česany

Obsah

1. Průvodní zpráva ke statickému výpočtu	2
1.1. Úvod	2
1.2. Použitá literatura, podklady a výpočetní programy	2
1.3. Základní údaje pro projekt mostu	2
1.4. materiál	3
1.5. Popis konstrukce	3
2. Zatížení	4
2.1. Stálé (vlastní tíha)	4
2.2. Zbytek stálého	4
2.3. Nahodilá zatížení	5
2.3.1. Zatížení železniční dopravou	5
2.3.2. Zatížení ostatní nahodilá	6
2.4. Zemní tlak na rub opěry, přitížení od zatížení za rubem opěry	7
2.5. Mimořádná zatížení	8
2.5.1. Vykolejení železničního vozidla	8
2.5.2. Náraz silničního vozidla pod mostem	8
3. Podélný směr	8
3.1. Popis statického modelu	8
3.2. Průřezové charakteristiky nosníků	9
3.2.1. Zatřídění průřezu	9
3.2.2. Smykové ochabnutí	9
3.2.3. Účinky boulení	10
3.3. Vnitřní síly	11
3.3.1. Sestavy a kombinace zatížení	11
3.3.2. V poli max. M nosník N1 – krajní	11
3.3.3. V poli max. M nosník N2 – vnitřní	12
3.3.4. U opěry max. V nosník N1 – vnější	13
3.3.5. U opěry max. V nosník N2 – vnitřní	14
3.4. Mezní stav únosnosti	15
3.5. Nosník N1 – krajní	15
3.5.1. Nosník N2 – vnitřní	19
3.5.2. Mezní stav únavy	22
3.5.3. Posouzení dynamického chování nosné konstrukce	22
3.5.4. Návrh krčních svarů ocelových nosníků	23
4. Příčný směr - výztuhy	24
4.1. Popis statického modelu	24
4.2. Průřezové charakteristiky	24
4.2.1. Zatřídění průřezu	24
4.2.2. Smykové ochabnutí	24
4.3. Vnitřní síly	26
4.4. Mezní stav únosnosti	29
4.5. Mezní stav únavy	31
4.6. Posouzení plechu mostovky – srovnávací napětí	31
4.7. Konzoly	32
5. Mezní stav použitelnosti	33
5.1. Průhyby, nadvýšení konstrukce	33
5.2. Deformace koncového průřezu konstrukce	34
6. Uložení, úložný práh	35
6.1. Reakce	35
6.2. Úložný práh opěr – napětí pod ozubem, příčné tahy	36
6.3. Posuny a natočení	37

6.4. Úložný práh opěr – únosnost zadního ústupku ozubu na vodorovnou sílu	37
6.4.2. Posouzení	38
6.5. Náraz vozidla – únosnost Hl. nosníku a příčné výztuhy.....	39
6.5.1. Hlavní nosníky	39
6.5.2. Příčné výztuhy	39
7. Zatížitelnost.....	42
8. Závěr.....	42
Příloha P1: Tabulky zatížitelnosti	

1. Průvodní zpráva ke statickému výpočtu

1.1. Úvod

Účelem tohoto statického výpočtu je návrh a posouzení nové nosné konstrukce a rekonstruované spodní stavby železničního mostu v km 73,566 trati Praha – Turnov.

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
- /8/ ČSN EN 1992-1-1 ed.2 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- /9/ ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- /10/ ČSN EN 1993-1-1(+ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- /11/ ČSN EN 1993-1-5(+ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn
- /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/ SŽDC Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů (07/2015)
- /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/ program Geotechnics Geo 4, firmy Fine

1.3. Základní údaje pro projekt mostu

- jednokolejný most
- jeden mostní otvor světlosti 9,0 m

- trať v přímé
- přemostovanou překážkou je místní komunikace, ulice Koněvova v Mladé Boleslavi – části obce Čejetice.
- 1x prostá ocelová konstrukce /dráha/ (rozpětí 10,05 m), konstrukce působí jako rozpěráková.
- železniční svršek : tvar 49E1, přímé upevnění DFF300
- nahodilé krátkodobé zatížení :
 - dle ČSN EN 1991-2 zatěžovacím modelem 71, $\alpha = 1,21$, (kategorie železniční tratě z hlediska mostů: 1. a 2. třída)
- řád koleje 5 - objem dopravy méně než 1,825 - 7,300 mil. HRT/ rok

1.4. materiál

ocel S355 J2+N, pro nosné části konstrukce, plechy $t < 16$ mm

$$f_y = 355 \text{ Mpa}$$

ocel S355 J2+N, pro nosné části konstrukce, plechy $16 < t < 40$ mm

$$f_y = 345 \text{ Mpa}$$

ocel S355 K2+N, pro nosné části konstrukce, plechy $t \geq 40$ mm

$$f_y = 335 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_M = 1,10 \text{ pro základní kombinace zatížení}$$

$$\gamma_M = 1,00 \text{ pro mimořádné kombinace zatížení}$$

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

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

beton C30/37 (B 425)

$$f_{c,k} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_C = 1,50 \text{ pro základní kombinace zatížení}$$

$$\gamma_M = 1,30 \text{ pro mimořádné kombinace zatížení}$$

$$\alpha_{cc} = 0,85$$

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

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

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

výztuž B500B (10505 R)

$$f_{s,k} = 500 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_M = 1,15 \text{ pro základní kombinace zatížení}$$

$$\gamma_M = 1,00 \text{ pro mimořádné kombinace zatížení}$$

1.5. Popis konstrukce

Vzhledem k omezené stavební výšce mostu nemohla být navržena mostní konstrukce s průběžným kolejovým ložem, v současné době obvyklá, ale bylo nutno zvolit konstrukci s mostovkou, která je z hlediska stavební výšky mostu mnohem úspornější.

Nosnou konstrukci mostu tvoří čtyři ocelové plnostěnné svařované nosníky o rozpětí 10,05 m, se společnou horní pásnicí – deskou mostovky šířky 3,00 m, plech tloušťky 30 mm. Deska mostovky je v příčném řezu dostředně skloněna ve 2,5%. Proto mají stěny hl. nosníku z plechu tl. 18 mm různé výšky – poblíž osy nosné konstrukce je to 460 mm a krajní nosník má 450 mm vysokou stěnu. Dolní pásnice hlavních nosníků jsou 50 x 320 mm a společně se stěnami jsou k mostovkovému plechu přivařeny ve tvaru obráceného T. Osová vzdálenost nosníků je 3x 800 mm. Celková výška nosníků je 530, respektive 540 mm. V osově vzdálenosti podkladnic koleje 635 mm jsou navařeny mezi hlavními nosníky k mostovkovému plechu příčné výztuhy obdélníkového průřezu 15x150 mm, nejsou tedy na celou výšku stěn hlavních nosníků, tvoří však také svislé výztuhy stěn po celé výšce průřezu 15x120 mm.

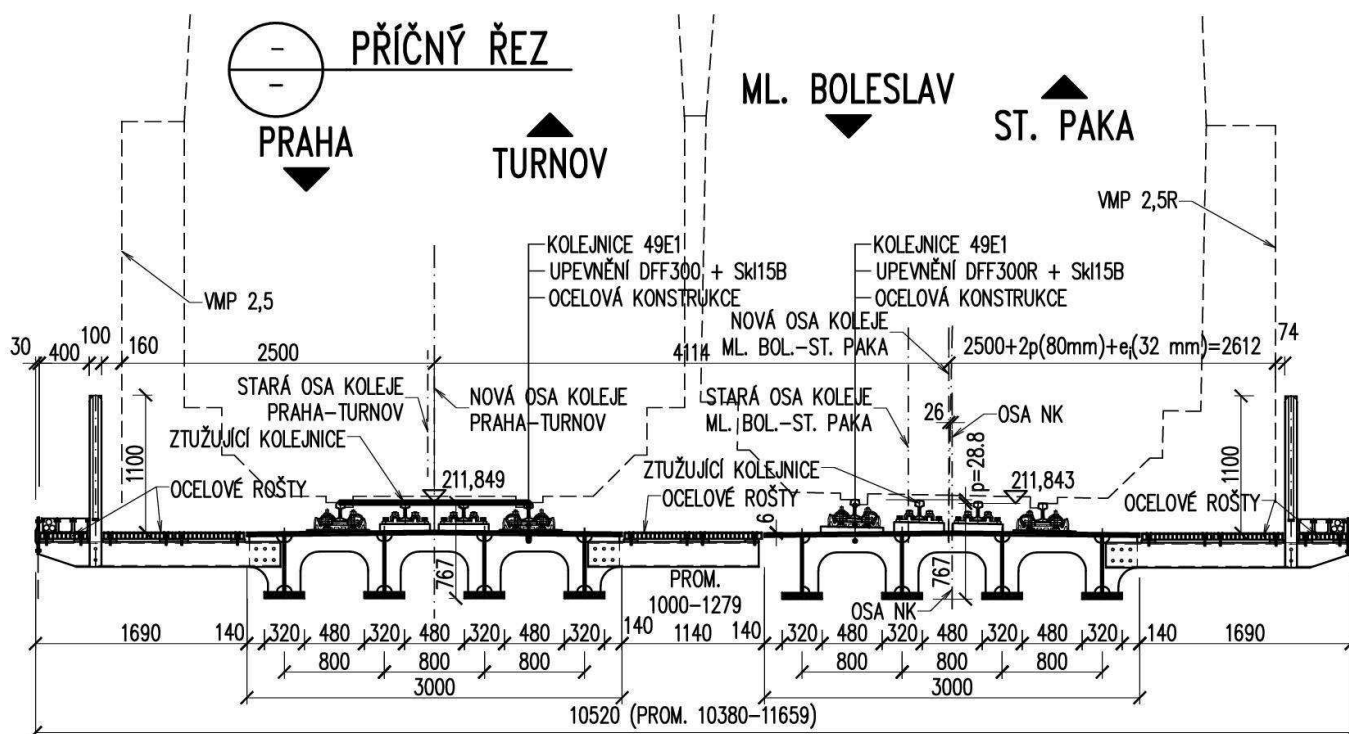
. U každé třetí výztuhy je z vnější strany na krajních nosnících vevařena svislá výztuha stěny také tl. 15 mm, ke které je přišroubován nosný profil konzol tvaru U200. Ten nese jak podlahy na konzolách, tak zábradlí a případně kabelové žlaby umístěné vně zábradlí.

Na koncích nosných konstrukcí budou vytvořeny železobetonové příčníky ztužující pevně příčný řez v osách uložení. Příčníky budou na spodní stavbu uloženy přes ozub. Vznikne tak rozpěráková soustava.

Spodní stavba bude zbudována nová, včetně nových základů a křídel.

Ozub vyplněný plastmaltou je uvažován jako liniový kloub, který umožňuje posun v podélném směru mostu a je tak zohledněn vliv uložení na ne zcela tuhé opěře. Velikost posunu je závislá na síle působící podélným směrem.

Obrázek – příčný řez nosnou konstrukcí



2. Zatížení

2.1. Stálé (vlastní tíha)

Vlastní váha jednotlivých prutů je automaticky generována programem IDA Nexis. Součinitel zatížení pro stálé zatížení je uvažován $\gamma_f=1,35$. Pokud jsou nějaké konstrukční části, které nejsou modelovány v programu, jsou vyčísleny jako zbytek stálého.

2.2. Zbytek stálého

Zatížení mostovky

železniční kolejnicový pás s upevňovací 1,7 / 2 0,85 kN/m 1,35

Zatížení chodníku (ocelová konstrukce)

Síla v místě sloupku zábradlí

zábradlí	$1,91 \cdot 0,072 + 14 \cdot 0,98 \cdot 0,026 + 1,91 \cdot 0,11 + 1,4 \cdot 0,11$	0,86 kN	1,35
podlah. rošt	$1,91 \cdot 1,64 \cdot 0,74$	2,32 kN	1,35
kabelový žlab	$3 \cdot 1,91 \cdot 0,4$	2,29 kN	1,35
podlah. nosník	$1,93 \cdot 0,25$	0,49 kN	1,35
Celkem		5,96 kN	1,35

2.3. Nahodilá zatížení

2.3.1. Zatížení železniční dopravou

Pohyblivá zatížení jsou umístěna do polohy vyvolávající maximální účinky ve sledovaném průřezu. Poloha koleje může mít odchylku od teoretické osy o 100 mm.

Traťová rychlost $v = 95 \text{ km/h}$.

2.3.1.1 Dynamický součinitel

podélný směr

$$L_{\Phi} = 10,05 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,82 = 1,30$$

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,73 = 1,46$$

mostovkový plech

$$L_{\Phi} = 3 \times 0,635 = 1,905 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,82 = 2,04 > 1,67$$

$$\Phi_2 = 1,67$$

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,73 = 2,56 > 2,00$$

$$\Phi_3 = 2,00$$

příčné výztuhy

$$L_{\Phi} = 2 \times 0,8 = 1,60 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,82 = 2,17 > 1,67$$

$$\Phi_2 = 1,67$$

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,73 = 2,76 > 2,00$$

$$\Phi_3 = 2,00$$

koncové příčníky

$$L_{\Phi} = 3,6 \text{ m}$$

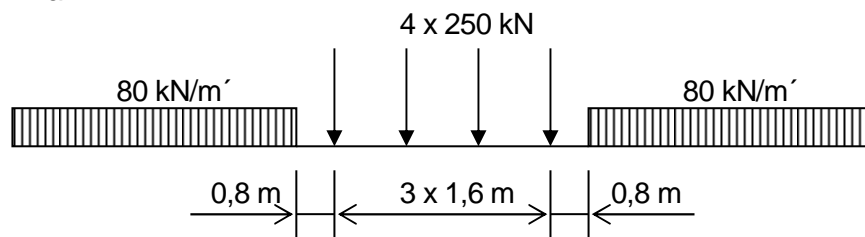
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,73 = 2,00$$

$$\Phi_3 = 2,00$$

2.3.1.2 Model zatížení 71

Modelu vlaku LM71 vynásobením klasifikačním součinitelem $\alpha = 1,21$, $\gamma_f = 1,45$.

Vlak LM 71



Vzhledem k přímému upevnění koleje budeme zatížení od náprav vlaku roznášet v podélném směru na 3 podpory modelově vzdálené $1,6 \text{ m} / 3 = 0,533 \text{ m}$ v poměru $\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}$ celkové síly na nápravu.

Osa koleje je modelována přímkově, dále je zohledněna možnost posunu osy o 100 mm na obě strany.

2.3.1.3 Boční rázy

($\gamma_f = 1,45$)

Osamělá síla v nejúčinnější poloze ve výšce temena kolejnice.

$B = 100 \cdot \alpha = 121 \text{ kN}$, působí v úrovni temene kolejnic

$e = 0,51 \text{ m}$

Svislé přetížení : $F_e = \pm 0,51 \cdot 121 / 1,5 = \pm 41,14 \text{ kN}$ v ose kolejnic

2.3.1.4 Rozjezdové a brzdné síly

($\gamma_f = 1,45$)

Vzhledem k délce konstrukce bude rozhodující rozjezdová síla

K účinku na nosnou konstrukci se nepřihlíží.

Rozjezdová síla: $Q_{lak} = \alpha \cdot 33 \text{ kN/m} \cdot L \leq 1000 \text{ kN}$
 $Q_{lak} = 1,21 \cdot 33 \cdot 11,28 = 450,4 \text{ kN}$

Brzdná síla: $Q_{lbk} = \alpha \cdot 20 \text{ kN/m} \cdot L \leq 6000 \text{ kN}$
 $Q_{lbk} = 1,21 \cdot 20 \cdot 11,28 = 273,0 \text{ kN}$

Redukční součinitel pro stanovení sil v ložiscích 0,6

2.3.1.5 Nezatížený vlak

($\gamma_f = 1,0$)

Svislé rovnoměrné zatížení 10 kN/m koleje

Vzhledem k charakteru mostu – uložení na ozub – nedojde ke ztrátě stability v uložení překlopením.

2.3.2. Zatížení ostatní nahodilá

2.3.2.1 Vítr

($\gamma_f = 1,5$)

větrová oblast II:

$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$... výchozí základní rychlost větru

$v_b = 25 \text{ m/s}$... základní rychlost větru

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$... měrná hmotnost vzduchu

$c_s \cdot c_d = 1,0$... není nutný výpočet dynamické odezvy

$b = 5,77 \text{ m}$... šířka konstrukce

$d_{\text{tot}} = 0,76 + 4,0 = 4,76 \text{ m}$... výška včetně dopravy

$b/d_{\text{tot}} = 5,77 / 4,76 = 1,21$

$c_{fx} = c_{fx,0} = 2,25$... součinitel síly

$c_0 = 1,0$... součinitel orografie

$k_t = 1,0$... součinitel turbulence

Kategorie terénu III

$z_0 = 0,3$... parametr drsnosti terénu

$z_{\text{min}} = 5,0 \text{ m}$

$z_e = 4,3 \text{ m}$

$c_e = 1,3$... součinitel expozice

$C = c_e \cdot c_{fx} = 1,3 \cdot 2,25 = 2,93$... součinitel zatížení větrem

Síla větru (vodorovná kolmo k ose mostu):

$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{\text{ref},x} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot 2,93 \cdot A_{\text{ref},x} = 1,14 \text{ kN/m}^2 \cdot A_{\text{ref},x}$

$F_{w,1v} = 1,14 \text{ kN/m}^2 \cdot 4,76 = 5,45 \text{ kN/m}$... na 1 metr délky mostu

Svislá síla od větru na 1 kolejnicový pás:

$F_{w,1s} = 1,14 \cdot 4 \text{ kN/m} \cdot 2,0 \text{ m} / 1,5 \text{ m} = \pm 6,1 \text{ kN/m}$... na 1 metr délky mostu

2.3.2.2 Zatížení teplotou

($\gamma_f = 1,5$)

Rovnoměrná složka teploty

Konstrukce: 1. typ

$T_{\text{max}} = 40 \text{ °C}$... max. teplota vzduchu ve stínu

$T_{\text{min}} = -32 \text{ °C}$... min. teplota vzduchu ve stínu

$T_{e,\text{max}} = 40 + 16 = 56 \text{ °C}$... max. teplota mostu

$T_{e,\text{min}} = -32 - 3 = -35 \text{ °C}$... min. teplota mostu

Nerovnoměrná složka teploty

Pro ocelovou mostovku na plnostěnných nosnících je uvažováno:

$\Delta T_1 = +30 \text{ °C}$ oteplení horního povrchu

$\Delta T_1 = -8 \text{ °C}$ ochlazení horního povrchu

Tyto hodnoty platí pro konstrukce bez šterkového lože.

2.3.2.3 Zatížení neveřejných služebních chodníků

($\gamma_f = 1,5$)

Zatížení chodci a obecnou údržbou – rovnoměrné zatížení:

$g_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$

Soustředěné zatížení osaměle působící na čtvercovou plochu o straně 200 mm:

$G_k = 2,0 \text{ kN}$

Zatížení se uplatní na konstrukci revizního chodníku.

2.3.2.4 Další zatížení

Síly od bezстыkové koleje jsou do konstrukce přenášeny rovnoměrně a jejich vliv na nosnou konstrukci není tedy uvažován. Vzhledem k rozpětí totéž platí pro teplotní rozdíl mezi kolejí a NK.

2.4. Zemní tlak na rub opěry, přitížení od zatížení za rubem opěry

Pro posouzení založení opěr je uvažován klidový zemní tlak od zásypů za rubem opěry. Zásyp opěry je pro účely výpočtu uvažován nesoudržnou zeminou třídy S3.

Parametry zeminy: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

$\varphi_{\text{ef}} = 29,5^\circ$

$c_{\text{ef}} = 0 \text{ kPa}$

$K_r = 1 - \sin \frac{\varphi_{\text{ef}}}{\gamma_{\text{mf}}} = 1 - \sin 29,5/1,1 = 0,549$

Přetížení od vlaku –rovnoměrné spojitě zatížení o intenzitě 43,5 kN/m', působící na šířce 3,0m.

2.5. Mimořádná zatížení

2.5.1. Vykolejení železničního vozidla

Zatížení vykolejeným vozidlem vzhledem k délce, šířce konstrukce a absenci šterkového lože není uvažováno, neboť nerozhoduje.

2.5.2. Náraz silničního vozidla pod mostem

Ekvivalentní statická síla od nárazu vozidla na nosnou konstrukci.

$$F_{dx} = 250 \text{ kN} \quad (\gamma_f = 1,0)$$

3. Podélný směr

3.1. Popis statického modelu

Výpočet vnitřních sil a průhybů od zatížení byl proveden v programu IDA NEXIS na deskostěnovém modelu s použitím modulu žebro. K desce mostovky byly modelovány nosníky (žebra) s odpovídajícími průřezovými charakteristikami a příčný roznos je zajištěn mostkovkou deskou s příčnými výztuhami.

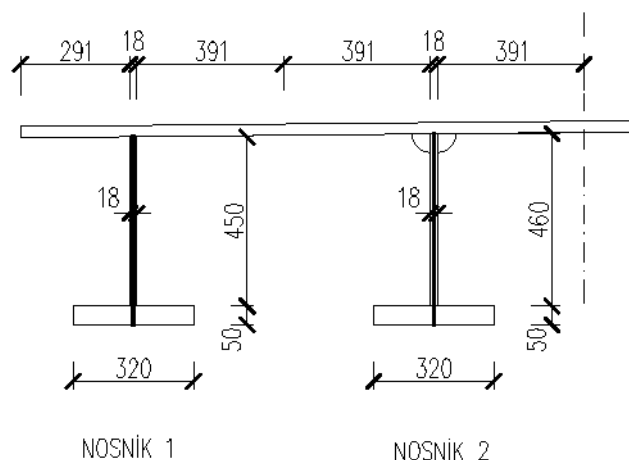
Tuhost uložení ve vodorovném směru byla určena jako 75MN/m na šířku 1 m linie uložení.



Maximální namáhání v podélném směru je vyčísleno:

- 1/ v poli (kladné momenty) uprostřed rozpětí, jak pro krajní nosník N1, tak pro vnitřní nosník N2.
- 2/ nad opěrou (posouvající síly), opět pro oba nosníky.

3.2. Průřezové charakteristiky nosníků



3.2.1. Zatřídění průřezu

1/ Dolní pásnice:

$c/t = 151/50 = 3,02 < 9 \varepsilon = 9 \cdot 0,81 = 7,3$ TŘÍDA 1 (pouze tah)

2/ Stěna:

$c/t = 460/18 = 25,6 < 72 \varepsilon = 72 \cdot 0,81 = 58,3$ TŘÍDA 1

3/ Horní pásnice mezi hlavními nosníky:

$c/t = 782/30 = 26,1 < 33 \varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,7$ TŘÍDA 1

4/ Horní pásnice – přečnívající část:

$c/t = 291/30 = 9,7 < 14 \varepsilon = 14 \cdot 0,81 = 11,3$ TŘÍDA 3

Průřez bude posuzován pružně.

3.2.2. Smykové ochabnutí

V poli: $L_e = 10,05$ m ... vzdálenost nulových momentů (kladných)

$L_e / 50 = 201$ mm $< b_0$... je třeba počítat se smykovým ochabnutím u horní pásnice, na dolní pásnici nebude mít smykové ochabnutí vliv.

$\alpha_0 = 1$... žádné podélné výztuhy

$\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e$

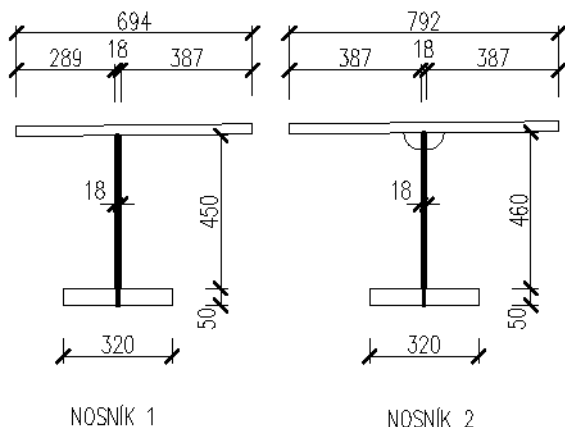
$\beta = 1 / (1 + 6,4 \cdot \kappa^2)$

Účinky smykového ochabnutí mezní stav použitelnosti a únavy

	řez	1	2
b_0 (1 strana)	mm	391	291
t	mm	30	30
A_{sl}	mm ²	0	0
α_0		1,000	1,000
L_e	m	10050	10050
κ		0,039	0,029
β	kladný	0,9904	0,9947
b_{eff}	mm	387	289

Účinky smykového ochabnutí mezní stav únosnosti

Vzhledem k tomu, že v mezním stavu použitelnosti je účinek smykového ochabnutí minimální, bude stejný průřez konzervativně použit v mezním stavu únosnosti (pružné posouzení průřezu třídy 3).

**3.2.3. Účinky boulení**

1/ tlačené části desky mezi hlavními nosníky

$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$... účinná plocha tlačené zóny

$\psi = 1$... poměr napětí v tlačené části (desce mostovky)

$b = 800$ mm ... vnitřní část pásnice (desky mostovky)

$t = 30$ mm ... tloušťka pásnice (desky mostovky)

$\varepsilon = 0,81$... S355

$k_\sigma = 4,0$... součinitel kritického napětí

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\frac{b_p}{t}}{28,4 \cdot \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} = \frac{(800/30)}{(28,4 \cdot 0,81 \cdot 4^{0,5})} = 0,58 < 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{0,5} = 0,673$$

$\rho = 1,00$... subpanel neboulí

2/ přečnávající části desky krajního nosníku

$\psi = 1$... poměr napětí v tlačené části (desce mostovky)

$b = 300$ mm ... přečnávající část pásnice (desky mostovky)

$t = 30$ mm ... tloušťka pásnice (desky mostovky)

$\varepsilon = 0,81$... S355

$k_\sigma = 0,43$... součinitel kritického napětí

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\frac{b_p}{t}}{28,4 \cdot \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} = \frac{(300/30)}{(28,4 \cdot 0,81 \cdot 0,43^{0,5})} = 0,66 < 0,748$$

$\rho = 1,00$... subpanel neboulí

3.3. Vnitřní síly

3.3.1. Sestavy a kombinace zatížení

	LM-71 max				Nez. vlak			
	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,0
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	1,0	0,5	0,0					
Teplota	0,6	0,6	0,5					
Užitné zatížení	0,8	0,5	0,0					
gr_{11}	0,8	0,8	0,0					
gr_{12}	0,8	0,8	0,0					
gr_{13}	0,8	0,8	0,0					
gr_{14}	0,8	0,8	0,0					
gr_{15}	0,8	0,8	0,0					

3.3.2. V poli max. M nosník N1 – krajní

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	vlak-T α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-2,8	0,0	0,1	0,0	45,8	4,5
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,35			32,6	-0,3	0,0	0,1	30,4	1,8
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	1,21	-38,8	0,2	1,8	0,5	412,0	41,7
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-2,9	0,1	0,0	0,0	26,7	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{lak}	1,45		1,21	0,6	-3,6	-7,1	0,9	0,1	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,21	-0,8	0,2	0,2	0,0	16,6	1,2
Vítr	X_w	1,50			0,3	0,0	0,0	0,0	11,8	0,4
Teplota	X_t	1,50			99,0	0,0	0,0	0,0	54,3	5,3
Užitné zatížení	X_t	1,50			38,5	-0,5	-0,1	0,1	54,4	3,9

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-3,8	0,1	0,1	0,0	61,9	6,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	44,0	-0,5	-0,1	0,1	41,0	2,5
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-99,3	0,5	4,7	1,2	1055,4	106,9
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-2,9	0,1	0,0	0,0	26,7	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	1,0	-6,4	-12,5	1,6	0,2	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	-1,4	0,3	0,4	0,0	29,1	2,0
Vítr	Q_w	0,4	0,0	0,0	0,0	17,8	0,7
Teplota	Q_t	148,5	0,0	0,0	0,0	81,5	8,0
Užitné zatížení	Q_k	57,8	-0,7	-0,1	0,2	81,6	5,9
LM-71							
gr_{11} - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-99,0	-5,8	-7,6	2,7	1070,2	108,0
gr_{12} - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-100,1	-2,4	-1,2	1,9	1084,6	109,0
gr_{13} - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-99,0	-5,8	-7,6	2,7	1070,2	108,0
gr_{14} - maximální boční	Q_{gr14-7}	-100,1	-2,4	-1,2	1,9	1084,6	109,0
Nezatížený vlak							
gr_{15} - boční satbilita	Q_{gr15-N}	-4,3	0,4	0,4	0,0	55,8	4,8

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_k+Q_{71}+(\psi_0\cdot Q_{Lak}+\psi_0Q_{Sk}+\psi_0Q_W+\psi_0Q_T+\psi_0Q_{gr11-71})$	76	-5	-5	3	1320	128
3 $G_k+Q_{gr11-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	31	-6	-7	3	1240	122
4 $G_k+Q_{gr12-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	30	-3	-1	2	1254	123
5 $G_k+Q_{gr13-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	31	-6	-7	3	1240	122
6 $G_k+Q_{gr14-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	30	-3	-1	2	1254	123
7 $G_k+Q_{gr15-NV}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	125	0	1	0	225	19

My
1

Max **1320 kNm**

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	76,0	-5,2	-4,8	2,7	1319,5	127,7

3.3.3. V poli max. M nosník N2 – vnitřní

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-16,5	0,1	1,7	0,0	49,5	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,35			-41,7	-1,9	-0,1	-0,5	12,2	-0,7
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	1,21	-128,1	-3,9	19,6	0,2	441,4	-2,8
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-8,5	-0,2	1,5	0,0	29,7	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	1,45		1,21	4,8	2,7	-7,2	-0,5	1,4	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,21	5,3	-5,6	2,6	0,0	10,5	-3,0
Vítr	X_w	1,50			1,3	-3,2	0,7	-0,1	5,5	-1,8
Teplota	X_t	1,50			92,2	0,0	0,0	0,0	58,8	0,0
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	1,50			-56,8	-2,8	0,5	-0,5	32,8	-1,0

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-22,2	0,1	2,3	0,0	66,8	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	-56,3	-2,5	-0,2	-0,7	16,5	-0,9
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-328,2	-9,9	50,2	0,4	1130,8	-7,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-8,5	-0,2	1,5	0,0	29,7	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	8,4	4,8	-12,6	-0,8	2,5	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	9,2	-9,8	4,6	0,0	18,4	-5,3
Vítr	Q_w	1,9	-4,7	1,1	-0,1	8,3	-2,7
Teplota	Q_t	138,3	-0,1	0,0	0,0	88,2	0,0
Užitné zatížení	Q_u	-85,2	-4,2	0,8	-0,8	49,3	-1,5
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-315,2	-10,0	39,8	-0,5	1142,5	-9,9
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-314,8	-17,3	48,4	-0,1	1150,4	-12,5
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-315,2	-10,0	39,8	-0,5	1142,5	-9,9
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-314,8	-17,3	48,4	-0,1	1150,4	-12,5
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	0,8	-10,0	6,1	-0,1	48,1	-5,3

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_k+Q_{71}+(\psi_0*Q_{Lak}+\psi_0Q_{Sk}+\psi_0Q_W+\psi_0Q_T+\psi_0Q_{gr11-71})$	-374	-26	48	-2	1335	-17
3	$G_k+Q_{gr11-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-309	-17	43	-1	1287	-14
4	$G_k+Q_{gr12-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-308	-24	52	-1	1295	-16
5	$G_k+Q_{gr13-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-309	-17	43	-1	1287	-14
6	$G_k+Q_{gr14-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-308	-24	52	-1	1295	-16
7	$G_k+Q_{gr15-NV}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	7	-17	9	-1	193	-9

My
1

Max 1335 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-374,1	-26,4	48,5	-1,8	1335,1	-17,3

3.3.4. U opěry max. V nosník N1 – vnější

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	μ_{ak-T} α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-10,7	0,7	-20,8	0,5	-5,6	-0,2
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,35			-31,3	16,1	-26,4	9,1	-26,1	9,9
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	1,21	-74,3	-14,4	-202,0	-5,8	-58,3	-7,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-5,2	-1,0	-11,2	-0,4	-2,2	-0,8
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	1,45		1,21	-41,7	1,1	-7,0	-0,2	-26,4	-1,5
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,21	-0,2	-3,4	-13,7	-0,6	-7,7	-0,6
Vítr	X_w	1,50			-1,3	-2,5	-12,7	1,2	-18,1	0,8
Teplota	X_t	1,50			-59,6	-238,8	-46,9	72,7	8,9	-28,1
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	1,50			-43,6	19,1	-38,7	11,0	-34,9	11,6

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-14,5	1,0	-28,1	0,6	-7,5	-0,2
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	-42,3	21,7	-35,6	12,3	-35,2	13,4
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-190,4	-36,9	-517,4	-14,9	-149,4	-18,3
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-5,2	-1,0	-11,2	-0,4	-2,2	-0,8
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-73,2	1,8	-12,2	-0,4	-46,3	-2,6
Boční rázy	Q_{Sk}	-0,4	-6,0	-24,1	-1,1	-13,6	-1,1
Vítr	Q_w	-1,9	-3,7	-19,0	1,8	-27,2	1,2
Teplota	Q_t	-89,4	-358,2	-70,3	109,1	13,3	-42,2
Užitné zatížení	Q_u	-65,4	28,7	-58,1	16,5	-52,3	17,4
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-263,8	-38,1	-541,7	-15,8	-202,5	-21,5
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-227,4	-42,0	-547,6	-16,1	-186,1	-20,8
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-263,8	-38,1	-541,7	-15,8	-202,5	-21,5
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-227,4	-42,0	-547,6	-16,1	-186,1	-20,8
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	-5,6	-7,0	-35,3	-1,5	-15,8	-1,9

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Vz
1 $G_k+Q_{71}+(\psi_0*Q_{Lak}+\psi_0Q_{Sk}+\psi_0Q_W+\psi_0Q_T+\psi_0Q_u)$	-414	-214	-723	77	-304	-19	1
3 $G_k+Q_{gr11-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-376	-234	-667	64	-264	-32	
4 $G_k+Q_{gr12-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-340	-238	-672	64	-248	-32	
5 $G_k+Q_{gr13-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-376	-234	-667	64	-264	-32	
6 $G_k+Q_{gr14-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-340	-238	-672	64	-248	-32	
7 $G_k+Q_{gr15-NV}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-118	-203	-160	79	-78	-13	

Min **-723 kNm**

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-414,0	-214,4	-722,6	77,1	-303,8	-18,6

3.3.5. U opěry max. V nosník N2 – vnitřní

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	Vlak-T α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-8,0	0,4	21,0	0,0	-5,0	-0,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,35			21,4	0,6	-9,2	-2,9	20,8	2,9
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	1,21	-81,2	-23,8	218,5	-4,4	-50,6	0,9
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-5,7	-0,9	13,3	-0,3	-4,0	0,2
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	1,45		1,21	-38,9	-1,2	7,3	0,2	-28,2	-0,4
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,21	-1,9	-0,4	15,2	-3,2	-6,3	-2,0
Vítr	X_w	1,50			-5,4	3,7	8,8	-4,1	-9,4	3,1
Teplota	X_t	1,50			-149,4	-1,7	0,5	0,5	-94,6	-0,3
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	1,50			24,8	0,3	-6,2	-3,7	24,6	3,9

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-10,8	0,6	28,3	0,0	-6,8	-0,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	28,9	0,8	-12,4	-3,9	28,0	3,9
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-207,9	-61,1	559,8	-11,3	-129,6	2,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-5,7	-0,9	13,3	-0,3	-4,0	0,2
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-68,2	-2,1	12,8	0,3	-49,5	-0,6
Boční rázy	Q_{Sk}	-3,2	-0,6	26,6	-5,5	-11,1	-3,4
Vítr	Q_w	-8,1	5,6	13,1	-6,2	-14,1	4,7
Teplota	Q_t	-224,1	-2,5	0,7	0,7	-141,8	-0,4
Užitné zatížení	Q_u	37,2	0,4	-9,2	-5,6	36,8	5,8
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-277,7	-63,5	585,9	-13,7	-184,7	-0,1
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-245,2	-62,8	592,8	-16,6	-165,5	-1,5
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-277,7	-63,5	585,9	-13,7	-184,7	-0,1
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-245,2	-62,8	592,8	-16,6	-165,5	-1,5
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	$Q_{gr15-NV}$	-9,0	-1,5	39,9	-5,9	-15,0	-3,2

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _z
1	$G_k+Q_{71}+(\psi_0*Q_{Lak}+\psi_0Q_{Sk}+\psi_0Q_W+\psi_0Q_T+\psi_0Q_u)$	-390	-58	626	-26	-258	7	1
3	$G_k+Q_{gr11-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-402	-58	615	-23	-263	8	
4	$G_k+Q_{gr12-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-370	-57	622	-26	-243	7	
5	$G_k+Q_{gr13-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-402	-58	615	-23	-263	8	
6	$G_k+Q_{gr14-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-370	-57	622	-26	-243	7	
7	$G_k+Q_{gr15-NV}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-133	4	69	-16	-93	5	

Max 626 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1	-390,2	-58,0	626,0	-26,2	-258,3	6,5

3.4. Mezní stav únosnosti

Posouzení ohýbaných průřezů je provedeno pružně

3.5. Nosník N1 – krajní

Návrhové vnitřní síly

$$N_{Ed} = 76,0 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 214,4 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 722,6 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1319,5 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 127,7 \text{ kNm}$$

Ocelový průřez

výška průřezu [mm]: 530 mm

Horní pásnice:

tloušťka horní ocelové pásnice [mm]: 46% 30 mm řada oceli

šířka horní ocelové pásnice [mm]: 694 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]: S355 345 MPa

Stojina:

tloušťka ocelové stěny [mm]: 18% 18 mm řada oceli

výška ocelové stěny [mm]: 450 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]: S355 345 MPa

Dolní pásnice:

tloušťka dolní ocelové pásnice [mm]: 36% 50 mm řada oceli

šířka dolní ocelové pásnice [mm]: 320 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]: S355 335 MPa

$$m = 359 \text{ kg}$$

váha nosníku na 1 m'

$$\begin{aligned}
 A &= 4,49\text{E}+04 \text{ mm}^2 \\
 S_z &= 1,05\text{E}+07 \text{ mm}^3 \\
 c_y = e_1 &= 233 \text{ mm} && \text{horní vlákna} \\
 e_2 &= 297 \text{ mm} && \text{dolní vlákna} \\
 x &= 108 \text{ mm} && \text{poloha neutrálné osy od horních vláken} \\
 e_{zh} &= 396 \text{ mm} && \text{vzdálenost vláken od svislé osy} \\
 e_{zd} &= 160 \text{ mm} && \text{vzdálenost vláken od svislé osy} \\
 I_y &= 2,32\text{E}+09 \text{ mm}^4 \\
 I_z &= 9,72\text{E}+08 \text{ mm}^4 \\
 W_{y,el,h} &= 9,96\text{E}+06 \text{ mm}^3 \\
 W_{y,el,d} &= 7,80\text{E}+06 \text{ mm}^3 \\
 W_{y,pl} &= 9,59\text{E}+06 \text{ mm}^3 \\
 W_{z,el,h} &= 2,46\text{E}+06 \text{ mm}^3 \\
 W_{z,el,d} &= 6,08\text{E}+06 \text{ mm}^3 \\
 W_{z,pl} &= 4,93\text{E}+06 \text{ mm}^3 \\
 \gamma_{M0} &= 1,00 \\
 \gamma_{M1} &= 1,10
 \end{aligned}$$

Smyk

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{y,pl,Rd} = 1613,41 \text{ kN} \quad \geq \quad V_{y,Ed} = 722,59 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ} \quad 44,8 \%$$

$$\sigma_{x,Ed} = 134,18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z,Ed} = 56,77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ed} = 89,21 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) + 3 \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y / \sqrt{3} \gamma_{M0}} \right)^2 < 1$$

$$\begin{array}{ccccccc}
 0,15 & + & 0,03 & - & 0,06 & + & 0,60 \\
 & & & & & & 0,72 \\
 & & & & & < & 1,00 \\
 & & & & & < & 1,00 \quad \text{VYHOVÍ}
 \end{array}$$

Horní vlákna tlak

$$N_{Rd} = 1,41\text{E}+04 \text{ kN}$$

$$M_{y,el,Rd} = 3,12\text{E}+03 \text{ kNm}$$

$$M_{z,el,Rd} = 7,70\text{E}+02 \text{ kNm}$$

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}}$	<	1
76,03	+	1319,52	+	127,69	<	1,00
14088,55		3123,70		770,14		
0,01	+	0,42	+	0,17	<	1,00
				0,59	<	1,00 VYHOVÍ

Dolní vlákna tah

$$N_{Rd} = 1,37E+04 \quad \text{kN}$$

$$M_{y,el,Rd} = 2,38E+03 \quad \text{kNm}$$

$$M_{z,el,Rd} = 1,85E+03 \quad \text{kNm}$$

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}}$	<	1
$\frac{76,03}{13680,18}$	+	$\frac{1319,52}{2376,08}$	+	$\frac{127,69}{1850,86}$	<	1,00
0,01	+	0,56	+	0,07	<	1,00
				0,63	<	1,00

VYHOVÍ**Zatížitelnost**

$$Z_{UIC,1} = (S_{lim} - S_{rs}) / S_{UIC}$$

Horní vlákna – tlak

$$Z_{UIC,1} = 2,22$$

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	vlak-T α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-2,8	0,0	0,1	0,0	45,8	4,5
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,35			32,6	-0,3	0,0	0,1	30,4	1,8
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	2,22	-38,8	0,2	1,8	0,5	412,0	41,7
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-2,9	0,1	0,0	0,0	26,7	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	1,45		2,22	0,6	-3,6	-7,1	0,9	0,1	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		2,22	-0,8	0,2	0,2	0,0	16,6	1,2
Vítr	X_w	1,50			0,3	0,0	0,0	0,0	11,8	0,4
Teplota	X_t	1,50			99,0	0,0	0,0	0,0	54,3	5,3
Užitné zatížení	X_k	1,50			38,5	-0,5	-0,1	0,1	54,4	3,9

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-3,8	0,1	0,1	0,0	61,9	6,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	44,0	-0,5	-0,1	0,1	41,0	2,5
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-182,1	0,8	8,6	2,1	1936,4	196,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-2,9	0,1	0,0	0,0	26,7	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	1,8	-11,7	-22,9	2,9	0,5	0,1
Boční rázy	Q_{Sk}	-2,5	0,6	0,7	0,0	53,3	3,7
Vítr	Q_w	0,4	0,0	0,0	0,0	17,8	0,7
Teplota	Q_t	148,5	0,0	0,0	0,0	81,5	8,0
Užitné zatížení	Q_k	57,8	-0,7	-0,1	0,2	81,6	5,9
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-181,6	-10,6	-13,9	5,0	1963,5	198,1
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-183,7	-4,4	-2,1	3,5	1990,0	199,9
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-181,6	-10,6	-13,9	5,0	1963,5	198,1
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-183,7	-4,4	-2,1	3,5	1990,0	199,9
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	-5,4	0,7	0,7	0,0	80,0	6,5

Horní vlákna tlak

$$\begin{aligned}
 N_{Ed} &= -7,33 \text{ kN} \\
 M_{y,Ed} &= 2224,93 \text{ kNm} \\
 M_{z,Ed} &= 218,66 \text{ kNm} \\
 N_{Rd} &= 14088,55 \text{ kN} \\
 M_{y,el,Rd} &= 3123,70 \text{ kNm} \\
 M_{z,el,Rd} &= 770,14 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}}$	<	1	
$\frac{-7,33}{14088,55}$	+	$\frac{2224,93}{3123,70}$	+	$\frac{218,66}{770,14}$	<	1,00	
0,00	+	0,71	+	0,28	<	1,00	
				1,00	<	1,00	VYHOVÍ

Dolní vlákna – tah**Z_{uic,1} = 2,16**

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	vlak-T α	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	1,35			-2,8	0,0	0,1	0,0	45,8	4,5
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	1,35			32,6	-0,3	0,0	0,1	30,4	1,8
Vlak LM-71	Q ₇₁	1,45	1,46	2,16	-38,8	0,2	1,8	0,5	412,0	41,7
Nezatížený vlak	Q _{NV}	1,00		1,00	-2,9	0,1	0,0	0,0	26,7	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q _{Lak}	1,45		2,16	0,6	-3,6	-7,1	0,9	0,1	0,0
Boční rázy	X _{Sk}	1,45		2,16	-0,8	0,2	0,2	0,0	16,6	1,2
Vítr	X _w	1,50			0,3	0,0	0,0	0,0	11,8	0,4
Teplota	X _t	1,50			99,0	0,0	0,0	0,0	54,3	5,3
Užitné zatížení	X _t	1,50			38,5	-0,5	-0,1	0,1	54,4	3,9

Návrhové hodnoty

		N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	-3,8	0,1	0,1	0,0	61,9	6,1
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	44,0	-0,5	-0,1	0,1	41,0	2,5
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q ₇₁	-177,2	0,8	8,4	2,1	1884,1	190,9
Nezatížený vlak	Q _{NV}	-2,9	0,1	0,0	0,0	26,7	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q _{Lak}	1,7	-11,4	-22,3	2,8	0,4	0,1
Boční rázy	Q _{Sk}	-2,4	0,6	0,7	0,0	51,9	3,6
Vítr	Q _w	0,4	0,0	0,0	0,0	17,8	0,7
Teplota	Q _t	148,5	0,0	0,0	0,0	81,5	8,0
Užitné zatížení	Q _k	57,8	-0,7	-0,1	0,2	81,6	5,9
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q _{gr11-7}	-176,7	-10,3	-13,5	4,9	1910,5	192,7
gr12 - max. svislá 2	Q _{gr12-7}	-178,8	-4,3	-2,1	3,4	1936,2	194,5
gr13 - maximální podélná	Q _{gr13-7}	-176,7	-10,3	-13,5	4,9	1910,5	192,7
gr14 - maximální boční	Q _{gr14-7}	-178,8	-4,3	-2,1	3,4	1936,2	194,5
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q _{gr15-N}	-5,4	0,6	0,7	0,0	78,6	6,4

Dolní vlákna tah

$$N_{Ed} = -2,37 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 2171,14 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 213,25 \text{ kNm}$$

$$N_{Rd} = 14088,55 \text{ kN}$$

$$M_{y,el,Rd} = 2447,006 \text{ kNm}$$

$$M_{z,el,Rd} = 1906,106 \text{ kNm}$$

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}}$	<	1	
$\frac{-2,37}{14088,55}$	+	$\frac{2171,14}{2447,01}$	+	$\frac{213,25}{1906,11}$	<	1,00	
0,00	+	0,89	+	0,11	<	1,00	
				1,00	<	1,00	VYHOVÍ

Stěna - smyková zatížitelnost

$$V_{Rd} = 1613,41 \text{ kN}$$

$$V_{UIC,d} = 517,4 / 1,21 = 427,6 \text{ kN}$$

$$V_{St,d} = 28,1 + 35,6 = 63,7 \text{ kN}$$

$$V_{O,d} = 12,2 + 24,1 + 19 + 0,6 \cdot 70,3 + 58,1 = 155,58 \text{ kN}$$

$$Z_{UIC,1} = (V_{Rd} - V_{St,d} - V_{O,d}) / V_{UIC,d} = (1660,17 - 63,7 - 155,8) / 427,6 = 3,26$$

3.5.1. Nosník N2 – vnitřní**Návrhové vnitřní síly**

$$N_{Ed} = 374,1 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 58,0 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 626,0 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1335,1 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 17,3 \text{ kNm}$$

Ocelový průřez

výška průřezu [mm]: 538 mm

Horní pásnice:

tloušťka horní ocelové pásnice [mm]: 49% 30 mm řada oceli

šířka horní ocelové pásnice [mm]: 792 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]:

S355
345 MPa
Stojina:

tloušťka ocelové stěny [mm]: 17% 18 mm řada oceli

výška ocelové stěny [mm]: 458 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]:

S355
345 MPa
Dolní pásnice:

tloušťka dolní ocelové pásnice [mm]: 33% 50 mm řada oceli

šířka dolní ocelové pásnice [mm]: 320 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]:

S355
335 MPa

$$m = \text{384} \text{ kg} \quad \text{váha nosníku na 1 m'}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 4,80E+04 \text{ mm}^2 \\
 S_z &= 1,07E+07 \text{ mm}^3 \\
 c_y = e_1 &= 223 \text{ mm} && \text{horní vlákna} \\
 e_2 &= 315 \text{ mm} && \text{dolní vlákna} \\
 x &= 31 \text{ mm} && \text{poloha neutrálné osy od horních vláken} \\
 e_{zh} &= 396 \text{ mm} && \text{vzdálenost vláken od svislé osy} \\
 e_{zd} &= 160 \text{ mm} && \text{vzdálenost vláken od svislé osy} \\
 I_y &= 2,53E+09 \text{ mm}^4 \\
 I_z &= 1,38E+09 \text{ mm}^4 \\
 W_{y,el,h} &= 1,14E+07 \text{ mm}^3 \\
 W_{y,el,d} &= 8,04E+06 \text{ mm}^3 \\
 W_{y,pl} &= 9,97E+06 \text{ mm}^3 \\
 W_{z,el,h} &= 3,48E+06 \text{ mm}^3 \\
 W_{z,el,d} &= 8,62E+06 \text{ mm}^3 \\
 W_{z,pl} &= 6,02E+06 \text{ mm}^3 \\
 \gamma_{M0} &= 1,00 \\
 \gamma_{M1} &= 1,10
 \end{aligned}$$

Smyk

$$\begin{aligned}
 V_{pl,Rd} &= \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \\
 V_{y,pl,Rd} &= 1642,09 \text{ kN} >= V_{y,Ed} = 626,02 \text{ kN} && \text{VYHOVÍ} && 38,1 \% \\
 \sigma_{x,Ed} &= 125,26 \text{ MPa} \\
 \sigma_{z,Ed} &= 6,19 \text{ MPa} \\
 \tau_{Ed} &= 75,94 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) + 3 \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y / \sqrt{3} \gamma_{M0}} \right)^2 < 1$$

0,13	+	0,00	-	0,01	+	0,44	<	1,00
						0,56	<	1,00

VYHOVÍ

Horní vlákna tlak

$$\begin{aligned}
 N_{Rd} &= 1,51E+04 \text{ kN} \\
 M_{y,el,Rd} &= 3564,925 \text{ kNm} \\
 M_{z,el,Rd} &= 1091,976 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}}$	<	1
374,11	+	1335,13	+	17,35	<	1,00
15055,80		3564,93		1091,98		
0,02	+	0,37	+	0,02	<	1,00
				0,42	<	1,00

VYHOVÍ

Dolní vlákna tah

$$N_{Rd} = 1,51E+04 \quad \text{kN}$$

$$M_{y,el,Rd} = 2,52E+03 \quad \text{kNm}$$

$$M_{z,el,Rd} = 2702,641 \quad \text{kNm}$$

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}}$	<	1
$\frac{374,11}{15055,80}$	+	$\frac{1335,13}{2521,61}$	+	$\frac{17,35}{2702,64}$	<	1,00
0,02	+	0,53	+	0,01	<	1,00
				0,56	<	1,00

VYHOVÍ

Z posudků je zřejmé, že zatížitelnost Z_{UIC} nosníku N2 bude vyšší než zatížitelnost nosníku N1 (vnější), proto nebude vyjadřována.

3.5.2. Mezní stav únavy

Mimo níže posouzené detaily (v tabulce) se vyskytují na konstrukci i další místa, které však nerozhodují z hlediska mezního stavu únavy. Jedná se zejména o:

1/ podélné krční svary hlavních nosníků jsou vyšší kategorie (min. 100) než příčné svary výztuh k pásnicím (kategorie 80 – detaily 1,2), proto vyhoví.

Posuzované detaily hlavního nosníku :

Detail 1	kategorie 80	příčný svar svislé výztuhy k dolní pásnici v poli
Detail 2	kategorie 80	příčný svar svislé výztuhy k horní pásnici v poli
Detail 3	kategorie 140	základní materiál dolní pásnice v poli
Detail 4	kategorie 140	základní materiál horní pásnice v poli
Detail 5	kategorie 80	přivaření kotveního šroubu podkladnice na horní pásnici v poli

Číslo detailu			Det.1	Det.2	Det.3	Det.4	Det.5
maximální moment (71)	M_{max}	kNm	412,0	412,0	412,0	412,0	412,0
minimální moment (71)	M_{min}	kNm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
moment setrvačnosti	I_y	m ⁴	2,319E-03	2,319E-03	2,319E-03	2,319E-03	2,319E-03
vzdálenost od těžiště	e	m	0,247	-0,203	0,297	-0,233	-0,233
maximální napětí	$\sigma_{71,max}$	MPa	43,93	-36,04	52,81	-41,37	-41,37
minimální napětí	$\sigma_{71,min}$	MPa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
rozkmit napětí	$\Delta\sigma_{71}$	MPa	43,93	36,04	52,81	41,37	41,37
vliv účinků - délka přič. čáry	λ_1		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
souč. objemu dopravy	λ_2		0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
součinitel návrhové životnosti	λ_3		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
vliv zat. prvku více než 1 kolej	λ_4		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
souč. ekvival. poškození	λ		0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
dynamický součinitel	ϕ_2		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
souč. spol. únav. zatížení	γ_{Ff}		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ref. hodnota únavové pevnosti	$\Delta\sigma_C$	MPa	80	80	140	140	80
tloušťka plechu	t	mm	-	-	-	-	-
redukční souč. úč. velikosti	k_s		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
souč. spol. únav. pevnosti	γ_{Mf}		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
	$\gamma_{Ff} * \lambda * \phi_2 * \Delta\sigma_{71} =$		37,4	30,7	45,0	35,2	35,2
	$k_s \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf} =$		59,3	59,3	103,7	103,7	59,3
	využití	%	63,1	51,8	43,4	34,0	59,4
Hodnocení detailu			VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE

3.5.3. Posouzení dynamického chování nosné konstrukce

Pokud je první vlastní frekvence n_0 v rozmezí dle obr 6.10 ČSN EN 1991-2 není dynamická analýza vyžadována.

Horní mez: $n_0 = 94,76 * L^{-0,748} = 94,76 * 10,05^{-0,748} = 16,87$ Hz

Dolní mez: $n_0 = 80 / L = 80 / 10,05 = 7,96$ Hz

1. vlastní ohybová frekvence určená pomocí výpočetního programu IDA NEXIS: $n_0 = 14,463$ Hz

Dynamická analýza není vyžadována.

3.5.4. Návrh krčnicích svarů ocelových nosníků

Krční svary jsou navrženy na únosnost nosníku – tak, aby netvořili slabé místo konstrukce.

Návrh a posouzení svarů

$$\begin{aligned}
 f_u &= 510 \text{ MPa} \\
 \gamma_{MW} &= 1,50 \\
 \beta_w &= 0,90 \\
 = f_u / (3^{0.5} \beta_w \gamma_{MW}) &= 218,1 \text{ MPa} \quad \text{návrhová pevnost svaru ve smyku} \\
 V_{Ed} &= \mathbf{1613,4} \text{ kN} \quad = V_{Rd}
 \end{aligned}$$

Krční svar dolní pásnice

$$S_{yi} = 4,355E+06 \text{ mm}^3$$

$$I_{yi} = 2,319E+09 \text{ mm}^4$$

$$\text{výška svaru } a_{we} = \mathbf{9} \text{ mm}$$

$$\tau_{||} = 168,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 0,0 \text{ MPa}$$

posouzení

$$\begin{aligned}
 \tau_{||} &< f_{vw,d} \\
 168,4 &< 218,1 \quad \mathbf{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

srovnávací napětí

$$\begin{aligned}
 (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{||}^2)^{0.5} &< f_u / (\beta_w \gamma_{MW}) \\
 291,6 &< 377,8 \quad \mathbf{VYHOVUJE} \\
 \sigma_{\perp} &< f_u / \gamma_{Mw} \\
 0,0 &< 340,0 \quad \mathbf{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

Krční svar horní pásnice

$$S_{yi} = 4,535E+06 \text{ mm}^3$$

$$I_{yi} = 2,319E+09 \text{ mm}^4$$

$$\text{výška svaru } a_{we} = \mathbf{9} \text{ mm}$$

$$\tau_{||} = 175,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 0,0 \text{ MPa}$$

posouzení

$$\begin{aligned}
 \tau_{||} &< f_{vw,d} \\
 175,3 &< 218,1 \quad \mathbf{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

srovnávací napětí

$$\begin{aligned}
 (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{||}^2)^{0.5} &< f_u / (\beta_w \gamma_{MW}) \\
 303,6 &< 377,8 \quad \mathbf{VYHOVUJE} \\
 \sigma_{\perp} &< f_u / \gamma_{Mw} \\
 0,0 &< 340,0 \quad \mathbf{VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

Krční svary horní i dolní pásnice budou vzhledem k podobnému namáhání stejné – **oboustranné koutové automatové svary** bez přerušení účinné výšky **9 mm**.

4. Příčný směr - výztuhy

4.1. Popis statického modelu

Vnitřní síly na příčných výztuhách byly vypočítány na shodném deskovém modelu se žebry, jaký byl použit pro podélný směr. Namáhání jednotlivých výztuh je velice podobné.

1/ kladné momenty – maximální kladný moment je mezi krajním a vnitřním nosníkem na výztuze poblíž středu rozpětí nosné konstrukce.

2/ záporné momenty – maximální záporný moment je u vnitřní strany krajního hlavního nosníku na 1. výztuze u opěry.

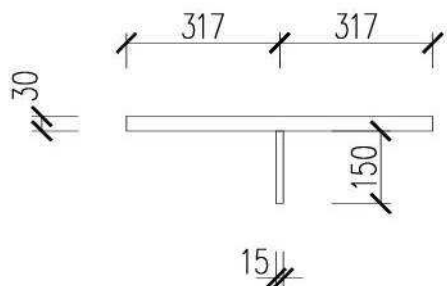
3/ mezi vnitřními hlavními nosníky se nenachází na příčné výztuze místo s maximálním namáháním.

Dynamický součinitel pro dopravu:

$$\Phi_2 = 1,67$$

$$\Phi_3 = 2,00$$

4.2. Průřezové charakteristiky



4.2.1. Zatřídění průřezu

1/ Stěna:

$\psi = +0,022$... poměr napětí ve stojině, odhad konzervativní (stěna tlačena celá, průběh napětí trojúhelníkový)

$k_\sigma = 0,57 - 0,21 \cdot \psi + 0,07 \cdot \psi^2 = 0,57$... součinitel kritického napětí

$c = 150$ mm ... přechýlující část pásnice (desky mostovky)

$t = 15$ mm ... tloušťka pásnice (desky mostovky)

$\varepsilon = 0,81$... S355

$$c/t = 150/15 = 10 < 21 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^2 = 21 \cdot 0,81 \cdot 0,57^{0,5} = 12,8 \dots \textbf{TŘÍDA 3}$$

2/ Horní pásnice mezi hlavními nosníky:

$$c/t = 635/30 = 19,8 < 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,7 \dots \textbf{TŘÍDA 1}$$

Průřez bude posuzován pružně.

4.2.2. Smykové ochabnutí

Kladný moment:

$L_e = 0,8$ m ... vzdálenost nulových momentů (kladných)

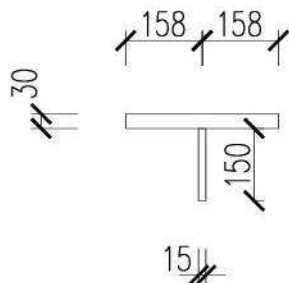
$L_e / 50 = 16$ mm $< b_0 = 317$... je třeba počítat se smykovým ochabnutím u horní pásnice.

$\alpha_0 = 1$... žádné podélné výztuhy

$$\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e = 0,397$$

$$\beta = 1 / (1 + 6,4 \cdot \kappa^2) = 0,5$$

$$b_{\text{eff}} = \beta \cdot b_0 = 0,5 \cdot 317 = 158 \text{ mm} \dots \text{účinná šířka v pružném stavu}$$



Záporný moment:

$L_e = 0,8 \text{ m}$... vzdálenost nulových momentů (kladných)

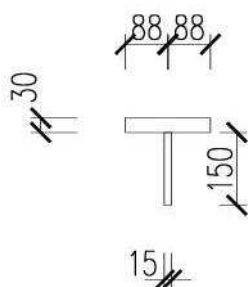
$L_e / 50 = 16 \text{ mm} < b_0 = 317$... je třeba počítat se smykovým ochabnutím u horní pásnice.

$\alpha_0 = 1$... žádné podélné výztuhy

$$\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e = 0,397$$

$$\beta = 1 / (1 + 6,0 \cdot (\kappa - 1/(2500 \cdot \kappa)) + 1,6 \cdot \kappa^2) = 0,277$$

$$b_{\text{eff}} = \beta \cdot b_0 = 0,277 \cdot 317 = 88 \text{ mm} \dots \text{účinná šířka v pružném stavu}$$



V mezním stavu únosnosti bude konzervativně použit stejný průřez jako v mezním stavu použitelnosti (pružné posouzení průřezu třídy 3).

4.3. Vnitřní síly

Kladné momenty

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_d	α	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	1,35			-2,6	-0,3	0,2	0,0	0,2	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	1,35			23,7	-3,8	1,1	0,1	-3,4	-0,4
Vlak LM-71	Q ₇₁	1,45	2,00	1,21	-61,3	-0,6	8,9	0,2	10,5	0,5
Nezatížený vlak	Q _{NV}	1,00		1,00	-4,3	-0,1	0,5	0,0	0,6	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q _{Lak}	1,45		1,21	0,0	-3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	X _{Sk}	1,45		1,21	-10,2	0,0	0,9	0,0	2,2	-0,1
Vítr	X _w	1,50			-6,6	-0,1	-0,1	0,0	1,0	0,0
Teplota	X _t	1,50			-82,4	-1,7	3,1	0,1	4,2	0,0
Užitné zatížení	Q _{u,k}	1,50			25,7	-4,2	-0,8	0,1	-3,9	-0,5

Návrhové hodnoty

		N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	-3,5	-0,4	0,2	0,0	0,2	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	31,9	-5,2	1,5	0,2	-4,6	-0,6
Vlak LM-71	Q ₇₁	-215,1	-2,1	31,2	0,5	36,8	1,6
Nezatížený vlak	Q _{NV}	-4,3	-0,1	0,5	0,0	0,6	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q _{Lak}	0,0	-5,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	Q _{Sk}	-18,0	0,0	1,5	0,0	3,9	-0,2
Vítr	Q _w	-9,9	-0,1	-0,2	0,0	1,5	-0,1
Teplota	Q _t	-123,6	-2,5	4,7	0,1	6,3	0,0
Užitné zatížení	Q _u	38,5	-6,3	-1,2	0,2	-5,8	-0,8
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q _{gr11-7}	-224,1	-7,8	32,0	0,5	38,7	1,5
gr12 - max. svislá 2	Q _{gr12-7}	-233,1	-4,9	32,7	0,5	40,7	1,4
gr13 - maximální podélná	Q _{gr13-7}	-224,1	-7,8	32,0	0,5	38,7	1,5
gr14 - maximální boční	Q _{gr14-7}	-233,1	-4,9	32,7	0,5	40,7	1,4
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q _{gr15-N}	-22,3	-0,1	2,0	0,0	4,5	-0,3

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1	G _k +Q ₇₁ +(ψ ₀ *Q _{Lak} +ψ ₀ Q _{Sk} +ψ ₀ Q _w +ψ ₀ Q _t +ψ ₀ Q _u)	-289	-14	37	1	42	1
3	G _k +Q _{gr11-71} +(ψ ₀ Q _w +ψ ₀ Q _t)	-279,7	-15,0	36,4	0,8	39,7	0,9
4	G _k +Q _{gr12-71} +(ψ ₀ Q _w +ψ ₀ Q _t)	-288,7	-12,1	37,1	0,8	41,6	0,8
5	G _k +Q _{gr13-71} +(ψ ₀ Q _w +ψ ₀ Q _t)	-279,7	-15,0	36,4	0,8	39,7	0,9
6	G _k +Q _{gr14-71} +(ψ ₀ Q _w +ψ ₀ Q _t)	-288,7	-12,1	37,1	0,8	41,6	0,8
7	G _k +Q _{gr15-NV} +(ψ ₀ Q _w +ψ ₀ Q _t)	-77,9	-7,3	6,4	0,3	5,5	-0,9

M _y
1
4
6

Max **41,6 kNm**

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1	-288,7	-13,9	37,1	0,8	41,6	0,8

Záporné momenty

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_d	vlak-T α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-0,3	2,7	-0,9	0,0	-0,1	-0,2
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,35			20,2	-71,6	2,8	0,0	-0,2	-0,1
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	2,00	1,21	-17,8	-94,4	-42,6	0,8	-5,2	1,1
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-1,5	-2,5	-3,2	0,0	-0,2	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{lak}	1,45		1,21	2,6	4,8	0,0	0,0	-0,1	-0,4
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,21	-1,9	-24,8	-14,2	-0,1	-1,4	1,0
Vítr	X_w	1,50			-2,5	-62,4	-3,4	0,2	-0,1	0,3
Teplota	X_t	1,50			168,4	49,6	-4,5	0,2	-3,7	-37,6
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	1,50			24,9	-94,9	3,4	0,2	-0,2	0,0

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-0,4	3,6	-1,2	0,1	-0,1	-0,3
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	27,2	-96,7	3,7	0,0	-0,3	-0,1
Vlak LM-71	Q_{71}	-62,5	-331,2	-149,4	2,7	-18,4	4,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-1,5	-2,5	-3,2	0,0	-0,2	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	4,6	8,4	-0,1	0,0	-0,1	-0,6
Boční rázy	Q_{Sk}	-3,3	-43,5	-24,9	-0,2	-2,5	1,8
Vítr	Q_w	-3,8	-93,6	-5,1	0,3	-0,1	0,5
Teplota	Q_t	252,6	74,4	-6,7	0,3	-5,6	-56,3
Užitné zatížení	Q_u	37,4	-142,3	5,2	0,3	-0,3	-0,1
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-59,5	-344,6	-162,0	2,6	-19,7	4,2
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-63,5	-370,5	-174,4	2,4	-20,9	5,4
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-59,5	-344,6	-162,0	2,6	-19,7	4,2
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-63,5	-370,5	-174,4	2,4	-20,9	5,4
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	-4,8	-46,0	-28,1	-0,3	-2,7	1,7

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t + \psi_0 Q_u)$	142	-624	-177	3	-25	-29
3	$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	115,1	-486,7	-168,6	3,1	-23,5	-29,5
4	$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	111,1	-512,6	-181,0	2,9	-24,7	-28,3
5	$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	115,1	-486,7	-168,6	3,1	-23,5	-29,5
6	$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	111,1	-512,6	-181,0	2,9	-24,7	-28,3
7	$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	169,7	-188,0	-34,7	0,2	-6,5	-32,0

My
1

Min **-25,0 kNm**

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	142,4	-623,9	-176,9	3,2	-25,0	-28,5

Maximální posouvající síla

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_d	Vlak-T α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-0,3	4,1	0,8	0,0	0,0	0,2
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,35			20,7	-72,7	-1,9	0,0	-0,3	0,1
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	2,00	1,21	-22,9	21,8	70,0	-1,6	-4,1	2,1
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-1,6	-1,6	3,1	0,0	-0,2	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	1,45		1,21	2,6	5,4	0,0	0,0	-0,1	0,4
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,21	2,1	24,0	-14,1	0,2	1,4	1,0
Vítr	X_w	1,50			-2,5	-61,8	3,4	0,2	-0,1	-0,3
Teplota	X_t	1,50			168,3	50,8	4,1	0,2	-3,7	37,6
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	1,50			25,5	-95,8	-2,4	0,2	-0,3	0,1

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-0,4	5,5	1,1	0,1	0,0	0,3
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	27,9	-98,2	-2,6	0,0	-0,4	0,1
Vlak LM-71	Q_{71}	-80,3	76,3	245,7	-5,7	-14,3	7,3
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-1,6	-1,6	3,1	0,0	-0,2	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	4,6	9,5	0,0	0,0	-0,1	0,7
Boční rázy	Q_{Sk}	3,7	42,1	-24,7	0,3	2,4	1,7
Vítr	Q_w	-3,8	-92,6	5,0	0,3	-0,1	-0,4
Teplota	Q_t	252,4	76,3	6,1	0,2	-5,5	56,4
Užitné zatížení	Q_u	38,3	-143,8	-3,7	0,3	-0,5	0,1
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-73,9	106,9	233,4	-5,6	-13,2	8,8
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-74,3	123,1	221,1	-5,4	-11,9	9,3
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-73,9	106,9	233,4	-5,6	-13,2	8,8
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-74,3	123,1	221,1	-5,4	-11,9	9,3
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	2,1	40,5	-21,6	0,2	2,2	1,7

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t + \psi_0 Q_u)$	99	-56	253	-5	-18	42
3	$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	101,3	-32,7	240,6	-5,0	-17,0	42,7
4	$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	100,9	-16,4	228,3	-4,9	-15,7	43,2
5	$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	101,3	-32,7	240,6	-5,0	-17,0	42,7
6	$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	100,9	-16,4	228,3	-4,9	-15,7	43,2
7	$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	177,3	-99,1	-14,4	0,8	-1,6	35,6

My
1

max **253,0 kNm**

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	98,6	-55,6	253,0	-5,2	-18,2	41,7

4.4. Mezní stav únosnosti

Kladný ohybový moment

Příčná výztuha

v poli

plocha A = 11730 mm²

Sy0 = 1732950 mm³

zt = 147,7 mm

ly = 1,966E+07 mm⁴

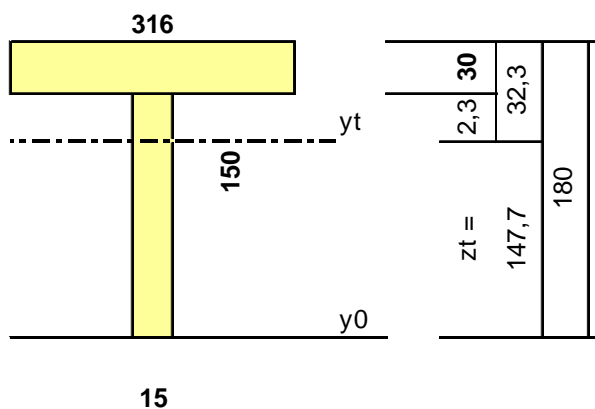
iy = 40,9 mm

Wh = 6,093E+05 mm³

Wd = 1,331E+05 mm³

fy = 355 MPa

Vpl.Rd = 481,6 kN



Výpočet napětí - lokální účinky

Vnitřní síly:

		$\alpha = 1,00$	$\alpha = 1,21$	
		$\Phi 2 = 1,67$	$\Phi 3 = 2,0$	
		LM 71	G+Q+P	
Mmax	kNm	17,5	41,6	
σ_h	MPa	-28,7	-68,3	horní vlákna
σ_d	MPa	131,5	312,7	dolní vlákna
σ_{wh}	MPa	2,02	-4,79	v místě krčného svaru

Záporný ohybový moment a maximální svislá posouvající síla**Příčná výztuha****nad vnitřním hlavním nosníkem**plocha A = 7530 mm²Sy0 = 1039950 mm³

zt = 138,1 mm

ly = 1,739E+07 mm⁴

iy = 48,1 mm

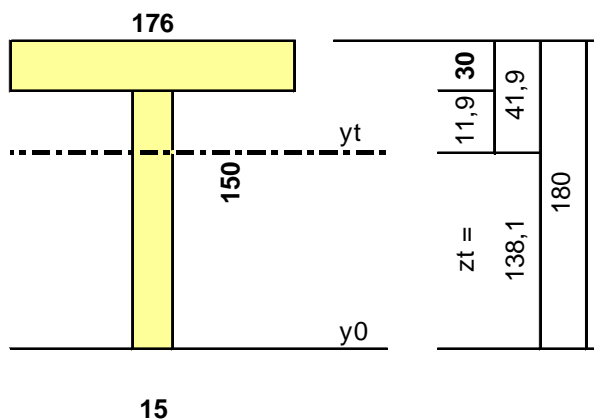
Wh = 4,152E+05 mm³Wd = 1,259E+05 mm³

fy = 355 MPa

Vpl.Rd = 481,6 kN

Sy1 = 62792,0 mm³

velikost svaru 6 mm

**Výpočet napětí - lokální účinky**

Vnitřní síly:

		$\alpha = 1,00$	$\alpha = 1,21$
		$\Phi 2 = 1,67$	$\Phi 3 = 2,0$
		LM 71	G+Q+P
Mmax	kNm	-8,7	-25,0
Qmax	kN	117,0	253,0
σ_h	MPa	21,0	60,3
σ_d	MPa	-69,3	-198,7
σ_{wh}	MPa	5,97	17,11
τ_{1max} (svar)	MPa	35,18	76,10

Veškerá napětí vyhovují pro ocel třídy S355. Krční svary příčných výztuh jsou navrženy účinné výšky 6 mm.

4.5. Mezní stav únavy

Posuzované detaily příčné výztuhy :

Detail 1	kategorie 140	základní materiál dolní pásnice v u podpory
Detail 2	kategorie 140	základní materiál horní pásnice u podpory
Detail 3	kategorie 36	křížový svar stěny výztuhy nahoře u výřezu
Detail 4	kategorie 80	příčný svar stěny hl. nosníku k horní pásnici (mostovce)
Detail 5	kategorie 140	základní materiál dolní pásnice v poli
Detail 6	kategorie 140	základní materiál horní pásnice v poli
Detail 7	kategorie 80	přivaření kotevního šroubu podkladnice na horní pásnici v poli

Číslo detailu			Det.1	Det.2	Det.3	Det.4	Det.5	Det.6	Det.7
maximální moment (71)	M_{\max}	kNm	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	7,9	10,5	10,5
minimální moment	M_{\min}	kNm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
moment setrvačnosti	I_y	m ⁴	1,739E-05	1,739E-05	1,739E-05	1,739E-05	1,966E-05	1,966E-05	1,966E-05
vzdálenost od těžiště	e	m	0,138	-0,042	0,038	-0,012	0,148	-0,032	-0,032
maximální napětí	$\sigma_{71,\max}$	MPa	-41,53	12,60	-11,46	3,58	59,07	-17,20	-17,20
minimální napětí	$\sigma_{71,\min}$	MPa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
rozkmít napětí	$\Delta\sigma_{71}$	MPa	41,53	12,60	11,46	3,58	59,07	17,20	17,20
vliv účinků - délka přič. čáry	λ_1		1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
souč. objemu dopravy	λ_2		0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
součinitel návrhové životnosti	λ_3		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
vliv zat. prvku více než 1 kolejí	λ_4		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
souč. ekvival. poškození	λ		1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23
dynamický součinitel	ϕ		1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
souč. spol. únav. zatížení	γ_{Ff}		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ref. hodnota únavové pevnosti	$\Delta\sigma_C$	MPa	140	140	36	80	140	140	80
tloušťka plechu	t	mm	-	-	-	-	-	-	-
redukční souč. úč. velikosti	k_s		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
souč. spol. únav. pevnosti	γ_{Mf}		1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
	$\gamma_{Ff} * \lambda * \phi * \Delta\sigma_{71} =$		85,5	25,9	23,6	7,4	121,6	35,4	35,4
	$k_s \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf} =$		121,7	121,7	31,3	69,6	121,7	121,7	69,6
	využití	%	70,2	21,3	75,4	10,6	99,9	29,1	50,9
Hodnocení detailu			VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE

4.6. Posouzení plechu mostovky – srovnávací napětí

Rovinná napjatost

Podélný směr

$\sigma_x = -140,59$ MPa (krajní nosník N1 uprostřed rozpětí)

Příčná výztuha

$\sigma_y = 80,4$ MPa (záporný moment)

$$\sqrt{(\sigma_{x,Sd})^2 + (\sigma_{z,Sd})^2 - \sigma_{x,Sd} * \sigma_{z,Sd} + 3(\tau_{Sd})^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_M}$$

$$\sqrt{140,59^2 + (-80,4)^2 - [140,59 * (-80,4)]} \leq \frac{345}{1.1}$$

193,73 MPa ≤ 313,64 MPa

Vyhoví

4.7. Konzoly

Chodníkové konzoly uchycené k ocelové konstrukci

Zatížení

	kN	γ_f	kN
Vlastní tíha konzoly			
Nosný prvek U200: 1,93*0,25	<u>0,49</u>	1,35	0,66
Zábradlí			
madlo U80: 1,91*0,11	0,21	1,35	0,28
sloupek U80: 1,4*0,11	0,15	1,35	0,21
vodorovná: 1,91*0,072	0,14	1,35	0,19
svislá výplň: 14*0,98*0,026	0,36	1,35	0,49
Ocelové rošty výšky 50 mm			
1,91*1,64*0,74	2,32	1,35	3,13 (výslednice na konzole)
Kabelové žlaby 3 ks			
3*1,91*0,4	2,29	1,35	3,09 (výslednice na konzole)
Zatížení chodníků			
5,0 kN/m ² x 1,2*1,91 =	11,46	1,5	17,19 (výslednice na konzole)

Síly v přípoji

Posouvající síla

$$V_{Ed} = 0,66 + 0,28 + 0,21 + 0,19 + 0,49 + 3,13 + 3,09 + 23,49 = 31,54 \text{ kN}$$

Ohybový moment

$$M_{Ed} = 0,66*0,84 + (0,28+0,21+0,19+0,49)*1,36 + 3,13*0,84 + 3,09*1,6 + 23,49*0,73 = 22,32 \text{ kNm}$$

Únosnost UPN 200

$$V_{Rd} = 235*10^3 / (1,1*3^{0,5}) * 0,0085*0,151 = 158,3 \text{ kN} > 31,54 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 235*10^3 / 1,1*191*10^{-6} = 40,8 \text{ kNm} > 22,32 \text{ kNm} \text{ VYHOVUJE}$$

Přípoj konzoly

Konzola je připojena šrouby M20 materiál 8.8, styk není prováděn jako třecí.

Únosnost ve střihu pro jeden šroub je 81,8 kN.

Únosnost v otlačení pro $t=8,5\text{mm}$, S235 je 80,0 kN (šrouby stěny)

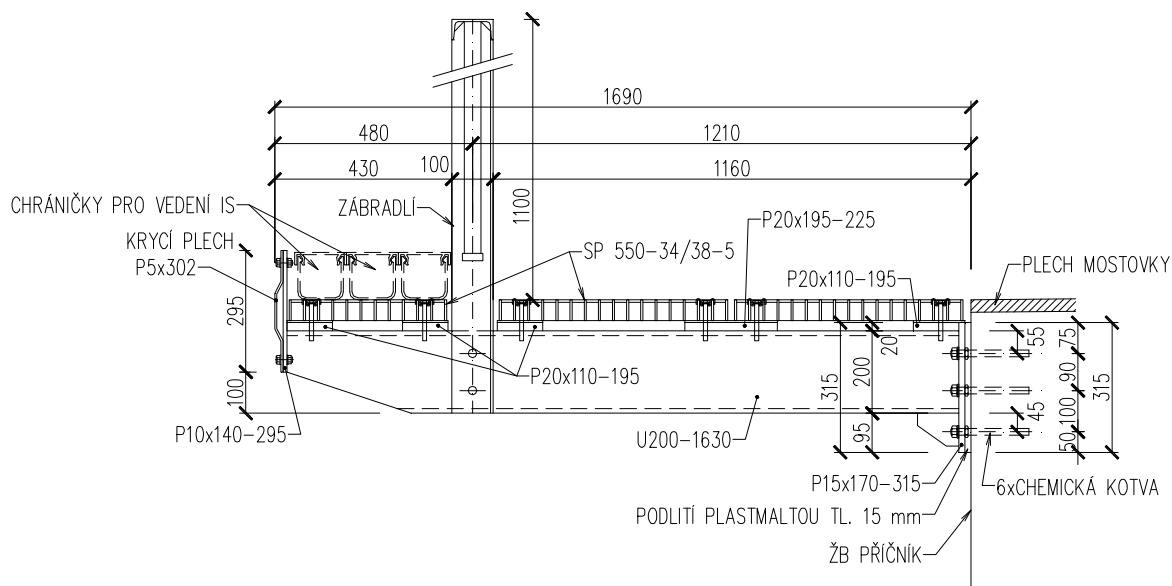
Smyková únosnost je přisouzena 2 ks šroubů v 2. sloupci.

$$V_{Rd} = 2*80,0 = 160,0 \text{ kN} > 31,54 \text{ kN} = V_{Ed}$$

Přenos ohybového momentu je přisouzen 4 ks šroubů (1. a 3. sloupec).

$$M_{Rd} = 2*0,14*80,0 = 22,4 \text{ kNm} > 22,32 \text{ kNm} = M_{Ed} \text{ VYHOVUJE}$$

Chodníkové konzoly uchycené chem. kotvami do ŽB příčníků



Zatížení

	<u>charakteristické zatížení</u>	
	kN (kN/m)	γ_f
OK (vl. tíha konzoly vč. P20	$0,3 \cdot 1,63 + 0,2 = 0,7$ kN	1,35
zábradlí měst. typu (vl. tíha)	0,4 kN/m	1,35
zábradlí – příčné zatížení	1,0 kN/m	1,35
podlahy – ocel. rošty	0,74 kN/m ²	1,35
nahodilé – chodci	5,0 kN/m ²	1,35
nahodilé – chráničky+IS	0,3 kN/m	1,35

zatěž. š. = 1,44 m

$$M_{Sk} = 0,7 \cdot 0,83 + 1,44 \cdot (0,4 \cdot 1,21 + 1,0 \cdot (1,1 + 0,21) + 0,74 \cdot (1,13 \cdot 0,58 + 0,38 \cdot 1,46) + 5,0 \cdot 1,13 \cdot 0,58 + 0,3 \cdot 1,45) = 9,8 \text{ kNm}$$

síla do 1 kotvy:

$$F_{Sk} = 9,8 / (0,1 + 0,09/2) / 4 = 16,9 \text{ kN}$$

(otáčení okolo dolní dvojice kotev, tahové síly uvažovány do horní čtveřice totožné)

Kotvy

Chemické kotvy budou M16 dl. min. 220 mm do vrtu $\varnothing 18$ mm dl. min. 170 mm. Chemické kotvy budou dodány v nerezovém provedení A4, materiál kotevní směsi – epoxidová pryskyřice.

Min. charakteristická únosnost 1 kotvy je 16,9 kN v tahu v kombinaci s 2,0 kN ve smyku.

5. Mezní stav použitelnosti

5.1. Průhyby, nadvýšení konstrukce

Limitní průhyby od zatížení dopravou

1/ Z hlediska bezpečnosti dopravy ... pro vlak LM-71, $\alpha = 1,21$, $v = 95$ km/h, včetně Φ

$$\delta_{p,lim,1} = L/600 = 10050 / 600 = 16,75 \text{ mm}$$

$$\delta_p = 9,22 \cdot 1,21 \cdot 1,46 = 16,29 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Pro konstrukci je limitující toto kritérium.

2/ Z hlediska pohodlí cestujících ... pro vlak LM-71 včetně Φ , $\alpha = 1,0$

$$L/\delta = 0,7 \cdot 600 = 420 < 600$$

$$\delta_{p,lim,2} = L/600 = 10050 / 600 = 16,75 \text{ mm}$$

$$\delta_p = 9,22 \cdot 1,46 = 13,46 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Zatížitelnost

$$\delta_{UIC,k} = 9,22 \cdot 1,46 = 13,46 \text{ mm}$$

$$Z_{UIC,1} = \delta_{p,lim,1} / \delta_{UIC,k} = 16,75 / 13,46 = 1,24$$

Nadvýšení konstrukce

Průhyb od zatížení vlastní tíhou a zbytku stálého zatížení

$$\delta_{s+zs} = 0,96 + 1,08 = 2,04 \text{ mm}$$

¼ průhybu od dopravy

$$\delta_{p/4} = 0,25 \cdot 16,29 = 4,07 \text{ mm}$$

Teoretické hodnoty nadvýšení nepřesahují hodnotu 20 mm, **nadvýšení nosníků přesto bude vzhledem k přímému upevnění koleje prováděno.**

$$\delta_{nadv} = 2,04 + 4,07 = \mathbf{6,11 \text{ mm.}}$$

Záporné tolerance nadvýšení (směrem dolů) nejsou povoleny.

Průhyby od zatížení teplotou (nerovnoměrnou)

Nerovnoměrná teplota způsobuje deformace uprostřed rozpětí 8,64 mm (oteplení horního povrchu) směrem nahoru – tz. $L/\delta = 1163$, směrem dolů jsou hodnoty deformací 2,30 mm (ochlazení horního povrchu) – tz. $L/\delta = 4370$. Hodnoty jsou vyhovující.

5.2. Deformace koncového průřezu konstrukce

Pootočení podporového průřezu opěry

Limitní pootočení

$$\Phi_{p,lim} = 6,5 \text{ mrad}$$

Od zatížení železniční dopravou (vlak T, včetně dynamického součinitele).

$$\Phi_p = 2,53 \cdot 1,21 \cdot 1,46 = 4,47 \text{ mrad} < \Phi_{p,lim} = 6,5 \text{ mrad}$$

VYHOVUJE

$$\Phi_{p,UIC,k} = 4,47/1,21 = 3,69 \text{ mrad}$$

$$Z_{UIC} = \Phi_{p,lim} / \Phi_{p,UIC,k} = 6,5 / 3,69 = 1,76$$

Svislý posun konce podélné konzoly

Limitní posun

$$\delta_{v,p,lim} = 3 \text{ mm}$$

Od zatížení železniční dopravou (vlak T, včetně dynamického součinitele).

$$\Phi_p = 4,47 \text{ mrad}$$

$$L_0 = 620 \text{ mm}$$

$$\delta_{v,p,k} = 620 \cdot 0,00447 = 2,77 \text{ mm} < \delta_{v,p,lim} = 3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$\delta_{v,UIC,k} = 2,77/1,21 = 2,29 \text{ mm}$$

$$Z_{UIC} = \delta_{v,p,lim} / \delta_{v,UIC,k} = 3,00 / 2,29 = 1,31$$

Vodorovný posun konce podélné konzoly

Limitní posun

$$\delta_{h,p,lim} = 10 \text{ mm}$$

Od zatížení železniční dopravou (vlak ČD-T, včetně dynamického součinitele).

$$\Phi_p = 4,47 \text{ mrad}$$

$$\delta_{h,p,k} = \alpha \times h = 4,47 \cdot 10^{-3} \times 790 = 3,53 \text{ mm} < \delta_{h,p,lim} = 10 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$\delta_{v,UIC,k} = 3,53/1,21 = 2,92 \text{ mm}$$

$$Z_{UIC} = \delta_{v,p,lim} / \delta_{v,UIC,k} = 10 / 2,92 = 3,42$$

Z hlediska **zkroucení koleje** je posudek u tohoto podle svislé osy symetrického mostu s kolmým liniovým uložením bezvýznamný a z výsledných průhybů na deskovém modelu je zřejmé, že vyhovuje i pro kolej na začátku přechodnice.

6. Uložení, úložný práh

Konstrukce bude uložena na obou opěrách pomocí ozubu.

6.1. Reakce

Vyčísleny jsou max. reakce od celé nosné konstrukce na 1 opěru. Vzhledem k symetrii konstrukce jsou reakce nosné konstrukce stejné na obě opěry.

Charakteristické hodnoty

		Podélná			Příčná			Svislá		
		γ_F	ϕ_B	ČSD-T α	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení OK	$G_{k1,OK}$	1,35			-37,5	0,0	179,9	0,0	0,0	0,0
Zbytek stálého	G_{k2}	1,35			-17,9	0,0	37,9	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	1,21	-317,7	0,0	712,4	-71,3	0,0	-1,5
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-22,1	0,0	58,3	0,0	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	1,45		1,21	-192,3	0,0	28,7	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,21	0,0	100,0	0,0	-54,4	0,0	-0,3
Vítr	X_w	1,50			0,0	34,4	0,0	-53,3	0,0	-1,1
Teplota	X_t	1,50			-611,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	1,50			-35,3	0,0	62,7	0,0	0,0	0,0
Náraz vozidla	A_d	1,00			0,6	195,8	0,0	55,1	0,0	-116,4

Návrhové hodnoty

		Podélná			Příčná			Svislá		
		X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Rx [kNm]	Ry [kNm]	Rz [kNm]			
Stálé zatížení	G_{k1}	-50,6	0,0	242,8	0,0	0,0	0,0			
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	-24,1	0,0	51,1	0,0	0,0	0,0			
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-813,8	0,0	1824,9	-182,7	0,0	-3,7			
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-22,1	0,0	58,3	0,0	0,0	0,0			
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-337,4	0,0	50,3	0,0	0,0	0,1			
Boční rázy	Q_{Sk}	0,0	175,5	0,0	-95,4	0,0	-0,6			
Vítr	Q_w	0,0	51,6	0,0	-80,0	0,0	-1,7			
Teplota	Q_t	-917,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1			
Užitné zatížení	Q_u	-53,0	0,0	94,0	0,0	0,0	0,0			
Náraz vozidla	A_d	0,6	195,8	0,0	55,1	0,0	-116,4			

LM-71

gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-1151,2	87,7	1875,2			
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-982,5	175,5	1850,0			
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-1151,2	87,7	1875,2			
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-982,5	175,5	1850,0			
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	$Q_{gr15-NV}$	-22,1	175,5	58,3			

	LM-71 max My				Nez. vlak				
	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}	
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0		
Vlak SW0	0,8	0,8	0,0						
Nezatížený vlak	1,0								1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,0	
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0	
Vítr	1,0	0,5	0,0						
Teplota	0,6	0,6	0,5						
Užitné zatížení	0,8	0,5	0,0						
gr_{11}	0,8	0,8	0,0						
gr_{12}	0,8	0,8	0,0						
gr_{13}	0,8	0,8	0,0						
gr_{14}	0,8	0,8	0,0						
gr_{15}	0,8	0,8	0,0						

Nebezpečné kombinace		Podélná			Příčná			Svislá	
		X	Y	Z	Rx	Ry	Rz		N
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		
1	$G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_{WV} + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-1751	227	2234	-358	0	-6		
3	$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_{WV} + \psi_0 Q_T)$	-1777	139	2169	-80	0	-2	3	
4	$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_{WV} + \psi_0 Q_T)$	-1608	227	2144	-80	0	-2		
5	$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_{WV} + \psi_0 Q_T)$	-1777	139	2169	-80	0	-2	5	
6	$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_{WV} + \psi_0 Q_T)$	-1608	227	2144	-80	0	-2		
7	$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_{WV} + \psi_0 Q_T)$	-647	227	352	-80	0	-2		

Min **-1777 kN**

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
3	-1776,6	139,3	2169,1	-80,0	0,0	-1,7

6.2. Úložný práh opěr – napětí pod ozubem, příčné tahy

Úložné prahy budou z betonu C30/37

Maximální svislá reakce $F_{zd} = 2169,1$ kN

Příčná síla $F_{yd} = 139,3$ kN

Podélná síla $F_{xd} = 1776,6$ kN

Napětí pod ozubem

plocha ozubu

roznesená plocha

pevnost betonu v tlaku

$$A_{C0} = 0,25 \cdot 3,0 = 0,75 \text{ m}^2$$

$$A_{C1} = 0,76 \cdot 3,0 = 2,28 \text{ m}^2$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{c,d} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_M = 0,85 \cdot 30 / 1,5 = 17,0 \text{ MPa}$$

Soustředěná síla na mezi únosnosti

$$F_{Rdu} = A_{C0} \cdot f_{c,d} \cdot (A_{C1} / A_{C0})^{0,5} = 0,75 \cdot 17 \cdot (2,28 / 0,75)^{0,5} = 22,23 \text{ MN}$$

$$>> F_{zd} = 2,455 \text{ MN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Příčné tahy – ve směru osy mostu

šířka ozubu

$$a = 0,25 \text{ m}$$

roznesená šířka

$$b = 0,76 \text{ m}$$

příčná tahová síla

$$T = 1/4 \cdot F_{zd} \cdot (b-a)/b + F_{xd} = 0,25 \cdot 2169,1 \cdot (0,76-0,25)/0,76 + 1776,6 = 363,9 + 1776,6 = 2140,5 \text{ kN}$$

mez kluzu betonářské výztuže

$$f_{sk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{s,d} = f_{sk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434 \text{ MPa}$$

nutná plocha výztuže

$$A_{a,nutná} = 1,5 \cdot T / f_{s,d} = 1,5 \cdot 2140,5 / 434 = 7,398 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 7398 \text{ mm}^2$$

navržená výztuž (3000/150=15 ks)

15x2φR16

$$A_a = 20 \cdot 2 \cdot 201,1 = 8044 \text{ mm}^2$$

Dvoustřížné třmínky Ø16/150 mm, ocel B500B vyhovují.**Podélné tahy u liniového uložení nerozhodují.****6.3. Posuny a natočení**

Většina posuzovaných hodnot viz. kapitola 5.2 Deformace koncového průřezu konstrukce

Posuny od teploty

Konstrukce typ 1

Rovnoměrná teplota - charakteristické hodnoty – maxima a minima

 $T_0 = + 10 \text{ °C}$... účinná teplota při osazení $T_{e,max} = 56 \text{ °C}$... max. teplota mostu $T_{e,min} = -35 \text{ °C}$... min. teplota mostu $\Delta t_{max} = 46 \text{ °C}$ $\Delta t_{min} = -45 \text{ °C}$

$$\delta_{t,max} = 12 \times 10^{-6} \times 46 \times 11,28/2 = 3,11 \text{ mm}$$

$$\delta_{t,min} = 12 \times 10^{-6} \times (-45) \times 11,28/2 = -3,05 \text{ mm}$$

Tyto posuny budou realizovány v zásypu za opěrou a čelem nosné konstrukce.

6.4. Úložný práh opěr – únosnost zadního ústupku ozubu na vodorovnou sílu

Charakteristické hodnoty

Podélná

Příčná

Svislá

		ϕ_B	ČSD-T α	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kN]	My [kN]	Mz [kNm]
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{lak}		1,21	-192,3	0,0	28,7	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	X_{Sk}		1,21	0,0	100,0	0,0	-49,4	0,0	-0,3
Vítr	X_w			0,0	34,4	0,0	-53,3	0,0	-1,1
Teplota	X_t			-611,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Náraz vozidla	A_d			0,6	195,8	0,0	55,1	0,0	-116,4

6.4.1.1 Přetížení za opěrou

Svislé zatížení od vlaku se roznese na celou délku ozubu.

a) čtveřice sil 1,21x 250 kN na délku 6,40 m od rubu opěry

$$f = 1,21 \cdot 250 / (6,40 \cdot 5,9) = 32,05 \text{ kN/m}^2$$

b) rovnoměrné zatížení 1,10 x 80 kN/m' na ostatní délku

$$f = 1,21 \cdot 80 / 5,9 = 16,41 \text{ kN/m}^2$$

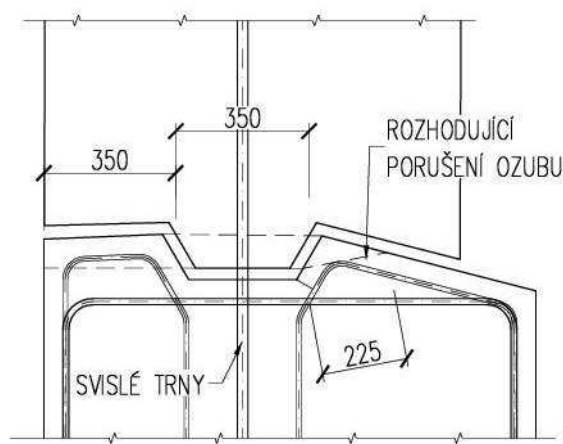
Síla na ozub od svislého přetížení za opěrou je stanovena 56,9 kN/m.

6.4.1.2 Přehled sil působících na jeden metr délky ozubu [kN/m]

		Charakteristická		γ_Q	Návrhová		Součinitele kombinace			
		kolmo na ozub	rovnoběžně s ozubem		kolmo na ozub	rovnoběžně s ozubem	γ_f	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Přetížení za opěrrou	p	56,90	0,00							
Odstředivá síla	o	0,00	0,00							
Brzdná síla	a	77,57	0,00							
Boční ráz	s	0,00	40,33							
Vítr	w	0,00	11,47	1,5	0,01	17,20	1,5	0,75	0,5	0
Teplota	t	203,93	0,00	1,5	305,90	0,00	1,5	0,6	0,6	0,5
Náraz silničního vozidla	d	0,19	65,28	1	0,19	65,28				
gr11 (p+a+0,5o+0,5s)		134,47	20,17	1,45	194,97	29,24	1,45	0,8	0,8	
gr12 (p+o+s+0,5a)		95,68	40,33	1,45	138,74	58,48	1,45	0,8	0,8	
Návrhová kombinace										
$f_d = \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot f_{gr11-71} + \gamma_Q \cdot f_t + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot f_w$					461,9	55,4				
Mimořádná kombinace										
$f_d = f_d + \psi_1 \cdot f_{gr11-71} + \psi_2 \cdot f_t + \psi_2 \cdot f_w$		209,7	97,5							

6.4.2. Posouzení

Posouzení je provedeno pro jeden metr délky ozubu.



beton C30/37, $f_{ctk} = 2,0 \text{ MPa}$

$A_{cc} = 0,225 \cdot 1,0 = 0,225 \text{ m}^2/\text{m}$

ocel B500B, $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

3xR39 ... $A_s = 3 \cdot (0,039/2)^2 \cdot \pi / 3,0 = 1,194 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{m}$

Součinitel tření mezi betonovými dílci ve spáře vyplněné polymerbetonem a elektroizolačními deskami: $f = 0,3$.

Svislá reakce od vlastní tíhy a zbytku stálého zatížení $\gamma_F = 0,95$ (1,0 pro mimořádnou situaci)

$Z_{G,sd,0,95} = (179,9+37,9) \cdot 0,95/3 = 68,97 \text{ kN/m}$

$Z_{G,sd,1,00} = (179,9+37,9) \cdot 1,0/3 = 72,6 \text{ kN/m}$

a) beton ozubu, návrhová kombinace

Únosnost ozubu je stanovena dle /6/, čl. 12.6.3 - únosnost průřezu z prostého betonu ve smyku.

$$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_{cc} = 0$$

$$\tau_{cp} = k \cdot V_{ed} / A_{cc}$$

$$k = 1,5$$

$$\tau_{cp} = f_{ctd} = f_{ctk} \cdot \alpha_{ct} / \gamma_c = 2,0 \cdot 1,0 / 1,5 = 1,33 \text{ MPa}$$

$$A_{cc} = 0,225 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$V_{Rcd} = f_{ctd} \cdot A_{cc} / k = 1,33 \cdot 0,225 / 1,5 = 0,1995 \text{ MN}$$

$$V_{Rcd} = 199,5 \text{ kN} < V_{Ed} = 461,9 \text{ kN/m} - \text{NEVYHOVUJE, rozdíl je } 262,4 \text{ kN/m}$$

b) svislé trny, návrhová kombinace

Vzdorující vodorovná síla:

$$V_{Rd,min} = 0,3 \cdot (68,97) = 20,69 \text{ kN/m} < V_{Ed} = 55,4 \text{ kN/m} - \text{NEVYHOVUJE, rozdíl je } 34,7 \text{ kN/m}$$

a + b) rozdíly (výslednici a, b) přeberou navržené svislé trny

$$V_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} / 3^{0,5} = 1,194 \cdot 500 / 3^{0,5} = 299,7 \text{ kN/m} > V_{Ed} = (262,4^2 + 48,6^2)^{0,5} = 264,7 \text{ kN/m}$$

c) beton ozubu, mimořádná kombinace

$$V_{Rcd} = f_{ctd} \cdot A_{cc} / k = 1,67 \cdot 0,225 / 1,5 = 0,2505 \text{ MN/m}$$

pro mimořádnou kombinaci $\gamma_c = 1,20$

$$f_{ctd} = 2,0 \cdot 1,0 / 1,2 = 1,67$$

$$V_{Rcd} = 250,5 \text{ kN/m} < V_{Ed} = 209,70 \text{ kN/m} - \text{VYHOVUJE}$$

d) svislé trny, mimořádná kombinace

pro mimořádnou kombinaci $\gamma_s = 1,00$

$$V_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} / 3^{0,5} = 0,490 \cdot 500 / 3^{0,5} = 141,45 \text{ kN/m} > V_{Ed} = 97,5 \text{ kN/m} - \text{VYHOVUJE}$$

6.5. Náraz vozidla – únosnost Hl. nosníku a příčné výztuhy

Jedná se o mimořádné zatížení, kdy se lokálním poškozením, zejména příčných výztuh pravděpodobně nevyhneme. Každá mimořádná událost na mostě bude následně vyhodnocena po mimořádné prohlídce objektu.

Největší změna napětí a deformace ocelových prvků konstrukce vznikne při nárazu vozidla předepsanou silou $F_{dx} = 250 \text{ kN}$ ($\gamma_f = 1,0$) do dolní pásnice hlavního nosníku prvků. Ty ale nemají takové hodnoty, aby toto mělo vliv na bezpečnost kolejového provozu

6.5.1. Hlavní nosníky

Změna svislého průhybu hlavního nosníku činí 17 mm, což nemá na použitelnost konstrukce vliv. Změna napětí v dolní pásnici o 72 MPa je díky vysoké zatížitelnosti rovněž zanedbatelná.

6.5.2. Příčné výztuhy

Příčné výztuhy jsou posouzeny podrobněji.

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	vlak-T α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,00			0,1	1,2	1,1	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,00			36,2	16,1	1,5	-0,2	-3,7	2,5
Vlak LM-71	Q_{71}	0,00	2,00	1,21	3,5	-37,9	32,6	-3,9	0,6	-0,8
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	0,1	-10,2	6,1	0,0	0,1	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{lak}	1,00		1,21	-0,1	-0,6	2,4	-0,1	0,0	0,1
Boční rázy	X_{Sk}	1,00		1,21	0,0	-5,5	0,0	0,0	-0,1	-0,1
Vítr	X_w	1,00			-0,3	5,0	2,1	0,0	-0,5	0,0
Teplota	X_t	1,00			-39,1	55,3	3,4	0,0	-0,9	0,1
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	1,00			35,7	21,0	-0,8	-0,2	-3,7	2,8
Náraz vozidla	A_d	1,00			-101,1	994,9	40,5	2,0	-30,4	-51,1

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	0,1	1,2	1,1	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	36,2	16,1	1,5	-0,2	-3,7	2,5
Vlak LM-71	Q_{71}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	0,1	-10,2	6,1	0,0	0,1	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-0,1	-0,8	2,9	-0,1	0,0	0,1
Boční rázy	Q_{Sk}	0,0	-6,7	0,0	0,0	-0,2	-0,1
Vítr	Q_w	-0,3	5,0	2,1	0,0	-0,5	0,0
Teplota	Q_t	-39,1	55,3	3,4	0,0	-0,9	0,1
Užitné zatížení	Q_u	35,7	21,0	-0,8	-0,2	-3,7	2,8
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-0,1	-4,1	2,9	-0,1	-0,1	0,1
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-0,1	-7,1	1,5	0,0	-0,2	-0,1
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-0,1	-4,1	2,9	-0,1	-0,1	0,1
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-0,1	-7,1	1,5	0,0	-0,2	-0,1
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	0,1	-16,9	6,1	0,0	-0,1	-0,1

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr ₁₁	gr ₁₂	gr ₁₃	gr ₁₄	gr ₁₅
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,0
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	1,0	0,5	0,0					
Teplota	0,6	0,6	0,5					
Užitné zatížení	0,8	0,5	0,0					
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					

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1	$G_k+Q_{71}+(\psi_0*Q_{Lak}+\psi_0Q_{Sk}+\psi_0Q_W+\psi_0Q_T+\psi_0Q_u)$	-89	1043	50	2	-35	-49
3	$G_k+Q_{gr11-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-88,6	1046,3	50,1	1,7	-35,3	-48,5
4	$G_k+Q_{gr12-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-88,6	1043,4	48,7	1,8	-35,4	-48,6
5	$G_k+Q_{gr13-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-88,6	1046,3	50,1	1,7	-35,3	-48,5
6	$G_k+Q_{gr14-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-88,6	1043,4	48,7	1,8	-35,4	-48,6
7	$G_k+Q_{gr15-NV}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-88,4	1033,6	53,3	1,8	-35,3	-48,6

My
1
4
6

Max		1046,3	53,3			
Min	-88,42				-35,36	kNm

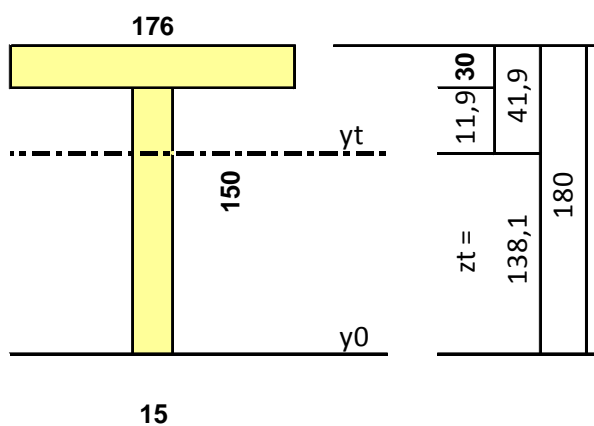
Příčná výztuha

plocha A = 7530 mm²Sy0 = 1039950 mm³

zt = 138,1 mm

I_y = 1,739E+07 mm⁴i_y = 48,1 mmW_h = 4,152E+05 mm³W_d = 1,259E+05 mm³f_y = 355 MPaV_{pl.Rd} = 481,6 kNSy1 = 62792,0 mm³

velikost svaru 6 mm



Výpočet napětí - lokální účinky

Vnitřní síly:

		$\alpha = 1,21$
		$\Phi_3 = 2,0$
		G+Q+P
Mmax	kNm	-35,4
Qmax	kN	1047,7
N	kN	-88,4
σ_h	MPa	73,4
σ_d	MPa	-292,5
σ_{wh}	MPa	12,44
τ_{1max} (svar)	MPa	315,17

7. Zatížitelnost

Nová nosná konstrukce byla v tomto statickém výpočtu počítána dle norem EC, zatížitelnost je určena dle dokumentu Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů. Fakt, že limitním prvkem pro návrh mostu byl průhyb od nahodilého zatížení, znamená v důsledku vyšší zatížitelnost mostu v MSÚ. Jednotlivé zatížitelnosti jsou vypočítány v příslušných kapitolách.

1.MSU Zatížitelnost z vnitřních sil se určí dle vztahu:

$$Z_{UIC} = \frac{S_{lim} - S_{rs}}{S_{UIC}}$$

S_{lim} hodnota vnitřní síly, odpovídající mezi únosnosti

S_{rs} hodnota stejné vnitřní síly pro všechna zatížení mimo zatěžovacím schématem UIC-71, včetně součinitele kombinace zatížení.

S_{UIC} hodnota stejné vnitřní síly pro zatížení zatěžovacím schématem UIC-71 včetně dynamického součinitele a součinitele kombinace

2.MSP Zatížitelnost se určí z napětí dle vztahu:

$$Z_{UIC} = \frac{R_d - \sigma_{rs}}{\sigma_{UIC}}$$

8. Závěr

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

Příloha P1: Tabulky zatížitelnosti

Přehled zatížitelnosti částí mostu

A Identifikace mostu

TÚ (číslo, název): 0901 – Praha hl.n. (mimo) – Turnov DÚ: 30 – Mladá Boleslav hl.n. – Mladá Boleslav - Debrž km 73,566 (mimo)

B Identifikace části mostu

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

C Doplnující data pro část mostu

Kategorie zatížitelnosti: D, C Výpočetní model: prostorový

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

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

Popis závad uvažovaných v přepočtu:

Datum zjištění technického stavu mostu: - SŽDC, s.o.:
- zpracovatelem přepočtu:

Poznámka k části mostu: Výpočet proveden pro novou nosnou konstrukci a novou spodní stavbu.

Poř. č.	Prvek	Detail	Namáhání	k_i	typ	L_p	ϕ_i	L_ϕ	$\gamma_{Q,LM71}$	$\gamma_{Q,LM71,E}$	Viz číslo str. přepočtu	Z_{LM71}	$Z_{LM71,E}$	Poznámky
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Hl. nosník - v poli	horní vlákna	ohyb My, MSU	0,69	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	17-18	2,22	-	-
			ohyb Mz, MSU	0,29	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	17-18			
			tlak N, MSU	0,01	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	17-18			
2	Hl. nosník - v poli	dolní vlákna	ohyb My, MSU	0,87	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	18-19	2,16	-	-
			ohyb Mz, MSU	0,12	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	18-19			
			tlak N, MSU	0,01	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	18-19			
3	Hl. nosník - u opěry	stěna	smyk	1,00	Q	10,05	1,46	10,05	1,45	-	19	3,26	-	-
4	Kce. - střed rozpětí	-	deformace u_z , MSP	1,00	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	32	1,24	-	-
5	Kce. - na opěře	-	deformace ϕ_y , MSP	1,00	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	33	1,76	-	-
5	konec Kce. - nad opěrou	-	deformace u_z , MSP	1,00	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	33	1,31	-	-
5	konec Kce. - nad opěrou	-	deformace u_x , MSP	1,00	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	34	3,42	-	-
6	Spodní stavba	-	napětí v zákl. spáře	1,00	Q	-	-	-	-	-	-	1,21	-	-

Dne: zatížitelnost určil: Ing. I. Heinz