

			ČÍSLO SOUPRAVY:
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	



SUDOP BRNO, spol. s r.o.
Kounicova 26
611 36 Brno

OBJEDNAVATEL:	Správa železnic, s.o., Dílžďěná 1003/7, 110 00 Praha 1 Oblastní ředitelství Ostrava		tel. : +420 972 625 804 E-mail: sudop@sudop-brno.cz	
PROFESNÍ SKUPINA:	12 Mosty	VEDOUCÍ PROF. SKUPINY Ing. Karel Pukl	GENERÁLNÍ ŘEDITEL Ing. Kamil Chmela	
ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY Ing. Štěpán Kameš	ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO Ing. Štěpán Kameš	NAVRHL, VYPRACOVAL Ing. Denis Ujházy	KONTROLOVAL Ing. Radomír Hanák	
KRAJ: Moravskoslezský	POVĚŘENÝ OÚ: Bruntál		STUPEŇ: DSP	
Most v km 42,112 na trati Olomouc – Krnov (TÚ 2191) SO 02 Most v km 42,112			ZAK. ČÍSLO 21113-01-0622	ARCH. ČÍSLO
			MĚŘITKO	POČET FORMÁTŮ
			DATUM: 01/2022	
Statický přepočet			ČÁST DOKUM. D.2.1.2.1	PŘÍLOHA 4

Statický přepočet

Opravy závad u SMT 2021

Most v ev. km 42,112 na trati Olomouc - Krnov

Obsah

Identifikační údaje stavby	3
Základní údaje o mostním objektu	3
Úvod a okrajové podmínky a použité výpočetní modely	4
Podklady pro výpočet	4
Použitá literatura	4
Popis NK	4
Fotodokumentace	5
Archivní dokumentace	7
Závěry z mostní prohlídky	8
Výpočetní model	8
Zatěžovací stavy	9
ZS1 - Vlastní tíha	9
ZS2 - Ostatní stálé zatížení	9
ZS3 - Vítr působící na konstrukci	10
ZS4 - Vítr působící na vlak	11
ZS5 - Proměnné zatížení běžnou železniční dopravou LM 71	11
ZS6 - Vodorovné síly v ose x - brzdné a rozjezdové síly	12
ZS7 - Vodorovné síly v ose y - boční rázy	12
ZS8 - Zatížení teplotou	12
ZS8 - Zatížení údržbou	12
Kombinace zatížení	13
Výpis zatěžovacích stavů	13
Posouzení	14
Materiálové charakteristiky pro NK	14
Zatřídění průřezů	14
Průřezové charakteristiky	15
Výpočet součinitele vzpěru	17
Boulení stěn vlivem smyku	19
Klopení	20
Posouzení hlavních nosníků	23
Posouzení příčné výztuhy	28
Posouzení závětrování - krajní U 180	29
Posouzení závětrování - mezilehlé U 120	30
Posouzení vybraných spojů	31
MSP	34
Ověření dynamického součinitele	35
Závěr	36
Tabulka zatížitelnosti	37
Ruční ověření modelu	40

Identifikační údaje

Stavba:	Opravy závad u SMT 2021
Objekt:	Most v km 42,112
Objednatel:	Správa železnic, státní organizace, Dílčeděná 1003/7, 110 00 Praha 1 - Nové město
Vypracoval:	Ing. Denis Ujházy
Odpovědný statik:	Ing. Štěpán Kameš
Obec:	Dětrichov nad Bystřicí [597252]
Katastrální území:	Dětrichov nad Bystřicí [626066]
Traťový úsek:	2191 Olomouc hl. n. (mimo) - Krnov (mimo)
Definiční úsek:	14 - Moravský Beroun - Dětrichov nad Bystřicí
Číslo trati:	310
Staničení:	ev. km 42,112
Poloha mostu:	širá trať
Překonávané překážky:	vodní tok Bystřice

Základní údaje o mostním objektu

Typ NK:	Ocelová svařovaná konstrukce s přímo pojížděnými plnostěnnými hlavními nosníky vyztužené příčným ztužením z roku 1970	
Spodní stavba:	Betonové opěry s rovnoběžnými křídly	
Počet otvorů:	1	
Počet NK:	1	
Délka přemostění:	7,35 m	
Délka NK:	6,8 m	
Rozpětí NK:	6,2 m	
Stavební výška:	0,97 m	
Konstrukční výška:	0,67 m	(výška hlavních nosníků)
Železniční svršek:	kolejnice S 49 na žebrových podkladnicích a dřevěných mostnicích	
Šikmost mostu:	90°	
Úhel křížení s překážkou:	90°	
Šířka mostu:	5,25 m	
Počet kolejí:	1	
Směrové poměry:	v přímé	
Převýšení:	bez převýšení	
Traťová třída/rychlost:	C3/70 (dle podrobné prohlídky r. 2020)	
Kolej:	bezстыková	

Konstrukce a spodní stavba byla ohodnocena dle podrobné prohlídky r. 2021 předpisu SŽDC S5 jako **2/2**

Úvod, okrajové podmínky a použité modely

Předmětem statického přepočtu je posouzení jednotlivých prvků ocelové konstrukce mostu a jejích vybraných detailů dle aktuálních norem, viz použitá literatura. Dále je provedeno kompletní posouzení konstrukce dle přílohy A2 ČSN EN 1990 ed.2 a je určena zatížitelnost případně přechodnost jednotlivých prvků mostu dle SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů. Zatížitelnost nosné konstrukce mostu byla stanovena na základě kategorie C a zatížitelnost spodní stavby byla, s ohledem na vizuální hodnocení, stavběně-technický průzkum a nezvyšování rychlosti ani zatížení na mostě, stanovena na základě kategorie zatížitelnosti A

► Podklady pro výpočet:

- Archivní dokumentace
- Fotodokumentace
- Doklad o podrobné prohlídce mostu
- Příslušné normy a předpisy
- Vlastní prohlídka mostního objektu

► Použitá literatura

- ČSN EN 1990 ed.2 Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-4 ed.2 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 1991-2 ed.2 Zatížení konstrukcí – Zatížení mostů dopravou
- ČSN EN 1993-1-1 ed.2 Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-5 ed.2 Navrhování ocelových konstrukcí – Boulení stěn
- ČSN EN 1993-1-8 ed.2 Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování styčníků
- ČSN EN 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí – Ocelové mosty
- SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů

► Popis NK

Jedná se o jednokolejný železniční trémový ocelový most tvořený plnostěnnými svařovanými hlavními nosníky, příčnými výztuhami a závětrováním. Rozpětí NK je 8,2 m a osová šířka hlavních nosníků je 1,8 m. Most byl postaven roku 1970.

Hlavní nosníky jsou svařované I profily. Výška nosníku je uprostřed pole 650 mm. Pásnice jsou stejné tl. 36 mm a šířky 360 mm. Při krajích je spodní pásnice nosníků zesílena o 20 mm. Stojina je tlustá 14 mm. V místech připojení příčných výztuh je přivařen k hlavním nosníkům styčnickový plech, na kterém jsou tyto výztuhy přivařeny pomocí koutových svarů. Diagonály jsou k hlavním nosníkům a současně i k příčným výztuhám rovněž přivařeny pomocí styčnickových plechů a koutových svarů. Hlavní nosníky jsou z oceli S235.

Krajní příčné výztuhy jsou z profilu U 300 a mezilehlé z profilu U 240 z oceli S235. Výztuhy jsou přivařeny k hlavním nosníkům pomocí styčnickových plechů.

Závětrování v krajním poli je tvořeno profily U 180 a v poli mezilehlém U 120 z oceli S235. Spoj k hlavním nosníkům a příčnicům je proveden pomocí koutových svarů.

Ložiska jsou desková jednosměrná na krnovské opěře a pevná na olomoucké opěře.

► Fotodokumentace



Pohled shora mostu



Pohled na hlavní nosník



Pohled ze spodu na konstrukci

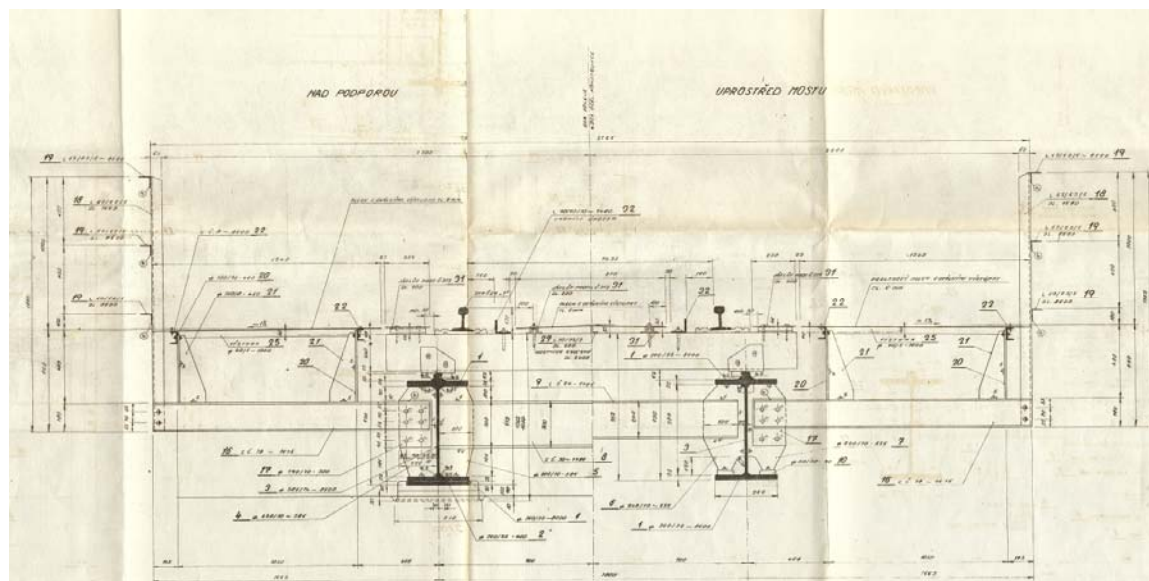


Pohled na obě ložiska

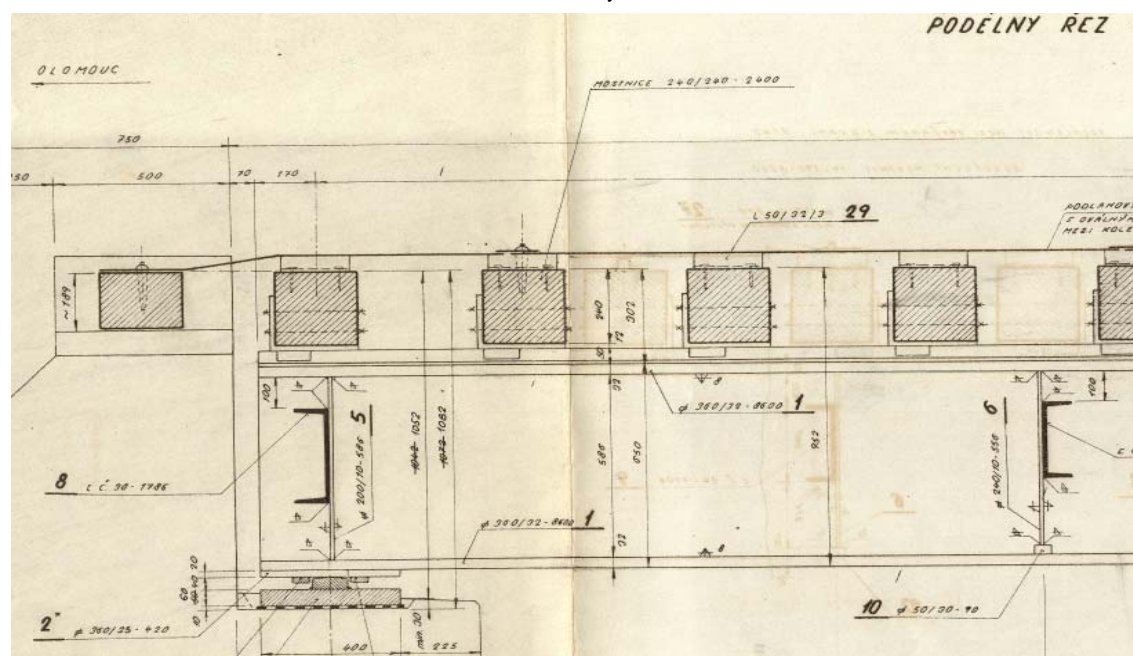


Důlková a plátková koroze a poškození PKO

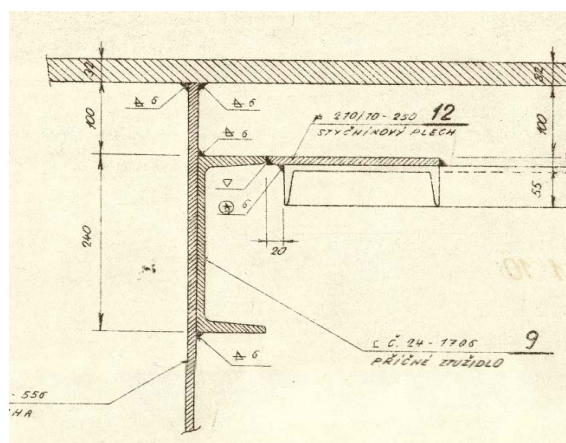
► Archivní dokumentace



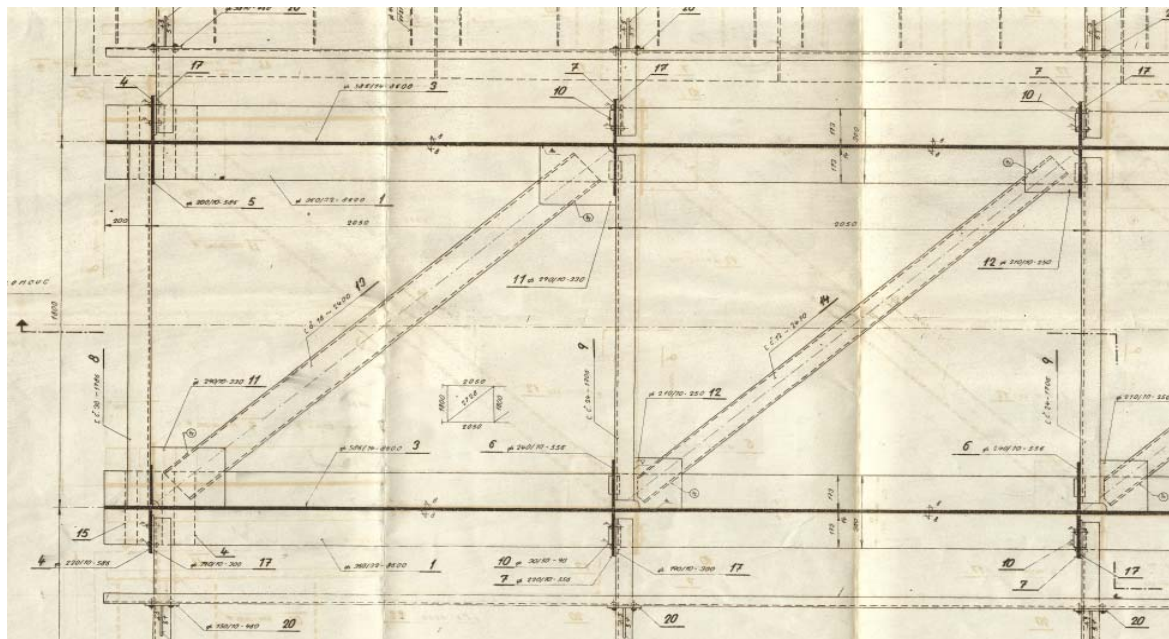
Příčný řez



Část podélného řezu u podpory



Detail spoje ztužidel k hlavnímu nosníku



Půdorys - první dvě pole mostu

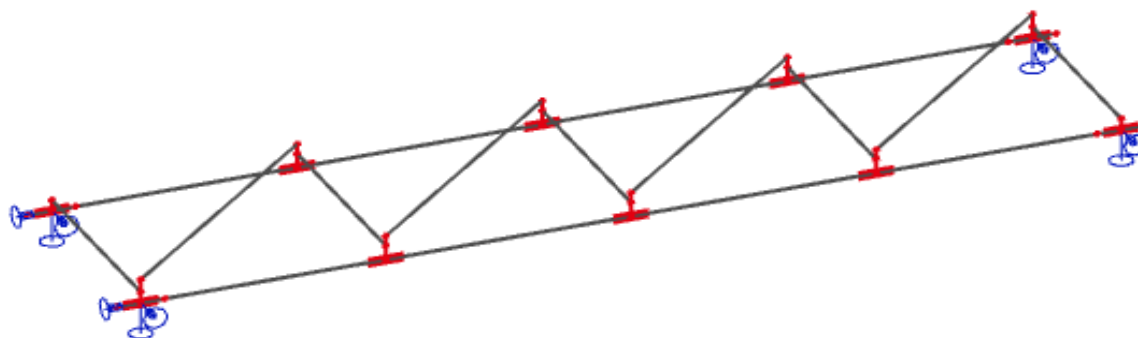
► Závěry z mostní prohlídky

Prohlídka ukázala, že archivní dokumentace odpovídá skutečnému stavu konstrukce. Konstrukce kromě opotřebené PKO, nevykazuje žádné výrazné poruchy. Při přepočtu není uvažováno s rezivěním. Dle archivní dokumentace je ocelová konstrukce vyrobena z oceli S235. Pro danou ocel platí následující parametry dle SŽ S5/1 tab. A.1:

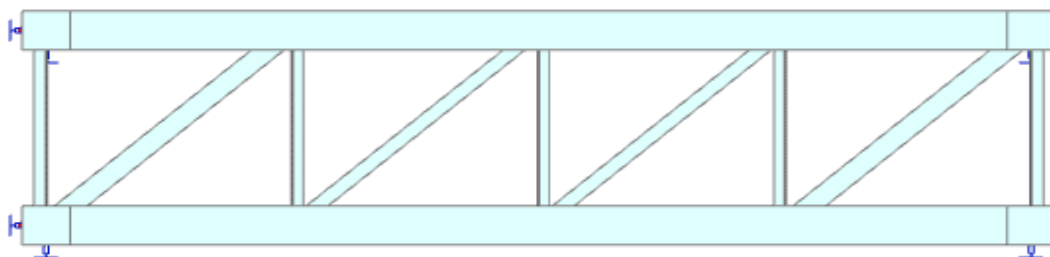
Typ oceli	f_y [MPa]	f_u [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}
11 373, 11 375, 11 378	235	360	1,0	1,1	1,25

► Výpočetní model

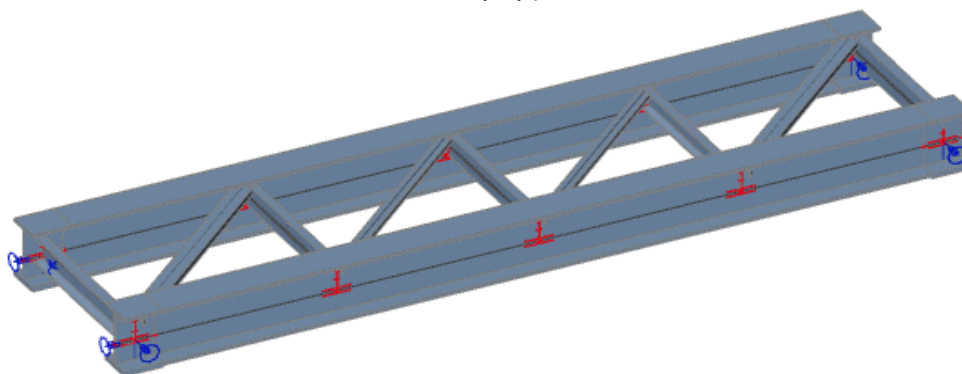
- V rámci přepočtu byl použit 3D model prutový ve výpočtovém softwaru Scia Engineer 19.1. Excentricity ztužidel vůči hlavním nosníkům byly zohledněny tuhými rameny.
- Tuhosti podpěr v ose x a y byly zvoleny pro pevné podpory tak, aby se most mohl posunout o ± 5 mm
- Svařované spoje jsou uvažovány jako tuhé



Prutový model mostu



Půdorysný pohled



Axonometrický pohled na most

Zatěžovací stavy

► ZS1 - Vlastní tíha

- Vlastní tíha je generována v softwaru Scia Engineer 19.1

- Podíl vlastní tíhy z archivní dokumentace a tíhy vygenerované v modelu je zohledněn v kombinacích

Vlastní tíha vygenerovaná modelem G_{model}

Vlastní tíha získaná z archivní dokumentace G_{archiv}

$G_{\text{archiv}} / G_{\text{model}} = 10169 / 7606,66 =$

7606,66	kg
10169	kg
1,34	

	tíha [kg]	G [kN]	M [kNm]
chodníková kozola U 180	36,6	0,4	0,3
sloupek zábradlí L 63/63/6	9,5	0,1	0,2
madla zábradlí L 63/63/6	35,2	0,4	0,6
podlahový plech tl. 6 mm	129,4	1,3	1,1
chodníkový podélník U 80	17,7	0,2	0,3
plech pro upevnění chodníkového podélníku	22	0,2	0,2
ztužující plech	17,28	0,2	0,2
celkové zatížení v místě přípoje kozoly na hl. nosník	267,7	2,7	2,8

► ZS2 - Ostatní stálé zatížení

	tíha [kg]	G [kN]
- 15x dřevěné mostnice 240x240x2400	110	1,1
- kolejnice S49	52	0,52
- 30x Podkladnice	20	0,2
celkem na 1 pražec		1,82
zatížení na 1 nosník		0,91

► ZS3 - Vitr působící na konstrukci

Vstupní hodnoty:

Větrová oblast		II
základní rychlost větru	$V_{b,0} =$	25,0 m/s
Součinitel směru větru	$c_{DIR} =$	1,0
Součinitel ročního období	$c_{season} =$	1,0
Součinitel ortografie	$C_0(Z) =$	1,0
Kategorie terénu		II
Parametr drsnosti	$Z_0 =$	0,05 m
Minimální výška	$Z_{min} =$	2,0 m
Maximální výška	$Z_{max} =$	200,0 m
Výška nad zemí	$Z =$	5,5 m
Součinitel turbulence	$k_l =$	1,0
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho =$	1,25 kg/m ³
Šířka	$b =$	5,7 m
Výška	$d_{tot} =$	5,1 m

Výpočet zatížení od větru

základní rychlost větru V_b	$c_{DIR} \cdot c_{season} \cdot V_{b,0} =$	$= 1 \cdot 1 \cdot 25 =$	25,0 m/s
součinitel terénu k_r	$0,19 \cdot (Z_0/0,05)^{0,07} =$	$= 0,19 \cdot (0,05/0,05)^{0,07} =$	0,19
součinitel drsnosti $c_r(Z)$	$k_r \cdot \ln(z_{min}/z_0) =$	$= 0,19 \cdot \ln(5,5/0,05) =$	0,893
$z_{max} > z > z_{min}$...splňuje podmínku			
střední rychlost větru $v_m(Z)$	$c_r(Z) \cdot c_0(Z) \cdot v_b =$	$= 0,893 \cdot 1 \cdot 25 =$	22,30 m/s
Intenzita turbulence větru $I_v(Z)$	$K_l / (C_0(Z) \cdot \ln(z_{min}/z_0)) =$	$= 1 / (1 \cdot \ln(5,5/0,05)) =$	0,213
základní dynamický tlak větru q_b	$0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 =$	$= 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25^2 =$	391 N/m ²
Maximální dynamický tlak $q_b(z)$	$[1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 =$	$= [1 + 7 \cdot 0,213] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,3^2 =$	774 N/m ²
Součinitel expozice c_e	$q_p(z) / q_b =$	$= 774 / 391 =$	1,98

• ZS 3.1 - Zatížení větrem, v ose Y

Součinitel síly pro mosty $c_{fy,0}$	$b / d_{tot} =$	$= 5,73 / 5,1 =$	1,12
$\rightarrow c_{fy,0} = \dots$ z grafu...			2,25

Redukce $c_{fx,0}$ dle SŽ S5/1 přílohy G, typ kce 6, KVD 3 ... $C_{kor} =$

Součinitel zatížení větrem C	$c_{kor} \cdot c_e \cdot c_{fy,0} =$	$= 0,83 \cdot 1,98 \cdot 2,25 =$	3,7
Vitr působící konstrukci $f_{w,k}$	$1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,y} =$	$= 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot 3,7 \cdot 0,65 =$	0,9 kN/m

Hlavní nosník $A_{ref,y}$

0,7 m²

• ZS 3.2 - Zatížení větrem v ose Z

$A_{ref,Z} =$	49,02 m ²	...referenční plocha zahrnuje půdorysnou plochu
$b =$	5,70 m	... šířka NK
$d_{tot} =$	5,10 m	... výška NK od dolní hrany HN po temeno kolejnice + 4 m
$b/d_{tot} =$	1,12	
$c_{f,z} =$	0,9	... dle ČSN EN 1991-1-4 ed.2 článek 8.3.3 poznámka 1
$C = c_{f,z} \cdot c_e(z) \cdot c_{kor} =$	0,68	

Redukce cfz,0 dle SŽ S5/1 přílohy G, typ kce 6, KVD 3 ... $C_{kor} =$ 0,38

$F_{w,Z} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,Z} =$ 12,97 kN

$F_{w,Z} =$ 1,58 kN/m

$F_{w,Z,1} = \pm$ 1,19 kN/m

$F_{w,Z,2} = \pm$ 0,40 kN/m

na excentricitě $e=b/4 =$ 0,45 m osová vzdálenost $b =$ 1,8 m

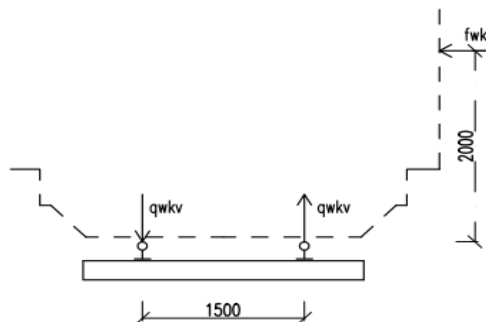
► ZS4 - Vítr působící na vlak

Vítr působící na vlak $f_{w,k}$ $1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,y} = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot 3,7 \cdot 4 =$ 5,8 kN/m

plocha projíždějícího vlaku $A_{ref,y}$ 4,0 m²

moment od zatížení větrem na vlak $M =$ $= 2 \cdot 5,8 =$ 11,6 kNm

svislá síla působící na vlak od bočního větru $q_{wk,v} =$ $= 11,6 / 1,8 =$ **$\pm 6,4$ kN/m**



Působení větru na vozidlo

► ZS5 - Proměnné zatížení běžnou železniční dopravou LM 71

Parametry nosné konstrukce

Délka L_{nk} [m] 8,60

Rozpětí L [m] 8,20

Dilatační délka L_T [m] 8,60

Náhradní délka L_{Φ} [m] 8,20

Parametry koleje

Poloměr oblouku r [m] 0,0

Maximální rychlost V [km/h] 70

Parametry zatížení

Součinitel α pro přepočty [-] 1,00

Osamělé zatížení Q_{vk} [kN] 250,00

Spojité zatížení q_{vk} [kN/m] 80,00

Dynamický součinitel Φ_3 dle vzorce $2,16/(\sqrt{L_{\Phi}} - 0,2) + 0,73$

Hlavní nosníky	→	$L_{\Phi} =$	8,20 m	→	$\Phi_3 =$	1,54
----------------	---	--------------	--------	---	------------	------

Svislé síly zohledňující excentricitu zatížení:

$Q_{LM71,k,1} =$ 138,75 kN $Q_{LM71,k,1/2} =$ 69,38 kN $Q_{LM71,k,1/4} =$ 34,69 kN

$Q_{LM71,k,2} =$ 111,25 kN $Q_{LM71,k,2/2} =$ 55,63 kN $Q_{LM71,k,2/4} =$ 27,81 kN

$q_{LM71,k,1} =$ 44,4 kN/m $q_{LM71,k,1} =$ 27,53 kN

$q_{LM71,k,2} =$ 35,6 kN/m $q_{LM71,k,2} =$ 22,07 kN

► ZS6 - Vodorovné síly v ose x - brzdné a rozjezdové síly

Brzdná síla Q_{lbk} [kN/m]	$20 \cdot \alpha / 2 =$	$20 \cdot 1/2 =$	10,0 kN/m
Rozjezdová síla Q_{lak} [kN/m]	$33 \cdot \alpha / 2 =$	$33 \cdot 1/2 =$	16,5 kN/m

Pozn.: Síla je uvažována na jeden podélník. Uvažujeme rozjezdové síly vzhledem k většímu účinku.

► ZS7 - Vodorovné síly v ose y - boční rázy

Boční ráz Q_{sk} [kN]	$100 \cdot \alpha =$	$100 \cdot 1 =$	100,00
-------------------------	----------------------	-----------------	--------

Roznos zatížení od bočních rázů na 3 kolejnicové podpory

$Q_{SK} =$	50 kN	$Q_{SK,1/2} =$	25,00 kN	$Q_{SK,1/4} =$	12,50 kN
$M_{Qsk} =$	22,5 kNm	$M_{Qsk,1/2} =$	11,25 kNm	$M_{Qsk,1/4} =$	5,625 kNm
$Q_{sk,PO} =$	12,5 kN	$Q_{sk,PO,1/2} =$	6,25 kN	$Q_{sk,PO,1/4} =$	3,125 kN

Pozn.: Síla je uvažována na jeden podélník

► ZS8 - Zatížení teplotou

$T_{max} =$	37,00 °C
$T_{min} =$	-33,00 °C
$T_0 =$	10,00 °C

Rovnoměrná složka teploty

1. Typ nosné konstrukce (ocelová)

$T_{e,max} = T_{max} + 16^\circ C =$	53,00 °C
$T_{e,min} = T_{min} - 3^\circ C =$	-36,00 °C

Maximální rozsah zkrácení rovnoměrné složky teploty:

$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} =$	46,00 °C
--	----------

Maximální rozsah prodloužení rovnoměrné složky teploty:

$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 =$	43,00 °C
--	----------

Maximální rozsahy rovnoměrné složky teploty pro návrh ložisek:

$\Delta T_{N,con} + 10^\circ C =$	56,00 °C
$\Delta T_{N,exp} + 10^\circ C =$	53,00 °C

Součinitel teplotní délkové roztažnosti:

$\alpha_{T,ocel} =$	1,20E-05 °C ⁻¹
---------------------	---------------------------

► ZS9 - Zatížení údržbou

- zatížení údržbou uvažováno 2kN/m² na vykonzolované pochozí části mostu

- toto zatížení je uvažováno pouze s vlakem stojícím na mostě v případě jeho poruchy, jinak se nepředpokládá, že toto zatížení bude působit současně s projíždějícím vlakem

Kombinace zatížení

Kombinace zatížení byly vytvořeny dle rovnic:

rovnice 6.10a (MSÚ):

$$\sum Y_{G,j} * G_{k,j} + Y_{Q,1} * \Psi_{0,1} * Q_{k,1} + \sum Y_{Q,i} * \Psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

rovnice 6.10b (MSÚ):

$$\sum Y_{G,j} * G_{k,j} + Y_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum Y_{Q,i} * \Psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

charakteristická kombinace pro MSP:

$$\sum G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum \Psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

Součinitelé zatížení			
Vlastní tíha	$Y_G =$		1,25
Ostatní stálé zatížení	$Y_{G1} =$		1,30
LM71	$Y_{Q,LM71} =$		1,30
Boční rázy	$Y_{Q,BR} =$		1,30
Zatížení od údržby	$Y_{Q,údržba} =$		1,35
Teplota	$Y_{Q,TEPLOTA} =$		1,50
Brzdné a rozjezdové síly	$Y_{roz/brz} =$		1,30
Zatížení větrem	$Y_{Q,w} =$		1,35
Kombinační součinitelé ψ_0, ψ_2, ξ			
	ψ_0	ψ_2	ξ
Stálé zatížení			0,95
LM71	0,80	0,00	
Boční ráz	1,00	0,00	
Teplota	0,60	0,50	
Zatížení od údržby	0,80	0,00	
Zatížení větrem	0,50	0,00	
Brzdné a rozjezdové síly	0,80	0,00	

► Výpis zatěžovacích stavů

ZS1	Vlastní tíha
ZS2	Ostatní stálé zatížení
ZS3.1	Vítr působící na konstrukci v ose Y
ZS3.2	Vítr působící na konstrukci v ose Z
ZS4	Vítr působící na vlak
ZS5	Zatížení železniční dopravou LM71
ZS6	Brzdné a rozjezdové síly
ZS7	Boční rázy
ZS8	Teplota
ZS9	Zatížení údržbou

Posouzení

► Materiálové charakteristiky pro NK

Ocel C37 P/10372 (rok 1950)	$f_{yk} =$	235	MPa
	$f_{uk} =$	360	MPa
	$\gamma_{M0} =$	1	
	$\gamma_{M1} =$	1,1	
	$\gamma_{M2} =$	1,25	
	$f_{yd} =$	235	MPa
	$E =$	200	GPa
	$\varepsilon = v(235/f_y) =$	1	

► Zatřídění průřezů

Zatřídění bylo provedeno podle tab. 5.2 v ČSN EN 1993-1-1.

• Hlavní nosníky - svařované

Stojina ohýbaná

c	=	586 mm	
t	=	14 mm	
c/t	<	$72 \cdot \varepsilon$	
42 mm	<	$72 \cdot 1$	= 72 mm
► 1. Třída průřezu			

Pásnice na konci průřezu - tlačená část

c	=	173 mm	
t	=	32 mm	
c	<	$9 \cdot t \cdot \varepsilon$	
173 mm	<	$9 \cdot 32 \cdot 1$	= 288 mm
► 1. Třída průřez			

• Příčné výztuhy - posouzeno U 300

Pásnice - tlačená část

c	=	90 mm	
t	=	16 mm	
c/t	<	$9 \cdot \varepsilon$	
5,6 mm	<	$9 \cdot 1$	= 9 mm
► 1. Třída průřez			

• Závětrování - posouzeno U 180

Pásnice - tlačená část

c	=	62 mm	
t	=	11 mm	
c/t	<	$9 \cdot \varepsilon$	
5,6 mm	<	$9 \cdot 1$	= 9 mm
► 1. Třída průřez			

► Průřezové charakteristiky

● Hlavní nosníky

- V modelu je uvažován plný průřez pro výpočet napětí. Průřezové charakteristiky jsou vztaženy pro nejkritičtější průřez hlavního nosníku, který byl dále posouzen. (tedy ve vzdálenosti $rel\ dx = 0,5$). Jedná se o svařovaný průřez.

A	3,12E-02	m ²
I_y	2,44E-03	m ⁴
I_z	2,49E-04	m ⁴
I_ω	2,37E-05	m ⁶
W_{y,pl}	8,32E-03	m ³
W_{z,pl}	2,10E-03	m ³

plocha plného průřezu uvažovaného v modelu

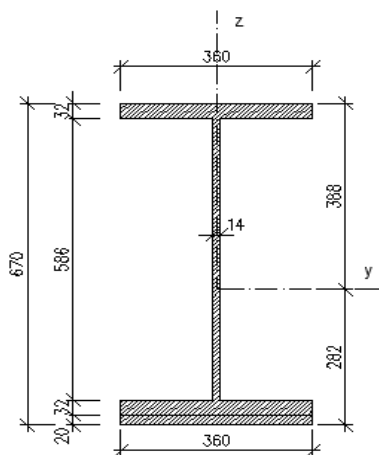
moment setrvačnosti kolmo k ose y neoslabeného průřezu

moment setrvačnosti kolmo k ose z oslabeného průřezu

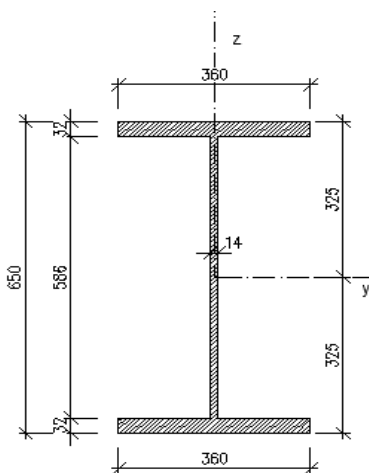
výsečový moment setrvačnosti neoslabeného průřezu

modul průřezu v ohybu kolem z-z neoslabeného průřezu

modul průřezu v ohybu kolem y-y neoslabeného průřezu



Průřez na kraji



Průřez uprostřed

● Příčná výztuhy U 300

- V modelu je uvažován plný průřez pro výpočet napětí. Průřezové charakteristiky jsou vztaženy pro nejkritičtější průřez příčné výztuhy, který byl dále posouzen. Jedná se o krajní výztuhu.

A	5,88E-03	m ²
I_y	8,03E-05	m ⁴
I_z	4,95E-06	m ⁴
I_ω	7,89E-08	m ⁶
W_{y,pl}	6,42E-04	m ³
W_{z,pl}	1,30E-04	m ³

plocha plného průřezu uvažovaného v modelu

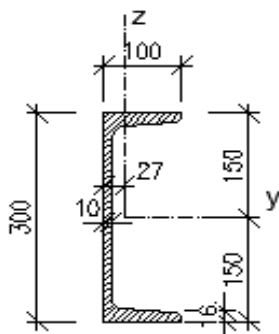
moment setrvačnosti kolmo k ose y neoslabeného průřezu

moment setrvačnosti kolmo k ose z oslabeného průřezu

výsečový moment setrvačnosti neoslabeného průřezu

modul průřezu v ohybu kolem z-z neoslabeného průřezu

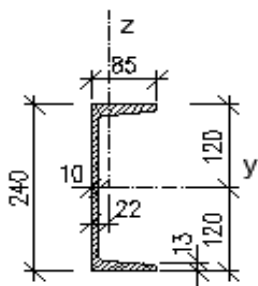
modul průřezu v ohybu kolem y-y neoslabeného průřezu



• Příčná výztuhy U 240

- V modelu je uvažován plný průřez pro výpočet napětí. Průřezové charakteristiky jsou vztaženy pro nejkritičtější průřez příčné výztuhy, který byl dále posouzen. Jedná se o mezilehlou výztuhu.

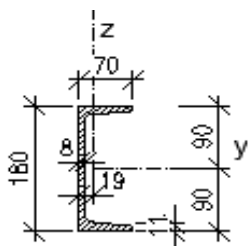
A	4,23E-03	m ²	plocha plného průřezu uvažovaného v modelu
I_y	3,60E-05	m ⁴	moment setrvačnosti kolmo k ose y neoslabeného průřezu
I_z	2,48E-06	m ⁴	moment setrvačnosti kolmo k ose z oslabeného průřezu
I_w	2,55E-08	m ⁶	výsečový moment setrvačnosti neoslabeného průřezu
W_{y,pl}	3,64E-04	m ³	modul průřezu v ohybu kolem z-z neoslabeného průřezu
W_{z,pl}	3,79E-05	m ³	modul průřezu v ohybu kolem y-y neoslabeného průřezu



• Závětrování U180

- V modelu je uvažován plný průřez pro výpočet napětí. Průřezové charakteristiky jsou vztaženy pro nejkritičtější průřez příčné výztuhy, který byl dále posouzen. Jedná se o krajní diagonálu.

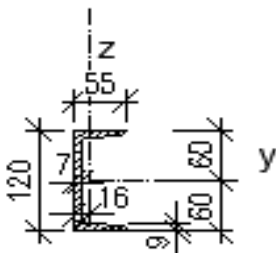
A	2,80E-03	m ²	plocha plného průřezu uvažovaného v modelu
I_y	1,35E-05	m ⁴	moment setrvačnosti kolmo k ose y neoslabeného průřezu
I_z	1,14E-06	m ⁴	moment setrvačnosti kolmo k ose z oslabeného průřezu
I_w	6,44E-09	m ⁶	výsečový moment setrvačnosti neoslabeného průřezu
W_{y,pl}	1,82E-04	m ³	modul průřezu v ohybu kolem z-z neoslabeného průřezu
W_{z,pl}	4,30E-05	m ³	modul průřezu v ohybu kolem y-y neoslabeného průřezu



• Závětrování U120

- V modelu je uvažován plný průřez pro výpočet napětí. Průřezové charakteristiky jsou vztaženy pro nejkritičtější průřez příčné výztuhy, který byl dále posouzen. Jedná se o mezilehlou diagonálu.

A	1,70E-03	m ²	plocha plného průřezu uvažovaného v modelu
I_y	3,64E-06	m ⁴	moment setrvačnosti kolmo k ose y oslabeného průřezu pro posouzení DP
I_z	4,32E-07	m ⁴	moment setrvačnosti kolmo k ose z oslabeného průřezu
I_w	1,04E-09	m ⁶	výsečový moment setrvačnosti neoslabeného průřezu
W_{y,pl}	7,41E-05	m ³	modul průřezu v ohybu kolem z-z neoslabeného průřezu
W_{z,pl}	2,13E-05	m ³	modul průřezu v ohybu kolem y-y neoslabeného průřezu



► Výpočet součinitele vzpěru

- Vzpěr je uvažován u příčných ztužidel a závětrování

• Krajní ztužidlo U 180

Ocel:	dle archivní dokumentace:	f_y	=	235 MPa
Vybočení kolmo k ose:	všechny			
Křivka vzpěrné pevnosti:	c			
Součinitel imperfekce α	=	0,49		

Průřezové charakteristiky:

A	=	2800	mm ²	... Plocha průřezu
A _{eff}	=	-	mm ²	... Plocha efektivního průřezu
I _y	=	13500000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose y
I _z	=	1140000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose z

Třída průřezu:	1		
L	=	2400	mm ... Vzpěrná délka

Výpočet kritické síly

$$N_{cr,y} = (\pi^2 * E * I_{eff}) / L^2 = (3,14^2 * 210000 * 1140000) / 2400^2 = 410205 \text{ N}$$

Výpočet součinitele rovinného vzpěru

$$\alpha = 0,49$$

$$\lambda_y = ((A * f_y) / N_{cr,y})^{0,5} = ((2800 * 235) / 410205,432920276)^{0,5} = 1,27$$

$$\Phi_y = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2) = 0,5 * (1 + 0,49 * (1,27 - 0,2) + 1,27^2) = 1,57$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{0,5}) = 1 / (1,5686 + (1,5686^2 - 1,27^2)^{0,5}) = 0,40$$

• Mezilehlé ztužidlo U 120

Průřezové charakteristiky:

A	=	1700	mm ²	... Plocha průřezu
A _{eff}	=	-	mm ²	... Plocha efektivního průřezu
I _y	=	3640000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose y
I _z	=	432000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose z

Třída průřezu:	1	
L	=	2470 mm ... Vzpěrná délka

Výpočet kritické síly

$$N_{cr,y} = (\pi^2 \cdot E \cdot I_{eff}) / L^2 = (3,14^2 \cdot 210000 \cdot 3640000) / 2470^2 = 146760 \text{ N}$$

Výpočet součinitele rovinného vzpěru

$$\alpha = 0,49$$

$$\lambda_y = ((A \cdot f_y) / N_{cr,y})^{0,5} = ((1700 \cdot 1,27) / 146760,397853895)^{0,5} = 1,65$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,49 \cdot (1,65 - 0,2) + 1,65^2) = 2,22$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{0,5}) = 1 / (2,2165 + (2,2165^2 - 1,65^2)^{0,5}) = 0,27$$

• Příčné ztužidlo krajní U 300

Ocel: dle archivní dokumentace: $f_y = 235 \text{ MPa}$

Vybočení kolmo k ose: všechny

Křivka vzpěrné pevnosti: c

Součinitel imperfekce $\alpha = 0,49$

Průřezové charakteristiky:

A	=	5880	mm ²	... Plocha průřezu
A _{eff}	=	-	mm ²	... Plocha efektivního průřezu
I _y	=	80300000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose y
I _z	=	4950000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose z

Třída průřezu:	1	
L	=	1780 mm ... Vzpěrná délka

Výpočet kritické síly

$$N_{cr,y} = (\pi^2 \cdot E \cdot I_{eff}) / L^2 = (3,14^2 \cdot 210000 \cdot 4950000) / 1780^2 = 3238055 \text{ N}$$

Výpočet součinitele rovinného vzpěru

$$\alpha = 0,49$$

$$\lambda_y = ((A \cdot f_y) / N_{cr,y})^{0,5} = ((5880 \cdot 235) / 3238055,09876669)^{0,5} = 0,65$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,49 \cdot (0,65 - 0,2) + 0,65^2) = 0,82$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{0,5}) = 1 / (0,8215 + (0,8215^2 - 0,65^2)^{0,5}) = 0,76$$

• Příčné ztužidlo mezilehlé U 240

Průřezové charakteristiky:

A	=	4230	mm ²	... Plocha průřezu
A _{eff}	=	-	mm ²	... Plocha efektivního průřezu
I _y	=	36000000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose y
I _z	=	2480000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose z

Třída průřezu:	1	
L	=	1706 mm ... Vzpěrná délka

Výpočet kritické síly

$$N_{cr,y} = (\pi^2 \cdot E \cdot I_{eff}) / L^2 = (3,14^2 \cdot 210000 \cdot 2480000) / 1706^2 = 1766089 \text{ N}$$

Výpočet součinitele rovinného vzpěru

$$\alpha = 0,49$$

$$\lambda_y = ((A \cdot f_y) / N_{cr,y})^{0,5} = ((4230 \cdot 0,65) / 1766089,33234998)^{0,5} = 0,75$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,49 \cdot (0,75 - 0,2) + 0,75^2) = 0,92$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{0,5}) = 1 / (0,916 + (0,916^2 - 0,75^2)^{0,5}) = 0,69$$

► Boulení stěn vlivem smyku

dle ČSN EN 1993-1-5 neuvažujeme boulení pokud je splněno:

• Hlavní nosníky

h _w	586	mm	... výška stojiny
t _w	14	mm	... tloušťka stojiny
a	2050	mm	... vzdálenost příčných výztuh stěny
k _T	5,67		... součinitel smykového napětí
η	1,2		... součinitel pro ocel třídy do S460

$$h_w/t \leq (31/\eta) \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_T}$$

$$41,8571429 < 61,50 \quad \textbf{k boulení stojiny od smyku nedojde}$$

$$\lambda_w = h_w / (37,4 \cdot t \cdot \epsilon \cdot k_T^{0,5}) = 0,470$$

$$\lambda_w < 0,83/\eta \quad \text{tuhá} \quad \text{... koncová výztuha}$$

$$\chi_w = \eta = 1,200$$

Únosnost stojiny ve smyku při zohlednění boulení

$$V_{bRd} = V_{bwRd} + V_{bfRd} \leq (\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}) \quad V_{bwRd} = (\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}) = 1214,29 \text{ kN}$$

$$1214,287 > 0,00 \quad V_{bfRd} = 0 \quad \gamma_{M1} = 1,1$$

$$V_{ED} = 800 \text{ kN} \rightarrow V_{ED} / V_{bRd} = 0,66$$

Smyk má vliv na únosnost v ohybu

► Klopení

• Hlavní nosníky

Parametry materiálu posuzovaného prvku

$f_y =$	235	MPa	... charakteristická mez kluzu oceli
$E =$	210	GPa	... modul pružnosti oceli v tahu
$G =$	81	GPa	... modul pružnosti oceli ve smyku

Rozměry I-průřezu

$t_{fh} =$	0,032	m	... tloušťka HP
$t_{fd} =$	0,032	m	... tloušťka DP
$b_{fh} =$	0,360	m	... šířka HP
$b_{fd} =$	0,360	m	... šířka DP
$t_w =$	0,014	m	... tloušťka stojiny
$h_w =$	0,586	m	... výška stojiny
$h_f =$	0,618	m	... vzdálenost mezi středy pásnic
$z_h =$	0,325	m	... vzdál. horních vláken od těžiště
$z_d =$	0,325	m	... vzdál. spodních vláken od těžiště
$z_a =$	0,790	m	... vzdálenost působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu
$z_s =$	0,000	m	... vzdálenost středu smyku od těžiště
$z_g =$	$z_a - z_s$		
$z_g =$	0,79-0		... působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
$z_j =$	$0,45 \cdot \psi_f \cdot h_f$		
$z_j =$	$0,45 \cdot 0 \cdot 0,618$		
$z_j =$	0,000	m	

Průřezové charakteristiky neoslabeného průřezu potřebné pro výpočet

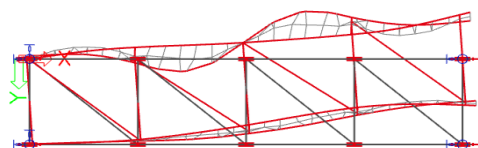
$I_z =$	2,4900E-04	m ⁴	... moment setrvačnosti kolmo k z-z
$I_t =$	$(1/3) \cdot ((b_{fh} \cdot t_{fh}^3) + (h_w \cdot t_w^3) + (b_{fd} \cdot t_{fd}^3))$		
$I_t =$	$(1/3) \cdot ((0,36 \cdot 0,032^3) + (0,586 \cdot 0,014^3) + (0,36 \cdot 0,032^3))$		
$I_t =$	8,400E-06	m ⁴	... moment tuhosti v prostém kroucení
- pro průřez s nestejnými pásy:			
$I_w =$	$(1 - \psi_f^2) \cdot I_z \cdot (h_f/2)^2$		vz. (NB.3.3)
$I_w =$	$(1 - ^2) \cdot 0,000249 \cdot (0,618/2)^2$		
$I_w =$	2,3775E-05	m ⁴	... výšečový moment setrvačnosti
$I_y =$	2,4370E-03	m ⁴	
$W_{el_y} =$	7,4970E-03	m ³	... modul průřezu je vztažený ke spodním vláknům

Součinitelé vzpěrné délky a jiné

ky, kz popisují okrajové podmínky uložení v ohybu
kw popisuje okrajové podmínky uložení v kroucení

ky = 1,0 - na základě těchto součinitelů se dosadí hodnoty C1_0 ; C1_1 ; C2 ; C3
kz = 1,0 → pro zatížení prutu koncovými momenty dle ČSN EN 1993-1-1, tab. NB.3.1, str.95
kw = 0,5 → pro zatížení prutu příčným zatížením dle ČSN EN 1993-1-1, tab. NB.3.2, str.96

L = 6,560 m ... délka mezi zajištěnými body proti posunu kolmo z roviny
bráno 80% rozpětí NK (dle stabilitní kombinace cca 60% rozpětí)



- zatížení a uvažované podm. podepření v našem případě:

Kloub na obou koncích

C1_0 = 1,13
C1_1 = 1,23

	pro kw ≤ C1_1	pro kw = 0	pro kw ≥ 1,0
C1 =	C1_0 + (C1_1 - C1_0) * kw / C1_1	C1 = C1_0	C1 = C1_1
	1,13 + (1,23 - 1,13) * 0,5 / 1,13	= 1,13	= 1,23
	1,23	= 1,13	= 1,23

C1 = 1,23

lfc = 1,244E-04 m4

... mom. setr. tlačené pásnice k
hlavní ose nejmenší tuhosti průřezu

lft = 1,244E-04 m4

... mom. setr. tážené pásnice k
hlavní ose nejmenší tuhosti průřezu

ψf = (lfc - lft) / (lfc + lft)

ψf = (0,000124416 - 0,000124416) / (0,000124416 + 0,000124416)

ψf = 0,00

... parametr nesymetrie průřezu

a proto

C2 = 0,39

a

C3 = 0,81

Bezrozměrné parametry (dle NB.3.2 normy)

kw = (PI / (kw * L)) * ((E * Iw) / (G * It))^0,5

kw = (PI / (0,5 * 6,56)) * ((210 * 0,000023774769) / (81 * 8,40031466666667E-06))^0,5

kw = 2,5900E+00

... bezrozměrný parametr kroucení

$$\zeta_g = \frac{((\pi() * z_g) / (k_z * L)) * ((E * I_z) / (G * I_t))^{0,5}}{((\pi() * 0,79) / (1 * 6,56)) * ((210 * 0,000249) / (81 * 8,40031466666667E-06))^{0,5}}$$

$$\zeta_g = \boxed{3,32}$$

... bezrozměrný parametr působivosti
 zatížení vzhledem ke středu smyku

$$\zeta_j = \frac{((\pi() * z_j) / (k_z * L)) * ((E * I_z) / (G * I_t))^{0,5}}{((\pi() * 0) / (1 * 6,56)) * ((210 * 0,000249) / (81 * 8,40031466666667E-06))^{0,5}}$$

$$\zeta_j = \boxed{0,00}$$

... bezrozměrný parametr nesymetrie
 průřezu

Stanovení kritického momentu, štiřlosti v klopení a součinitele klopení

$$M_{cr} = \mu_{cr} * ((\pi() * (E * I_z * G * I_t)^{0,5}) / L)$$

vz. (NB.3.1)

$$\mu_{cr} = \frac{(C_1 / k_z) * ((1 + k_w t^2 + (C_2 * \zeta_g - C_3 * \zeta_j)^2)^{0,5} - (C_2 * \zeta_g - C_3 * \zeta_j))}{(1,23 / 1) * ((1 + 2,59^2 + (0,39 * 3,32 - 0,81 * 0)^2)^{0,5} - (0,39 * 3,32 - 0,81 * 0))}$$

vz. (NB.3.2)

$$\mu_{cr} = \boxed{2,18}$$

... bezrozměrný kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} * ((\pi() * (E * 10^9 * I_z * G * 10^9 * I_t)^{0,5}) / L) / 10^3$$

$$M_{cr} = \text{\#ODKAZ!}$$

↓

$$M_{cr} = \boxed{6214,2} \text{ kNm}$$

... kritický moment

pozn.: dle ČSN EN 1993-2, čl. 6.3.2.2 (2) se mohou účinky klopení zanedbat, jestliže $\lambda_{LT} \leq 0,2$ (hodnota platná pro mosty) a nebo $(M_{Ed} / M_{cr}) \leq 0,04$

↓

$$\lambda_{LT} = \frac{((W_{el_y} * f_y * 10^6) / (M_{cr} * 10^3))^{0,5}}{((0,007497 * 235 * 10^6) / (6214,23806738225 * 10^3))^{0,5}}$$

$$\lambda_{LT} = \boxed{0,53 > 0,2}$$

... poměrná štiřlost v klopení

Účinky klopení nelze zanedbat!

- pokud účinky klopení nelze zanedbat (postup dle ČSN EN 1993-1-1, 6.3.2.1)

tab. 6.4 normy:

průřez	meze	křivka klopení
válcované I průřez	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
svařované I průřez	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Jiné průřez	-	d

↓

$$h = 0,650 \text{ m}$$

$$b = 0,360 \text{ m}$$

$$h/b = 0,65 / 0,36 = 1,81$$

↓

křivka klopení: \boxed{c} dle tab. 6.4

a proto

$$\alpha_{LT} = 0,49$$

... souč. imperfekce pro křivky klopení

$$\begin{aligned}\Phi_{LT} &= 0,5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) \\ \Phi_{LT} &= 0,5 \cdot (1 + 0,49 \cdot (0,532456021785927 - 0,2) + 0,532456021785927^2) \\ \Phi_{LT} &= 0,72\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\chi_{LT} &= 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{0,5}) \\ \chi_{LT} &= 1 / (0,7232064329056 + (0,7232064329056^2 - 0,532456021785927^2)^{0,5}) \\ \chi_{LT} &= 0,82 < 1\end{aligned}$$

a proto

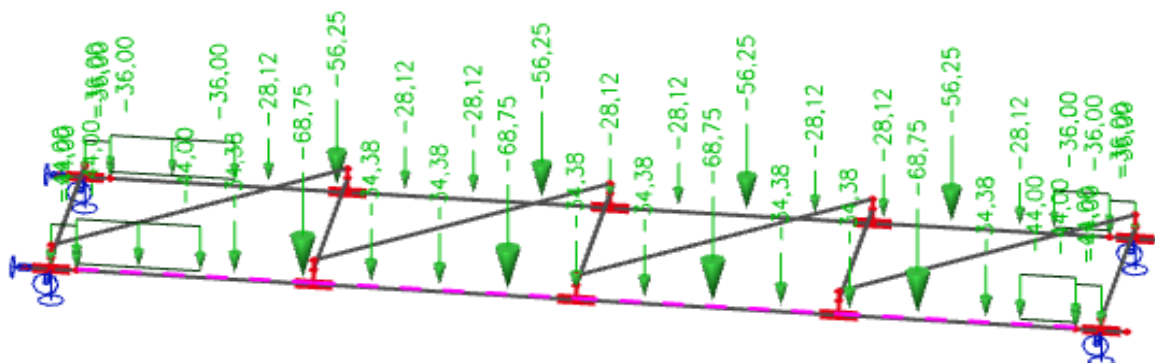
$$\chi_{LT} = \boxed{0,82}$$

... součinitel klopení

► Posouzení hlavních nosníků

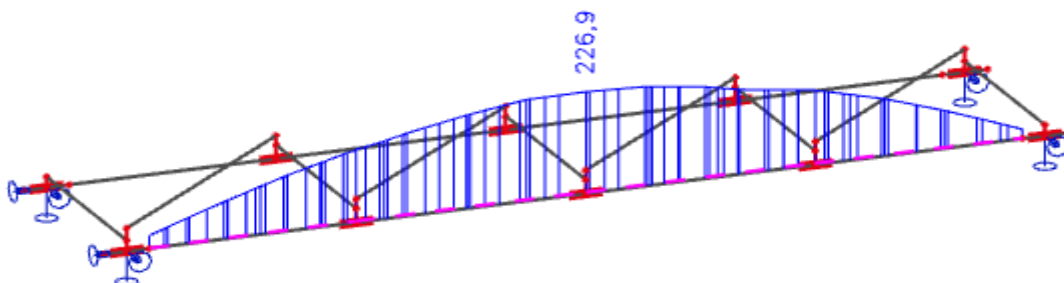
- Pro posouzení hlavního nosníku byla uvažována kombinace dle rovnice 6.10 b
- Posouzení MSÚ bylo provedeno porovnáním napětí Von Mises.
- Stabilitní jevy (boulení, stabilita tlačených částí) byly zohledněny při výpočtu výsledného napětí
- Z hlediska smykového namáhání hlavního nosníku byla posouzena stojina v blízkosti podpor
- Z hlediska maximálního ohybového namáhání byly posouzeny horní a dolní pásnice cca uprostřed rozpětí

Postavení zatížení dopravou LM71 pro posouzení horní pásnice (nejnamáhanější prvek)



● Dolní pásnice

- Kritické napětí na dolní pásnici hlavního nosníku vzniká při poloze vlaku uprostřed rozpětí



Napětí na nosníku

Kritická kombinace:

$$ZS1 \cdot \gamma_G \cdot \xi \cdot 1,34 + ZS2 \cdot \gamma_G \cdot \xi + ZS3 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS4 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS5 \cdot \gamma_Q \cdot \Phi_3 + ZS6 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS7 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS8 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0$$

	σ_E [MPa]
Celkové napětí	227,0
LM71 (char. hodnota)	80,3
BR (char. hodnota)	15,5
Rozjezdové síly (char. hodnota)	8,8
Ostatní proměnné (vitr, teplota..., char. hodnota)	4,2
Stálé zatížení (char. hodnota)	6,3

Posuzované napětí $f_d =$ $f_{yk}/\gamma_{M0} =$ 235 MPa

Posouzení

$$\sigma_E < f_{d,red}$$

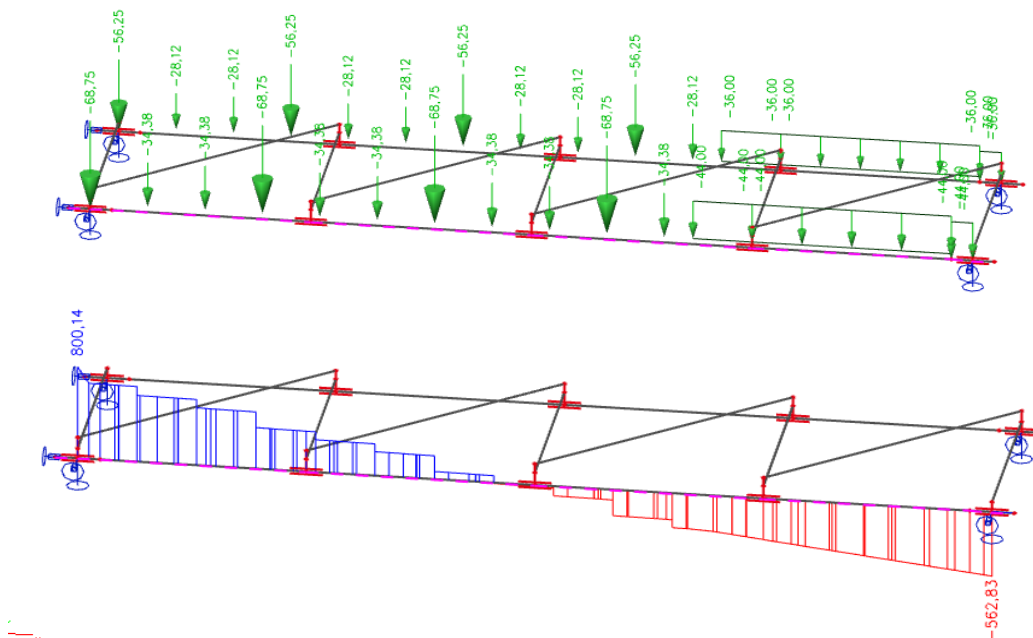
227,0 < 235 Vyhovuje

ZLM71=	$(f_d - \sigma_{rs})/\sigma_{LM71} =$	1,06
--------	---------------------------------------	------

Vyhovuje na účinky zatížení LM71

• Stojina

- Kritické napětí na stojině hlavního nosníku vzniká při poloze vlaku nad podporou
- Bylo spočítáno, že stojina hlavních nosníků nebolí



Posouvající síla na stojině

Kritická kombinace:

$$ZS1 \cdot \gamma_G \cdot \xi_{1,34} + ZS2 \cdot \gamma_G \cdot \xi + ZS3 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS4 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS5 \cdot \gamma_Q \cdot \phi_3 + ZS6 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS7 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS8 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0$$

	V_{ED} [kN]
Celkové napětí	800,0
LM71 (char. hodnota)	370,2
BR (char. hodnota)	7,9
Rozjezdové síly (char. hodnota)	1,6
Ostatní proměnné (vitr, teplota..., char. hodnota)	29,5
Stálé zatížení (char. hodnota)	20,8

plocha průřezu stojiny $A_w =$

0,008 m²

Limitní hodnota V_{bwr} =

1214 kN ... viz výpočet boulení

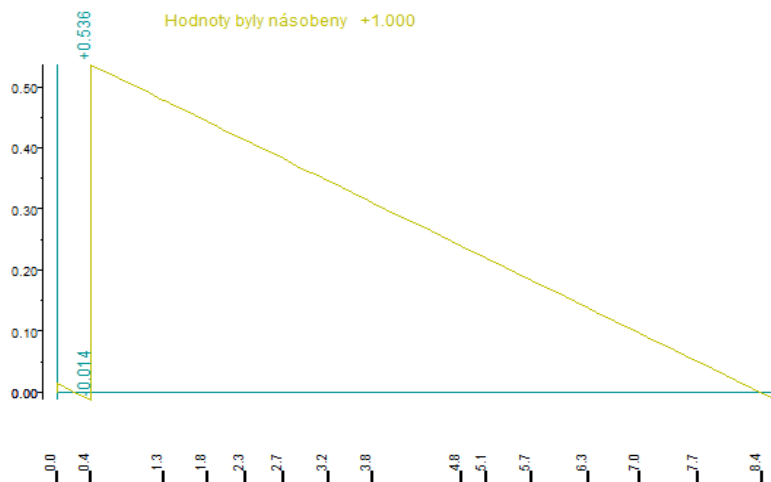
Posouzení

$$\begin{array}{ccc} V_{ED} & < & V_{bwr} \\ 800,0 & < & 1214 \end{array} \quad \text{Vyhovuje}$$

ZLM71=	$(f_d \cdot \sigma_{rs}) / \sigma_{LM71} =$	1,56
--------	---	------

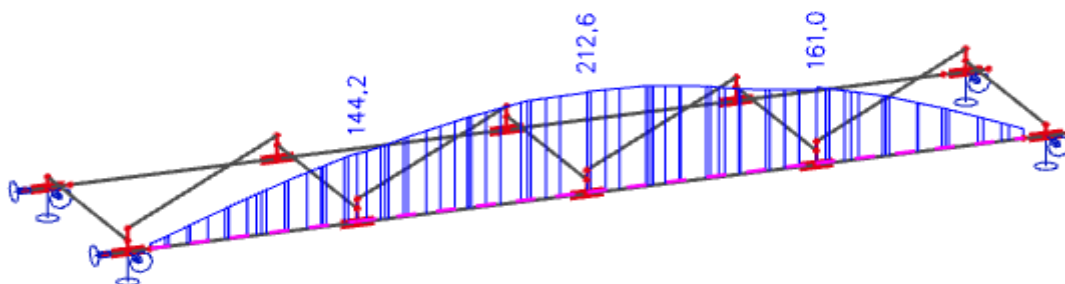
Vyhovuje na účinky zatížení LM71

Příčinková čára pro kritické namáhání stojiny od smyku



• Horní pásnice

- Kritické napětí na horní pásnici hlavního nosníku vzniká při poloze vlaku uprostřed rozpětí
- Klopení tlačené pásnice je zohledněno součinitelem klopení
- Smyk má vliv na únosnost v ohybu a v napětí von Mises už počítá s tímto příspěvkem



Napětí na nosníku

Kritická kombinace:

$$ZS1 \cdot \gamma_G \cdot \xi \cdot 1,34 + ZS2 \cdot \gamma_G \cdot 1 \cdot \xi + ZS3 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS4 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS5 \cdot \gamma_Q \cdot \Phi_3 + ZS6 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS7 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS8 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0$$

	σ_E [MPa]
Celkové napětí	212,6
LM71 (char. hodnota)	95,6
BR (char. hodnota)	16
Rozjezdové síly (char. hodnota)	0,2
Ostatní proměnné (vitr, teplota..., char. hodnota)	12,3
Stálé zatížení (char. hodnota)	6,3

Posuzované napětí $f_d =$	$f_{yk}/\gamma_{M0} =$	235 MPa
součinitel klopení $\chi =$		0,82
Zredukovaná únosnost $f_{d,red} =$		193 MPa
Součinitel spolehlivosti při posouzení stability $\gamma_{M1} =$		1,1
		175 MPa

Posouzení

σ_E	<	$f_{d,red}$
212,6	>	175

Nevyhovuje

ZLM71=	$(f_d - \sigma_{rs})/\sigma_{LM71} =$	0,80
--------	---------------------------------------	------

Nevyhovuje, nutno určit přechodnost

Určení přechodnosti pro požadovanou třídu trati C3/70

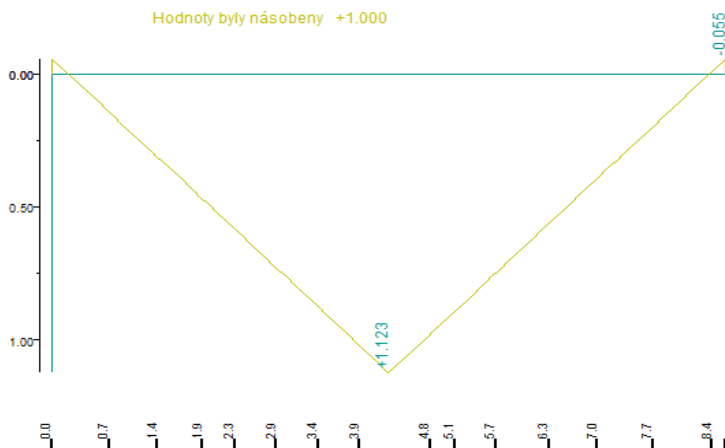
ψ	1,10	... součinitel dynamické redukce
φ_{Ti}	1,69	... dynamický součinitel provozního zatížení dle kapitoly 5.2, SŽ 5/1
Φ_i	1,54	... dynamický součinitel pro model LM71
λ_{LM71}	0,70	... účinnost provozního zatížení
ET,Ed	67,3 MPa	... návrhová hodnota ohybového momentu ověřovaného provozního zatížení
ELM71,Ed	96,0 MPa	... návrhová hodnota ohybového momentu účinku zatížení modelu LM71

Posudek

0,80	>	0,77	... Vyhoví na požadovanou přechodnost
------	---	------	---------------------------------------

ZLM71	>	$\psi \cdot \lambda_{LM71}$
-------	---	-----------------------------

Příčinková čára pro hlavní nosník v nejkritičtějších namáhání - Ohyb (horní a dolní pásnice)



Vliv lokálních účinků - posouzení horní pásnice

Návrhová únosnost v lokálním boulení FRD =	$(f_{yw} \cdot L_{eff} \cdot t_w) / \gamma_{M1} =$	1443,1 kN
tloušťka stojiny $t_w =$		0,014 m
mez kluzu $f_{yw} =$		235 MPa
modul pružnosti pro ocel $E =$		210 GPa
účinná délka pro únosnost příčné síly $L_{eff} =$	$\chi_F \cdot \lambda_y =$	0,53 m

Výpočet součinitele lokálního boulení

součinitel lokálního boulení $\chi_F =$	$0,5 / \lambda_F =$	0,79
	$\chi_F < 1,0$, dochází k lokálnímu boulení!	
poměrná štíhlost $\lambda_F =$	$\sqrt{(\lambda_y \cdot t_w \cdot f_{yw} / F_{cr})} =$	0,63
kritická síla $F_{cr} =$	$0,9 \cdot k_F \cdot E \cdot t_w^3 / h_w =$	5454,69 kN
Příčná výztuha		ANO
Způsob zatížení (dle tab. 6.1 ČSN EN 1993-1-5)		Pouze shora
součinitel k_F pro příčné výztuhy na krajích =	$6 + 2 \cdot (h_w / a)^2 =$	6,16
vzdálenost mezi výztuhama $a =$		2,05 m
Výška stojiny $h_w =$		0,586 m
vzdálenost $C =$ (pouze v případě nevyztužené stojiny)		0 m

Výpočet účinné délky zatížení

účinná zatížená délka $\lambda_y =$	$S_s + 2 \cdot t_f \cdot (1 + \sqrt{(m_1 + m_2)}) =$	0,67 m
roznášecí délka $S_s =$		0,24 m
tloušťka pásnice $t_f =$		0,032 m
šířka pásnice $b_f =$		0,36 m
součinitel $m_1 =$	$f_{yf} \cdot b_f / (f_{yw} \cdot t_w) =$	25,71428571
součinitel $m_2 =$	$0,02 \cdot (h_w / t_f)^2 =$	6,71

Posouzení lokálních účinků (1 pražec)

$\eta_{2,LM71} = \sigma_{z,LM71,Ed} / f_y / \gamma_{M1} =$	0,13
$\eta_{2,rs} = \sigma_{z,rs,Ed} / f_y / \gamma_{M1} =$	0,06
$\eta_2 = \sigma_{z,Ed} / f_y / \gamma_{M1} =$	0,19
0,19 < 1 ... únosnost vyhoví	
$Z_{LM71} = (1 - \eta_{2,rs}) / \eta_{2,LM71} =$	7,10

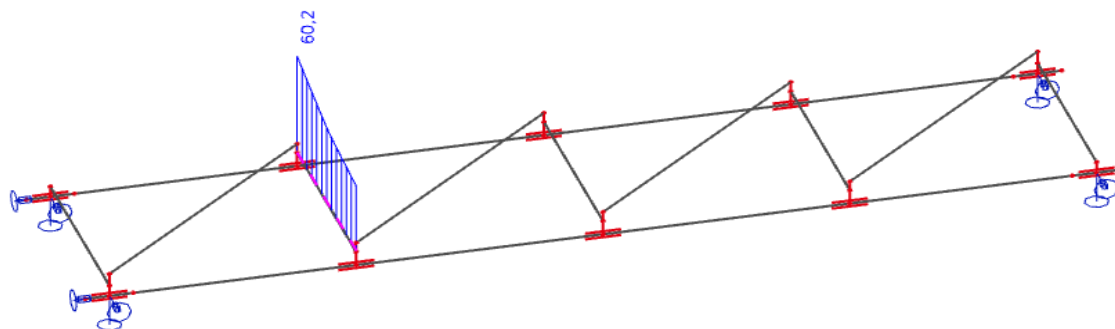
Interakce příčné síly, ohybového momentu a osově síly

$Z_{LM71} = (1,4 - (\eta_{2,rs} + 0,8 \cdot \eta_{1,rs})) / (\eta_{2,LM71} + 0,8 \cdot \eta_{1,LM71}) =$	1,24
$\eta_{1,rs} = \sigma_{z,rs,Ed} / (f_y \cdot \chi_{LT}) / \gamma_{M1} =$	0,12
$\eta_{1,LM71} = \sigma_{z,LM71,Ed} / (f_y \cdot \chi_{LT}) / \gamma_{M1} =$	1,09

► Posouzení příčných výztuh

- Pro posouzení hlavního nosníku byla uvažována kombinace dle rovnice 6.10 b
- Posouzení MSÚ bylo provedeno porovnáním napětí Von Mises.
- Stabilitní jevy (stabilita tlačných částí) byly zohledněny při výpočtu výsledného napětí
- Byla posouzena nejnamáhanější příčná výztuha

● Posouzení taženého prutu



Napětí na nosníku - tah

Kritická kombinace:

$$ZS1 \cdot \gamma_G \cdot \xi_{1,34} + ZS2 \cdot \gamma_G \cdot \xi + ZS3 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS4 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS5 \cdot \gamma_Q \cdot \Phi_3 + ZS7 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS8 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0$$

	σ_E [MPa]
Celkové napětí	60,2
LM71 (char. hodnota)	10,3
BR (char. hodnota)	31,7
Rozjezdové síly (char. hodnota)	1,3
Ostatní proměnné (vítr, teplota..., char. hodnota)	13,1
Stálé zatížení (char. hodnota)	9,0

Posuzované napětí $f_d =$ $f_{yk}/\gamma_{M0} =$ 235 MPa
 Redukce o oslabený průřez = 1,00 (bez redukce)
 Zredukováná únosnost $f_{d,red} =$ 235 MPa

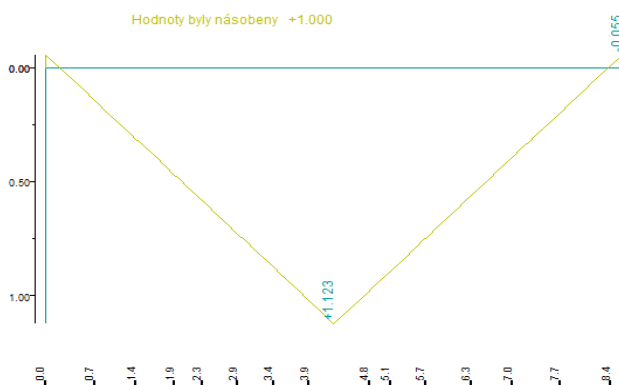
Posouzení

$\sigma_E < f_{d,red}$
 60,2 < 235 Vyhovuje

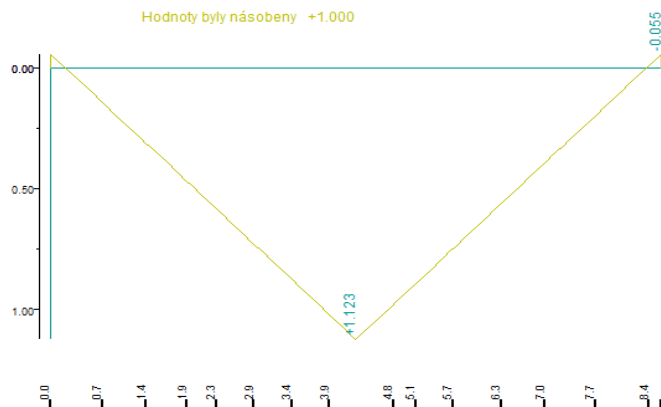
ZLM71=	$(f_d - \sigma_{rs})/\sigma_{LM71} =$	>3
--------	---------------------------------------	----

Vyhovuje na účinky zatížení LM71

Příčinková čára



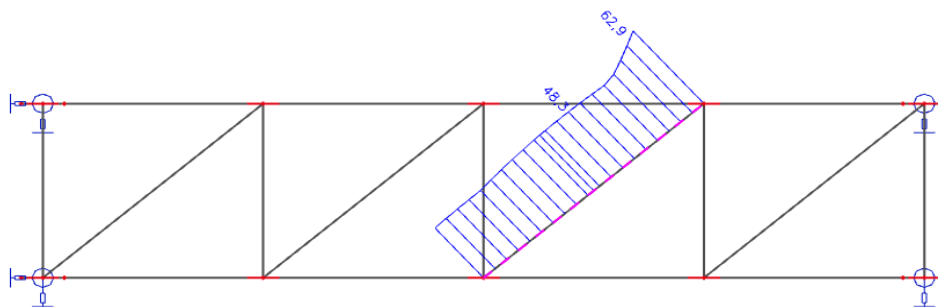
Příčinková čára pro kritické namáhání ztužidel



► Závětrování - mezilehlé U120

- byla posouzena všechna mezilehlá ztužidla, ovšem ve statickém výpočtu je uvedeno jen nejnamáhanější ztužidlo
- při posouzení v tlaku byl do výpočtu zaveden součinitel pro rovinný vzpěr
- při posouzení byla brána druhá nejvyšší hodnota vzhledem k větší tuhosti spoje

● Posouzení tlačného prutu



Napětí na prutu - tlak

Kritická kombinace:

$$ZS1 \cdot \gamma_G \cdot \xi_{1,4} + ZS2 \cdot \gamma_{G1} \cdot \xi + ZS3 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS4 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS5 \cdot \gamma_Q \cdot \phi_3 + ZS6 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS7 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + ZS8 \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0$$

	σ_E [MPa]
Celková síla	58,0
LM71 (char. hodnota)	6,4
BR (char. hodnota)	26,5
Rozjezdové síly (char. hodnota)	0,3
Ostatní proměnné (vitr, teplota..., char. hodnota)	5,7
Stálé zatížení (char. hodnota)	6,4

Posuzované napětí $f_d =$	$f_{yk}/\gamma_{M0} =$	235 MPa
Redukce vlivem vzpěru $\chi =$		0,27
Součinitel spolehlivosti při posouzení stability $\gamma_{M1} =$		1,1
Zredukovaná únosnost $f_{d,red} =$		58 MPa

Posouzení

σ_N	<	$f_{d,red}$
58,0	>	58

Nevyhovuje

ZLM71=	$(f_d - \sigma_{rs})/\sigma_{LM71} =$	0,97
--------	---------------------------------------	------

Nevyhovuje, nutno určit přechodnost

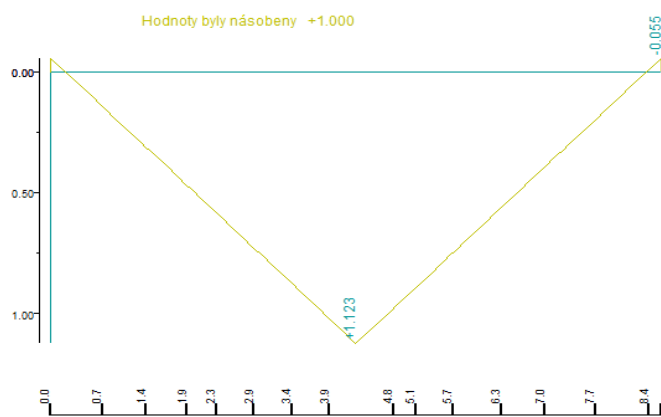
Určení přechodnosti pro požadovanou třídu trati C3/70

ψ	1,10	... součinitel dynamické redukce
φ_{Ti}	1,69	... dynamický součinitel provozního zatížení dle kapitoly 5.2, SŽ 5/1
Φ_i	1,54	... dynamický součinitel pro model LM71
λ_{LM71}	0,77	... účinnost provozního zatížení
$E_{T,Ed}$	9,9 MPa	... návrhová hodnota ohybového momentu ověřovaného provozního zatížení
$ELM71,Ed$	12,8 MPa	... návrhová hodnota ohybového momentu účinku zatížení modelu LM71

Posudek

0,97	>	0,85	... Vyhoví na požadovanou přechodnost
ZLM71	>	$\psi \cdot \lambda_{LM71}$	

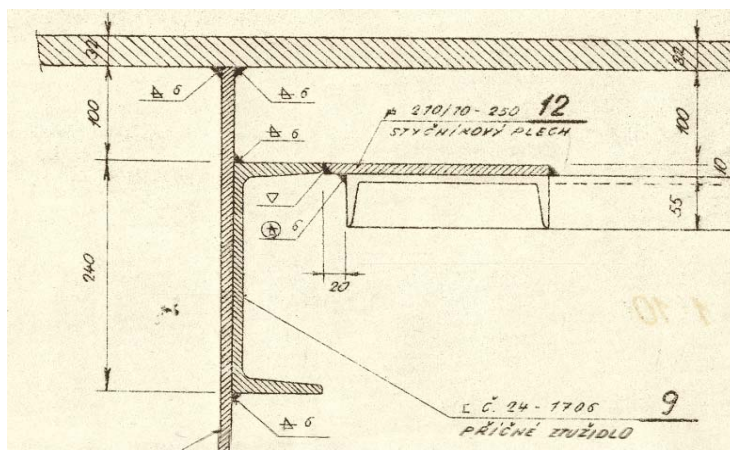
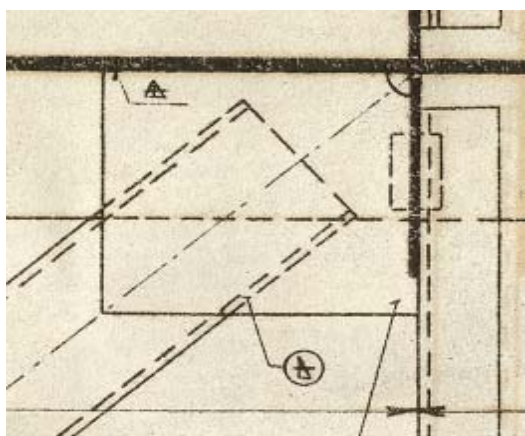
Příčinková čára pro normálovou sílu



► Posouzení vybraných spojů

Vzhledem k nízkým hodnotám napětí byl posouzen přípoj závětrování k hlavnímu nosníku a svar styčnickového plechu k hlavním nosníkům, na kterém je dle revizní zprávy r. 2021 trhlina. (byla zohledněna v přepočtu).

• ztužení připojené na hlavní nosník



Vstupní údaje

thickness of weld a =	6	mm	
weld length b =	150	mm	
yield strength of steel f_u =	360	MPa	...dle archivní dokumentace
weld area A_v =	900	mm	...plocha pro jeden krajní svar, ve výpočtu je uvažována 2x
N_{ED} =	125	kN	
$M_{y,ED}$ =	1,6	kNm	
V_{ED} =	1,2	kN	
β_w =	0,8		...korelační součinitel pro ocel S235
γ_{M2} =	1,25		
N_{LM71} =	6,2	kN	...pro určení zatížitelnosti je rozhodující tahová síla
N_{RS} =	118,80	kN	...pro určení zatížitelnosti je rozhodující tahová síla

Vliv od normálové síly

$T_{II,N}$ =	$N_{ED} / (2 \cdot A_v) =$	69,4	MPa	
$T_{II,N, LM71}$ =	$N_{ED, LM71} / (2 \cdot A_v) =$	6,89	MPa	10% z celkového napětí
$T_{II,N, RS}$ =	$N_{ED, RS} / (2 \cdot A_v) =$	62,56	MPa	90% z celkového napětí

Vliv od ohybového momentu

$\sigma_{\perp, My}$ =	$\sigma_{My} / \sqrt{2} =$	6,29	MPa	
σ_{My} =	$M_{y,ED} / W_y =$	8,89	MPa	
W_y =	$I_y / z =$	180000	mm ³	= 0,00018 m ³
I_y =	$2 \cdot (1/12) \cdot a \cdot b^3 + 2 \cdot a \cdot b \cdot z^2 =$	13500000	mm ⁴	

Vliv od posouvající síly

$\sigma_{\perp, Vz}$ =	$\sigma_{Vz} / \sqrt{2} =$	0,47	MPa	
σ_{Vz} =	$V_{ED} / (2 \cdot a \cdot b) =$	0,67	MPa	

Posouzení svaru

$\sigma_{\perp} = T_{\perp} =$	$\sigma_{\perp, My} + \sigma_{\perp, Vz} =$	6,76	MPa	
$T_{II} =$	$T_{II, N} =$	69,44	MPa	

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (T_{II}^2 + T_{\perp}^2))} =$	121,04	MPa	<	$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) =$	360	MPa
--	--------	-----	---	---------------------------------------	-----	-----

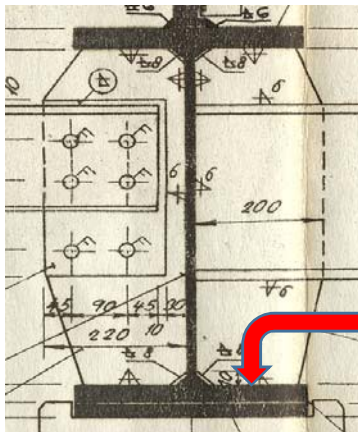
→ Podmínka splněna, svar vyhoví

Zatížitelnost svaru

$Z_{LM71} =$	$(\sigma_{LIM} - \sigma_{RS}) / \sigma_{LM71} =$	>3	...Vyhovuje na účinky zatížení LM71
--------------	--	----	-------------------------------------

$\sigma_{RS} =$	108,9	MPa	...90% z napětí
$\sigma_{LM71} =$	12,1	MPa	...10% z napětí

• **transverse reinforcement connected to the main beam by stirrup reinforcement plates and welds**



Zde je porušený svar, pro přepočet tedy budeme uvažovat pouze svislý svar po délce stojiny

Vstupní údaje

tloušťka svaru a =	6 mm	...dle archivní dokumentace
délka svaru b =	350 mm	...konzervativní hodnota výšky svaru na stojině
pevnost oceli f_u =	360 MPa	...dle archivní dokumentace
plocha svaru A_v =	2100 mm	...plocha pro jeden krajní svar, ve výpočtu je uvažována 2x
N_{ED} =	65 kN	
$M_{y,ED}$ =	16,4 kNm	
V_{ED} =	4,2 kN	
β_w =	0,8	...korelační součinitel pro ocel S235
γ_{M2} =	1,25	
N_{LM71} =	8,4 kN	...pro určení zatížitelnosti je rozhodující tahová síla
N_{RS} =	56,60 kN	...pro určení zatížitelnosti je rozhodující tahová síla

Vliv od posouvající síly

$$T_{II,V} = V_{ED} / (A_v) = 2,0 \text{ MPa}$$

Vliv od ohybového momentu

$$\sigma_{\perp,My} = \sigma_{My} / \sqrt{2} = 23,67 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{My} &= M_{y,ED} / W_y = 33,47 \text{ MPa} \\ W_y &= I_y / z = 490000 \text{ mm}^3 = 0,00049 \text{ m}^3 \\ I_y &= (1/12) * a * b^3 + a * b * z^2 = 85750000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Vliv od normálové síly

$$\sigma_{\perp,N} = \sigma_N / \sqrt{2} = 21,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = N_{ED} / (a * b) = 30,95 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru

$$\begin{aligned} \sigma_{\perp} = T_{\perp} &= \sigma_{\perp,My} + \sigma_{\perp,N} = 45,55 \text{ MPa} \\ T_{II} &= T_{II,Vz} = 2,00 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 * (T_{II}^2 + T_{\perp}^2))} = 91,17 \text{ MPa} < f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 360 \text{ MPa}$$

→ Podmínka splněna, svar vyhoví

Zatížitelnost svaru

$$Z_{LM71} = (\sigma_{LIM} - \sigma_{RS}) / \sigma_{LM71} = >3 \quad \dots \text{Vyhovuje na účinky zatížení LM71}$$

$$\sigma_{RS} = 82,1 \text{ MPa} \quad \dots 90\% \text{ z napětí}$$

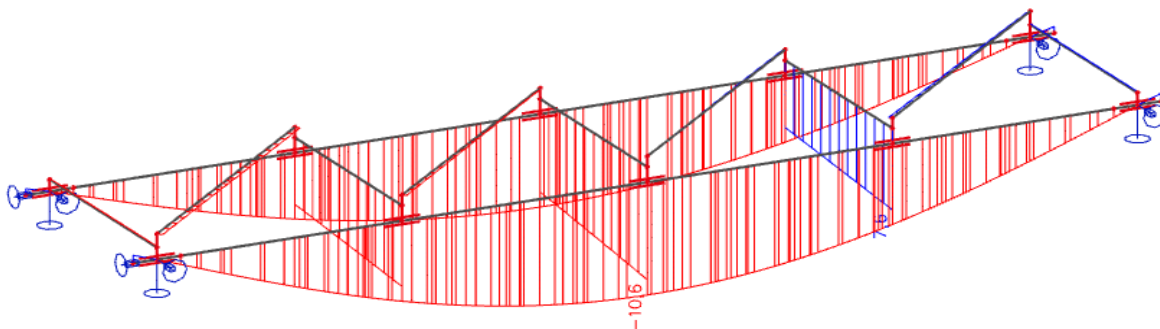
$$\sigma_{LM71} = 9,1 \text{ MPa} \quad \dots 10\% \text{ z napětí}$$

► MSP

Posouzení dle ČSN EN 1990, ed.2, čl. A2.4.4.2.3

Uvažované zatížení: LM71 (klasifikovaný, s charakteristickými hodnotami + dynamický součinitel)

Svislá deformace o charakteristického zatížení, neklasifikované a bez dyn. souč: 10,6 mm



$\alpha =$	1	...(pouze pro LM71 a případně SW/0, pro SW/2 je $\alpha = 1,0$)
$\Phi_2 =$	1,36	... dle ČSN EN 1991-2/Z4 NA 2.56 je použit dynamický součinitel Φ_2
$L =$	8200	... teoretické rozpětí NK v mm

$$\delta_{lim} = L/600 = 8200 / 600 = 13,7 \text{ mm}$$

$$\delta_{LM71} = 10,6 \text{ mm}$$

$$\delta_{LM71,d} = \delta_{LM71} \cdot \alpha \cdot \Phi_2 = 10,6 \cdot 1 \cdot 1,36 = 14,4 \text{ mm}$$

Posouzení

14,4 mm >	13,7 mm	Využití:	105,1%
Nevyhovuje			

Zatížitelnost

stanovena dle směrnice SŽ S5/1

$$\alpha = \text{1,0} \quad \dots \text{(klasifikační součinitel není uvažován)}$$

$$\delta_{lim} = 13,7 \text{ mm} \quad \dots \text{limitní hodnota svislé deformace}$$

$$\delta_{LM71} = 14,4 \text{ mm} \quad \dots \text{svislá deformace od LM71, včetně dyn. součinitele}$$

$$\delta_{rs} = \text{1,4 \text{ mm}} \quad \dots \text{svislá deformace od ostatních relevantních zatížení (charakteristická kombinace)}$$

$$Z_{LM71} = (\delta_{lim} - \delta_{rs}) / \delta_{LM71} = (13,7 - 1,4) / 14,4 = \mathbf{0,85}$$

Určení přechodnosti pro požadovanou třídu trati C3/70

ψ	1,01	... součinitel dynamické redukce
φ_{T2}	1,37	... dynamický součinitel provozního zatížení dle kapitoly 5.2, SŽ 5/1
Φ_i	1,35	... dynamický součinitel pro model LM71
λ_{LM71}	0,70	... účinnost provozního zatížení
ET,Ed	7,4 mm	... průhyb od ověřovaného provozního zatížení
ELM71,Ed	10,6 mm	... průhyb od zatížení modelu LM71

Posudek

0,85	>	0,71	... Vyhoví na požadovanou přechodnost
ZLM71	>	$\psi \cdot \lambda_{LM71}$	

► Ověření dynamického součinitele

Meze frekvencí

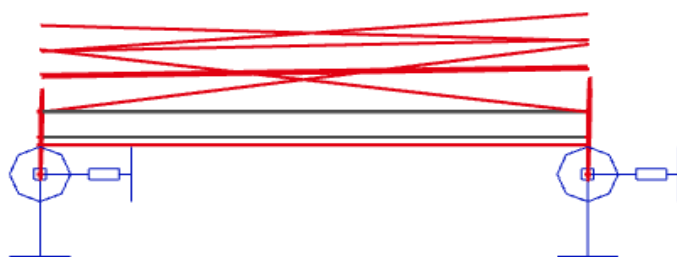
rozpětí L = 8,2 m

horní mez: $\eta_0 = 94,76 \cdot L^{(-0,748)}$ 19,64 Hz

dolní mez: $\eta_0 = 80/L$ 9,76 Hz

První vlastní (svislá) ohybová frekvence mostu $f_0 =$

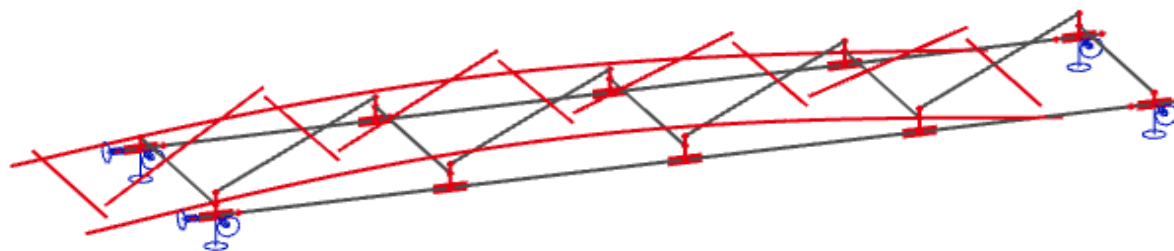
15,40 Hz



Příčný řez 3. vlastní frekvence

N	f [Hz]	ω [1/s]	ω^2 [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	4,63	29,12	847,72	0,22
2	12,50	78,55	6170,58	0,08
3	15,39	96,71	9352,30	0,06
4	16,47	103,50	10711,92	0,06
5	18,09	113,65	12916,84	0,06
6	19,86	124,75	15562,51	0,05
7	20,54	129,05	16654,27	0,05
8	23,51	147,70	21814,57	0,04
9	26,44	166,11	27591,33	0,04
10	30,86	193,86	37582,75	0,03

tabulka prvních 10-ti vlastních frekvencí



Axonometrický pohled

9,76 Hz	≤	15,40 Hz	>	19,64 Hz
---------	---	----------	---	----------

První vlastní frekvence spadá do intervalu limitních normových hodnot

Ve výpočtu tedy zohledňujeme dynamické účinky pomocí dynamického součinitele

Závěr

Nosná konstrukce byla posouzena na MSÚ a MSP dle platných norem. Dále bylo ověřeno kmitání NK pro ověření dynamického součinitele

Pro výpočet svislého dopravního zatížení byl použit model LM71, pro výpočet přechodnosti model C3/70

Pro jednotlivé prvky konstrukce je určena zatížitelnost dle směrnice SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů. Minimální zatížitelnost byla určena pro hlavní nosník při namáhání v ohybu a to $Z_{LM71} = 0,80$. Rovněž byla ověřena přechodnost provozního zatížení C3/80. Konstrukce na přechodnost vyhoví.

Při výpočtu únosnosti přípoje závětrování na hlavní nosníky pomocí styčnickových plechů a svarů, který se jeví jako potenciální nejproblematičtější přípoj, byla určena zatížitelnost spoje $Z_{LM71} > 3$. Spoj tedy vyhoví na požadované účinky zatížení.

Z výpočtu vyplývá, že při stávajícím provozním zatížení C3/70 všechny jednotlivé prvky konstrukce vyhoví na přechodnost. Doporučujeme i vzhledem ke stáří mostu při pravidelných mostních prohlídkách sledovat zejména spoje ztužidel k hlavním nosníkům. V případě zvýšení třídy provozního zatížení je nutné stávající konstrukci přeposoudit pro dané provozní zatížení a případně v rozhodujících místech zesílit (zejména se jedná o horní a dolní pásnice hlavních nosníků, závětrování a svařované spoje). Téměř všechny prvky mostu mají viditelně porušenou PKO. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že na ně odkapává voda z podlah na mostě, případně i lokalitou mostu. Na únosnost mostu tato skutečnost má však minimální vliv. Do budoucna by však mohl vzniknout problém. Doporučujeme tedy most otryskat a kompletně obnovit PKO mostu. Dále doporučujeme udělat takové úpravy podlah, aby nedocházelo k dalšímu průsaku vody na úhelníky, které by tak mohli začít výrazněji korodovat. Dále bylo zjištěno dle revizní zprávy, že se na mostě vyskytují trhliny v místech svarů příčných výtuh hlavních nosníků. Svary bylo přeposouzeny jako vyhovující se zatížitelností > 3 nicméně i tak je nutné svary, které jsou poškozeny, obnovit. V případě, že se na mostě budou konat v budoucnu opravy, doporučujeme zesílit závětrování, případně horní pásnici hlavních nosníků. Zatížitelnost byla určena vzhledem ke stávajícímu stavu mostu (prohlídka r. 01/2022) a revizní zprávě (10/2021) - v případě, že po otryskání ocelové konstrukce dojde ke snížení tloušťky jednotlivých profilů oproti uvažovanému orezivění v průměru o více než 1,0 mm, je nutná konzultace s projektantem a statikem o úpravě přepočtu, zesílení kce, o stanovení skutečné meze kluzu oceli nosné konstrukce, případně o úpravě rychlosti železniční dopravy na mostě.

Zatížitelnost spodní stavby byla, s ohledem na vizuální hodnocení, stavběně-technický průzkum a nezvyšování rychlosti ani zatížení na mostě, stanovena na základě kategorie zatížitelnosti A - zatížitelnost odborným odhadem $Z_{LM71} \geq 1,0$.

Po uplynutí zbytkové životnosti (50 let) je nutné opět provést kontrolu všech prvků mostu, měření a přepoččet mostu. V případě zjištění závad (při pravidelných prohlídkách - nadměrné orezivění, deformace, trhliny,...) nebo zvýšení zatížení (rychlosti) na mostě v průběhu zbytkové životnosti (50 let) je nutné neprodleně provést kontrolu všech prvků mostu, měření a přepoččet mostu

Vypracoval:
email:
tel:

Ing. Denis Ujházy
dujhazy@sudop-brno.cz
604 657 401

2191 Olomouc hl.n. (mimo) - Krnov (mimo)					
14 Moravský Beroun - Dětiřichov nad Bystřicí					
evidenční km 42,112					
ocelová nosná konstrukce					
1					
1					
C					
3D prutový					
na začátku	uprostřed	na konci			
R=0 m	R=0 m	R=0 m			
D=0 mm	D=0 mm	D=0 mm			
bez významných závad na NK, které by musely být v modelu zohledněny					
Správa železnic, s.o.:	19.	/	10.	/	2021
pracovatel přepočtu:	07.	/	01.	/	2022

Přehled zatížitelnosti prvků

Číslo	Prvek (dle MES)	Poznámka k prvku	Namáhání	Detail prvku	Z _{LM71}	Strana statického výpočtu
Hlavní nosník						
1	1	řez ve vzdálenosti cca x=4,1 m od teoretického uložení HN	normálové napětí - ohyb (1)	horní vlákna (1)	0,80	26.
2	1	řez ve vzdálenosti cca x=4,1 m od teoretického uložení HN	normálové napětí - ohyb (1)	dolní vlákna (2)	1,06	24.
3	1	řez ve vzdálenosti cca x=0,0 m od teoretického uložení HN	smykové napětí (4)	stěna (3)	1,56	25.
4	1	lokální boulení horní pásnice hlavního nosníku	boulení (8)	horní vlákna (1)	1,24	27.
5	1	řez ve vzdálenosti cca x=9 m od teoretického uložení HN	průhyb (15)	(99)	0,85	34.
Příčná výztuha						
6	18	řez ve vzdálenosti cca x=1,5 m, příčnik č. 2	normálové napětí - tah (2)	horní vlákna (1)	>3	28.
Závětrování						
7	17	krajní závětrování, vzdálenost x = 0,0 m	normálové napětí - tlak (3)	bez specifikace detailu (99)	1,05	29.
8	17	mezilehlé závětrování, vzdálenost x = 0,2 m	normálové napětí - tlak (3)	bez specifikace detailu (99)	0,97	30.
9	17	řez ve vzdálenosti cca x=0,0 m	jiné namáhání (99)	připoj diagonály (10)	>3	32.

Podrobná analýza zatížitelnosti rozhodujících prvků

pozn.: Položky zatížitelnosti (prvek, detail prvku, namáhání) dle MES. Případné označení "Rel dx" znamená relativní vzdálenost od začátku dotčeného prvku NK.

č.	Prvek (dle MES)	Detail	Namáhání	k _i	typ	L _p [m]	Φ _i	L _φ [m]	V _{d,LM71}	V _{d,LM71,E}	Viz str.	Z _{LM71}	Z _{LM71,E}	poznámka
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

HLAVNÍ NOSNÍK: ROZHODUJÍCÍ ZATÍŽITELNOST Z HLEDISKA MSÚ

1	hlavní nosník příměstný (1)	horní vlákna (1)	normálové napětí - ohyb (1)	1,0	M	8,20	1,54	8,20	1,30	-	26	0,80		Vyhoví na přechodnost C3/70
---	--------------------------------------	---------------------	-----------------------------------	-----	---	------	------	------	------	---	----	------	--	-----------------------------------

HLAVNÍ NOSNÍK: ROZHODUJÍCÍ ZATÍŽITELNOST Z HLEDISKA MS ÚNAVY x MSP

5	hlavní nosník příměstný (1)	-	přůhyb (15)	1,0	M	8,20	1,36	8,60	-	-	34	0,85		Vyhoví na přechodnost C3/70
---	--------------------------------------	---	-------------	-----	---	------	------	------	---	---	----	------	--	-----------------------------------

PŘÍČNÁ VÝZTUHA: ROZHODUJÍCÍ ZATÍŽITELNOST Z HLEDISKA MSÚ

6	zhužení příčného řezu (18)	horní vlákna (1)	normálové napětí - tah (2)	1,0	S	8,20	1,54	8,20	1,30	-	28	>3		rel dx=0,0
---	-------------------------------------	---------------------	----------------------------------	-----	---	------	------	------	------	---	----	----	--	------------

ZÁVĚTŘOVÁNÍ: ROZHODUJÍCÍ ZATÍŽITELNOST Z HLEDISKA MSÚ

8	podélník (10)	bez specifikace detailu (99)	normálové napětí - tlak (3)	1,0	S	8,20	1,54	8,20	1,30	-	30	0,97		Vyhoví na přechodnost C3/70
---	------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----	---	------	------	------	------	---	----	------	--	-----------------------------------

Dne: 07. / 01. / 2022

Zatížitelnost určil: Ing. Denis Ujházy, Ing. Štěpán Kameš

Ruční ověření modelu

Byla ověřena správnost modelu pomocí reakcí a průhybu od vlastní tíhy

Kontrola reakcí:

- vlastní tíha:

hl. nosníky: $A \cdot g \cdot L = 3,12 \cdot 10^{-2} \cdot 78,5 \cdot 7,8m = 19 \text{ kW}$
 $\rightarrow 2 \times 19 \text{ kW} = 38 \text{ kW}$

hl. u. (krajní záhl): $A \cdot g \cdot L = 3,8 \cdot 10^{-2} \cdot 78,5 \cdot 0,8m = 2,4 \text{ kW}$
 $\rightarrow 2 \times 2,4 \text{ kW} = 4,8 \text{ kW}$

Mezilehlý příč. v.: $A \cdot g \cdot L \cdot u = 4,2 \cdot 10^{-3} \cdot 78,5 \cdot 1,8 \cdot 3 = 1,8 \text{ kW}$

krajní příč. v.: $A \cdot g \cdot L \cdot u = 5,9 \cdot 10^{-3} \cdot 78,5 \cdot 1,8 \cdot 2 = 1,7 \text{ kW}$

žlázování (krajní): $A \cdot g \cdot L \cdot u = 2,8 \cdot 10^{-3} \cdot 78,5 \cdot 2,73 \cdot 2 = 1,2 \text{ kW}$

žlázování (vnitř): $A \cdot g \cdot L \cdot u = 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 78,5 \cdot 2,73 \cdot 2 = 0,7 \text{ kW}$

Celkem = ~~48,2 kW~~ $48,2 \text{ kW} \approx 47,6 \text{ kW}$

✓ Ok (malá odchylka vlivem zaokrouhlení)

Průhyb od vl. tíhy:

$\frac{48,2}{86,2} = 2,8 \text{ kW/m}$

$\delta = \frac{5}{384} \frac{86,2 \times 2,8^4}{210 \cdot 10^6 \cdot 2,14 \cdot 10^{-3}} = 0,39 \text{ mm}$; v modelu $0,3 \text{ mm}$ ✓

Ok ✓



Kounicova 26, 611 36 Brno

tel.: +420 972 625 804, fax: +420 541 211 310, e-mail: sudop@sudop-brno.cz, http://www.sudop-brno.cz

