

Jiná ověření:		Paré:	
Orientační schéma: <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div>		Razítko oprávněné osoby: <div style="border-top: 1px solid black; margin-top: 20px; display: flex; justify-content: space-between;"> Podpis: Datum: </div>	
Revize:	Datum:	Popis:	Kontroloval:
000	30.08.2024	Definitivní odevzdání dokumentace	Ing. Štěpán Kameš

Stavebník/Investor:	Správa železnic, státní organizace Dlážďená 1003/7, 110 00 Praha 1 Oblastní ředitelství Ostrava	
Adresa:		
Zástupce investora:		
Adresa:	Muglinovská 1038, 702 00 Ostrava	

Zhotovitel díla:	SUDOP BRNO, spol. s r.o. Kounicova 26, 602 00 Brno T: +420 972 625 804 E: sudop@sudop-brno.cz	
Adresa:		
Kontakt:		
Zhotovitel části/objektu:	SUDOP BRNO, spol. s r.o. Kounicova 26, 602 00 Brno T: +420 972 625 804 E: sudop@sudop-brno.cz	
Adresa:		
Kontakt:		
Hlavní projektant (HIP):	Ing. Štěpán Kameš	Specialista: Ing. Štěpán Kameš

Název stavby/akce:	Mosty na trati Olomouc hl. n. – Krnov (2191): SO 02 - Most v km 77,723	Označení investora: R602300012
		Zakázka: 23122
Název části:	Mosty, propustky a zdi	Označení části: D.2.1.04
Název objektu/dílní části:	Most v km 77,723	Označení objektu/komplexu: SO 02.2
Název přílohy:	Statický přepočít	Číslo přílohy (typ/pořadí): 3. 001
Název dílní části přílohy:		
Odpovědný projektant:	Zpracovatel přílohy: Ing. Aleš Tichý	Měřítko: Formáty:
Ing. Štěpán Kameš		
Kraj:	Katastrální území:	TUDU:
Moravskoslezský	Zátor	2191 22
		Smluvní datum zpracování: 30.8.2024

Označení investora:	Stupeň dokumentace:	Část:	Objekt:	Podobojekt:	Příloha:	Revize:
R 6 0 2 3 0 0 0 1 2	- P D P S	- D 2 1 0 4	- S O 0 0 0 0 0 0 2	- 2 X	- 3 - 0 0 1	- 0 0 0

Statický přepočet

SO 02.2 Most v km 77,723

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 NOK	4
Fotodokumentace	5
Archivní dokumentace	7
Závěry z mostní prohlídky	8
Výpočetní model	9
Zatížení	10
Vlastní tíha	10
Ostatní stálé zatížení	10
Vítr působící na konstrukci	10
Vítr působící na vlak	11
Proměnné zatížení běžnou železniční dopravou LM 71	11
Vodorovné síly v ose x - brzděné a rozjezdové síly	12
Vodorovné síly v ose y - boční rázy	12
Vodorovné síly v ose y - odstředivá síla	12
Zatížení teplotou	13
Kombinace zatížení	13
Výpis zatěžovacích stavů	14
Posouzení	14
Materiálové charakteristiky pro NOK (doplnění skutečné meze kluzu)	14
Zatřídění průřezů	14
Průřezové charakteristiky	15
Výpočet součinitele vzpěru	18
Boulení stěn vlivem smyku	19
Klopení	20
Posouzení hlavních nosníků (HN) - v místě max My od LM71	22
Posouzení hlavních nosníků (HN) - v místě max/min Vz od LM71	25
Posouzení koncového příčného diagonální ztužení HN 2*L90x9	26
Posouzení mezilehlého příčného diagonální ztužení HN L80x8	28
Posouzení podélného diagonální ztužení HN L80x10	29
Posouzení podélného diagonální ztužení HN 2*L80x10 - zesílení stávajícího ztužení	30
MSP	31
Ověření dynamického součinitele	32
Ověření boční stability s "nezatíženým vlakem"	33
Závěr	33
Tabulka zatížitelnosti	34

Identifikační údaje

Stavba:	Mosty na trati Olomouc hl. n. – Krnov (2191): SO 02 - Most v km 77,723
Objekt:	SO 02.2 Most v km 77,723
Objednatel:	Správa železnic, státní organizace, Dlážďená 1003/7, 110 00 Praha 1 - Nové město
Vypracoval:	Ing. Štěpán Kameš
Odpovědný projektant:	Ing. Štěpán Kameš
Obec:	Zátor [597988]
Katastrální území:	Zátor [791202]
Traťový úsek:	2191
Definiční úsek:	DÚ 22 Milotice nad Opavou - Brantice
Číslo trati:	810 Opava východ - Krnov (dle Prohlášení o dráze)
Staničení:	ev. km 77,723
Poloha mostu:	širá trať
Překonávané překážky:	silnice III.třídy (III/45910), trvalý vodní tok - potok Zátoráček (ID 10208899)

Základní údaje o mostním objektu (v novém stavu po sanaci)

Typ NOK:	Ocelová svařovaná konstrukce z roku 1965 s plnostěnnými hlavními nosníky a horní prvkovou mostovkou tvořenou podélníky a příčníky				
Spodní stavba:	Betonové opěry s kamenným lícem z roku 1872 s šikmými betonovými křídly s kameným lícem				
Počet otvorů:	1				
Počet NOK:	1				
Délka přemostění:	18,55 m				
Délka NOK:	21,1 m				
Rozpětí NOK:	20,5 m				
Stavební výška:	2,15 m				
Konstrukční výška:	1,825 m				
Železniční svršek:	kolejnice 60E1 (UIC60) na žebrových podkladnicích R4M a dřevěných mostnicích				
Šikmost mostu:	90°				
Úhel křížení s překážkou:	72°				
Šířka mostu:	5,8 m				
Počet kolejí:	1				
Směrové poměry:	v oblouku R=285 m				
Převýšení:	D=99 mm				
Traťová třída/rychlost:	C3/70	D2/70	D4/70 ověření na možnou budoucí přechodnost trati		
Kolej:	bezстыková				

Konstrukce a spodní stavba byla ohodnocena dle podrobné prohlídky r. 2020 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 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 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 NOK

Jedná se o jednokolejný železniční ocelový most s plnostěnnými hlavními nosníky s přímo uloženými mostnicemi. Rozpětí NOK je 20,5 m a osová šířka hlavních nosníků je 1,80 m. Nosná konstrukce mostu je z roku 1965.

Hlavní nosníky plnostěnné svařované I profily, výška vlevo 1686 mm, vpravo 1815 mm, rozměr pásnic 400 x 25 mm, osová vzdálenost nosníků 1800 mm. Most má po celé délce zesílené horní pásnice plecham 300 x 18 mm resp. 300 x 20 mm (nosník vpravo). Ve střední části jsou zesílené i dolní pásnice plechem 300 x 18 mm resp. 300 x 25 mm (nosník vpravo)

Koncové příčné ztužení hlavních nosníků je z vodorovných profilů U240 a U160 a diagonální ztužení z 2x L90x9. Mezilehlé příčné ztužení je z profilů L80x8 a L80x10.

Podélné ztužení hlavních nosníků tvoří profily L70x70x8.

Chodníkové konzoly jsou z profilů U240 (konzola vlevo) a U200 (konzola vpravo). Chodníkové nosníky z U120 a profily zábradlí z L70x7 (madlo a příčel) a 70x9 (sloupky). Nově jsou pro splnění výšky 1100 mm nad pochozí plochou osazeny na madlo profily UPE100

Ložiska jsou vahadlové, na O 01 pohyblivá dvouválcová, na O 02 pevná stolicová.

► Fotodokumentace



Obr.: Pohled na opěru O 01



Obr.: Pohled na hlavní nosník

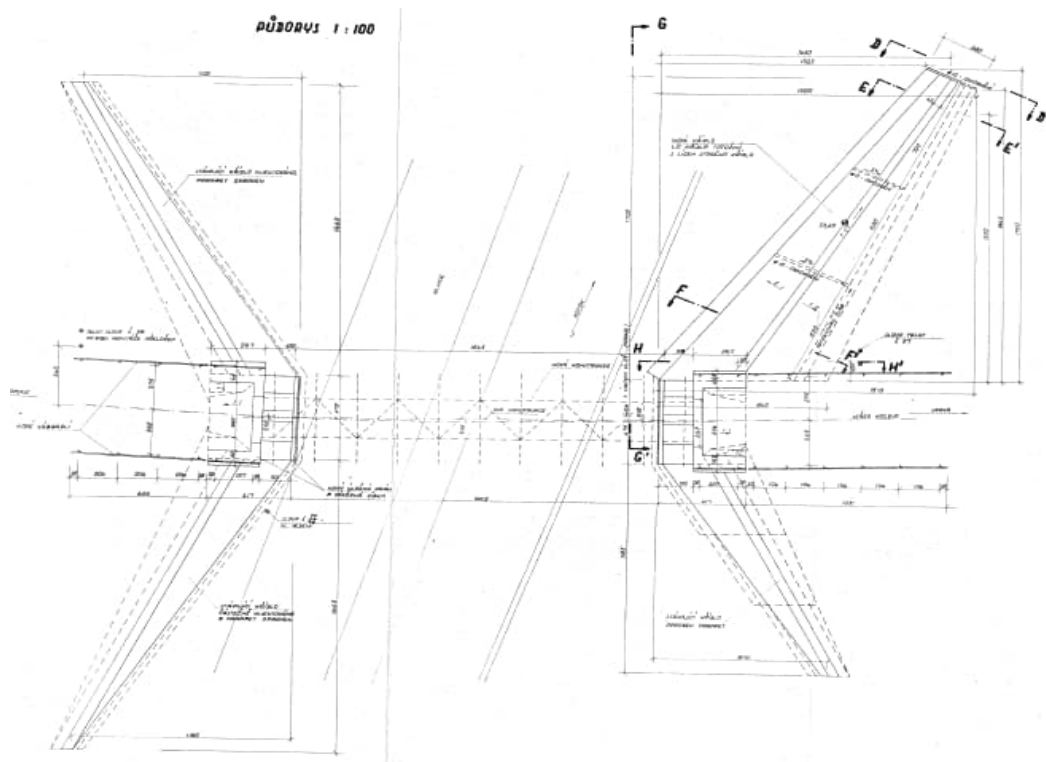


Obr.: Pohled na opěru O 02

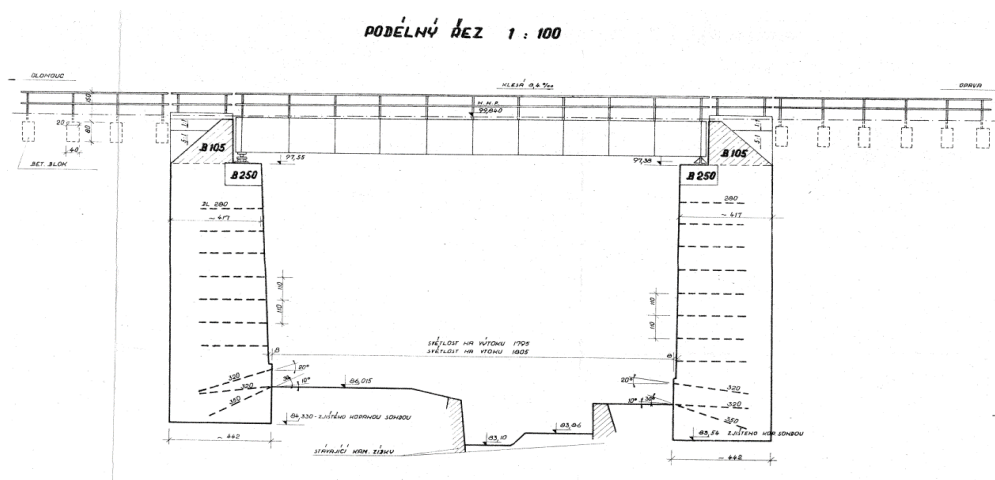


Obr.: Pohled na koncevé zavětrování a pevné ložisko na O 02

► Archivní dokumentace



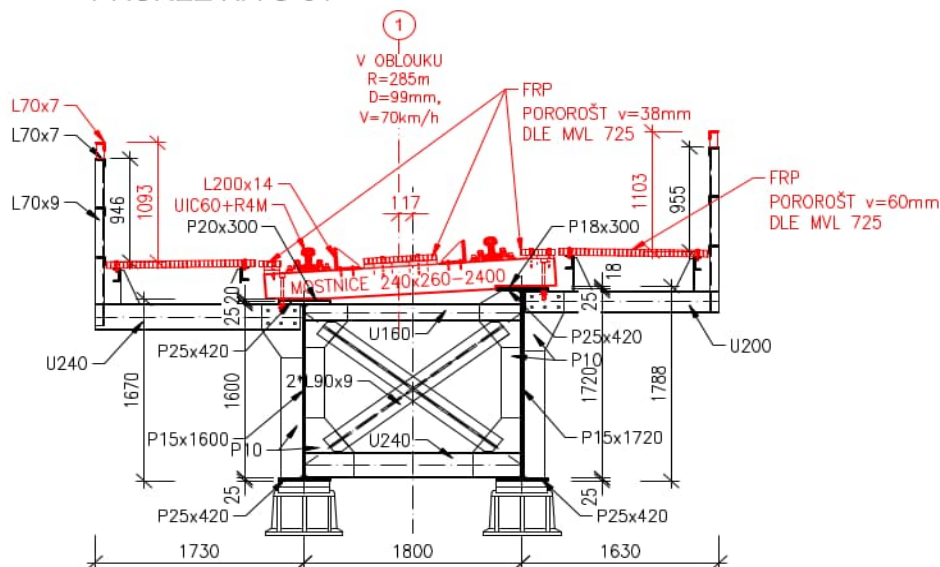
Obr.: Půdorys mostu (arch. dok. 1964)



Obr.: Podélný řez mostu (arch. dok. 1964)

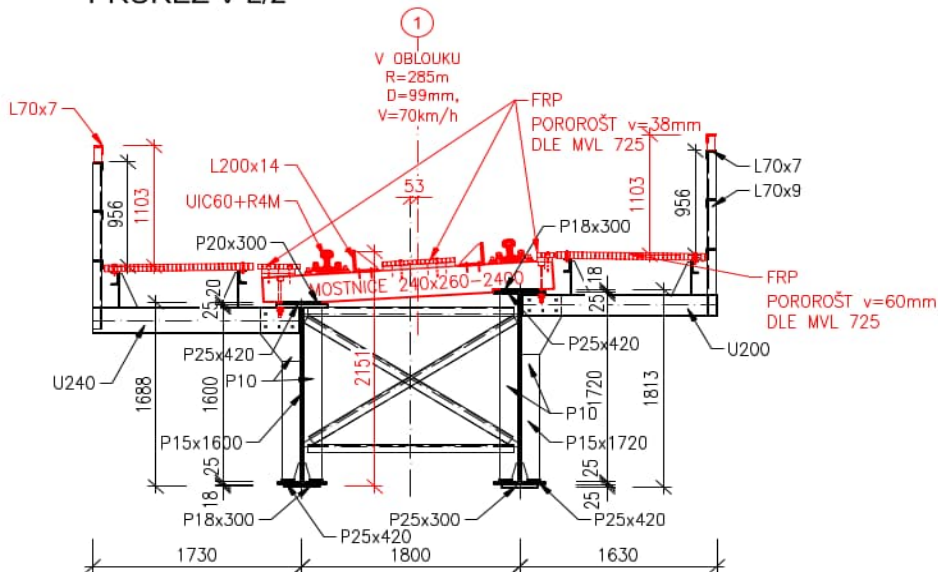
► Příčné řezy NOK (nový stav)

PRŮŘEZ NA O 01



Obr.: Příčný řez NOK na O 01

PRŮŘEZ V L/2



Obr.: Příčný řez NOK v L/2

► Závěry z mostní prohlídky

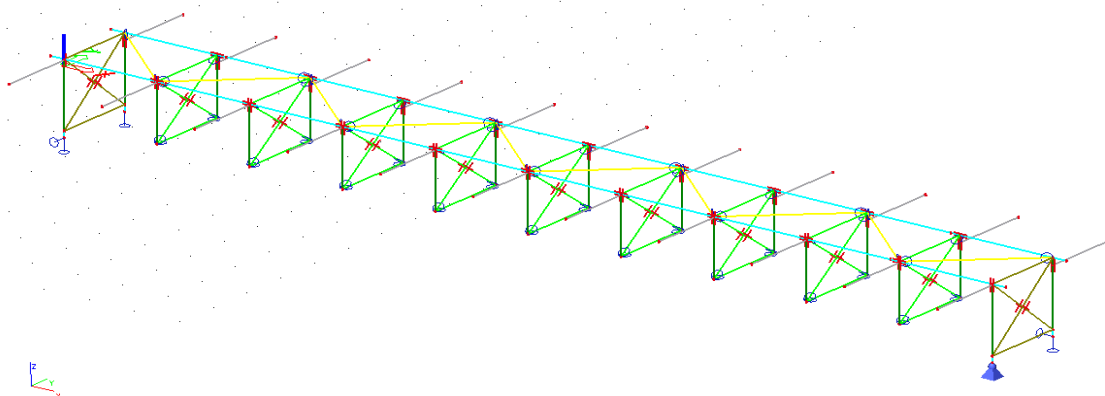
Prohlídka ukázala, že archivní dokumentace odpovídá skutečnému stavu konstrukce. Konstrukce kromě opotřebované PKO, nevykazuje žádné výrazné poruchy. Při přepočtu je uvažováno pouze s orezivěním u vnitřní části stojin HN nad ložisko (viz podrobná prohlídka). Dle archivní dokumentace a roku výroby 1965 (tab. A.1 SŽ S5/1) je ocelová konstrukce vyrobena z oceli **37** a šrouby v konstrukci jsou vyrobeny z oceli s $f_y=200$ MPa. Pro danou ocel platí následující parametry dle SŽ S5/1:

Typ oceli	f_y [MPa]	f_u [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}
ocel 37	230	360	1,10	1,20	1,30
šrouby (pro ocel 37)	200	310			1,30

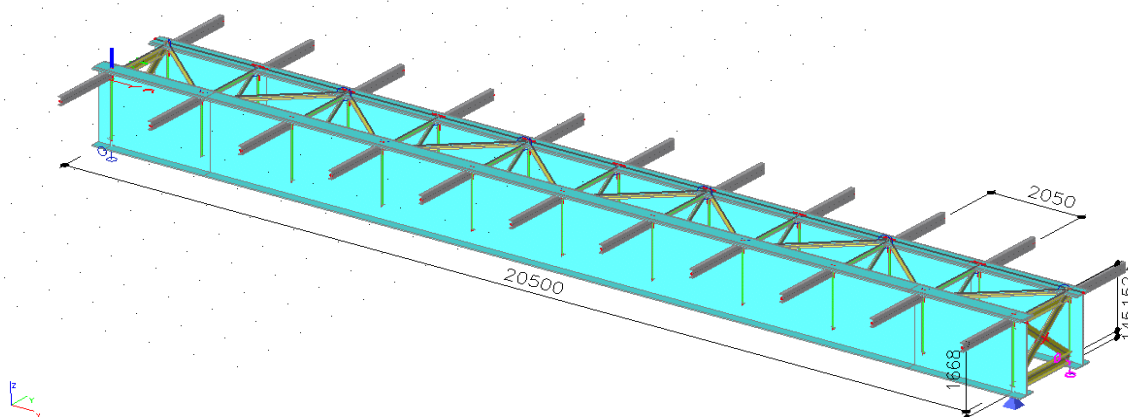
Pozn.: Vzhledem k nevyhovující přechodnosti byla stanovena skutečná mez kluzu oceli pomocí zkoušky dle ČSN EN ISO 6892-1 (parametry oceli viz část posouzení)

► Výpočetní model

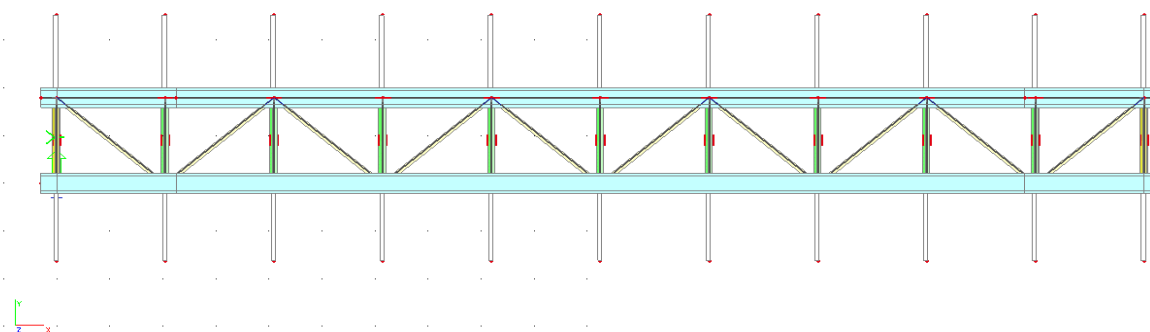
- V rámci přepočtu byl použit 3D prutový model ve výpočtovém softwaru Scia Engineer 19.1.
- Tuhosti podpěr v ose x a y byly zvoleny pro pevné podpory tak, aby se most mohl posunout o ± 5 mm
- Excentricity prutového modelu jednotlivých prvků byly zohledněny tuhými rameny
- Spoje ztužení v rovině ztužení jsou uvažovány jako tuhé rotační spoje, z roviny ztužení jako kloubové rotační spoje
- Vzhledem k tomu, že podpory nemohou ležet na tuhém rameni, byla tuhá ramena narazena nosníkem tuhým nosníkem s nulovou hmotností
- Výpočetní model mostu se zjednodušeně uvažuje jako vodorovný (klesá cca 8,0 ‰). Kolej na mostě se v modelu zjednodušeně uvažuje v přímé pouze z excentricitou zatížení LM71, která je dle čl.6.3.5 v ČSN EN 1991-2 > než excentricita osy koleje směrem ven z oblouku v polovině rozpětí (roznos zatížení s excentricitou dle čl.6.3.5 v ČSN EN 1991-2 způsobí větší namáhání vnějšího nosníku a je na stranu bezpečnou)



Obr.: Prutový model mostu



Obr.: Axonometrický pohled a půdorys mostu (prutový model)



Obr.: Půdorys mostu (prutový model)

Zatížení

► 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} 20771,00 kg

Vlastní tíha získaná z archivní dokumentace G_{archiv} 31661,00 kg

$G_{archiv} / G_{model} = 31661 / 20771 = 1,52$

► Ostatní stálé zatížení

Žel. svršek+podlahy na mostnicích:

	tíha [kg]; [kg/m]	G_k [kN]	g_k [kN/m]
- dřevěné mostnice 260x240x2400 á 625 mm	110,00	1,10	1,76
- 2*kolejnice UIC60 s kolejovým upevněním	106,00	1,06	1,70
- PÚ 200x14	53,63	0,54	0,86
- FRP pororošt v.38mm š.1100 mm (19,5 kg/m2)	13,41	0,13	0,21
celkem na 1 mostnici /1 bm mostu		2,83	4,53
zatížení na 1 hlavní nosník		1,42	2,27

Zábradlí:

- L70x7-21100 (madla)	7,38	0,45	
- UPE160-21100 (nastavení výšky horního madla)	17,00	0,35	
- L70x7-450 + GFRP žlab 250 x 150 mm + kabely	12,72	0,26	
- L70x9-1,68 (sloupek)	9,32	0,16	
zatížení zábradlím na 1 mezilehlou konzolu		0,96	... bez žlabů
zatížení zábradlím na 1 koncovou konzolu		0,68	... bez žlabů

Chodníky:

- U120-21100 (chodníkové nosníky)	13,4	0,27	
- FRP pororošt v.60mm š.1220 mm (50 kg/m2)	61	0,63	
zatížení na mezilehlou konzolu v místě 1 chodníkového nosníku		0,90	
zatížení na koncovou konzolu v místě 1 chodníkového nosníku		0,58	

► Vitr působící na konstrukci

Vstupní hodnoty:

Větrová oblast	III		
základní rychlost větru	$V_{b,0} =$	27,5 m/s	$V_b = 0,5 \cdot 27,5 = 13,8$ m/s
základní rychlost větru	$V_{b,0^{**}} =$	25,0 m/s	$V_{b,min^{**}} = 13,8$ 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	III		
Parametr drsnosti	$Z_0 =$	0,30 m	
Minimální výška	$Z_{min} =$	5,0 m	
Maximální výška	$Z_{max} =$	200,0 m	
Výška nad zemí	$Z =$	13,0 m	
Součinitel turbulence	$k_l =$	1,0	
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho =$	1,25 kg/m3	
Šířka	$b =$	5,2 m	... šířka NOK
Výška	$dtot =$	6,2 m	... výška NOK od dolní hrany HN po temeno kolejnice + 4 m

základní rychlost větru V_b	$c_{DIR} \cdot c_{season} \cdot V_{b,0} =$	$= 1 \cdot 1 \cdot 27,5 =$	27,5 m/s
součinitel terénu kr	$0,19 \cdot (Z_0/0,05)^{0,07} =$	$= 0,19 \cdot (0,3/0,05)^{0,07} =$	0,21538933
součinitel drsnosti $cr(Z)$	$kr \cdot \ln(z_{min}/z_0) =$	$= 0,21538933 \cdot 1563413 \cdot \ln(13/0,3) =$	0,812
	$z_{max} > z > z_{min}$...splňuje podmínku		
střední rychlost větru $vm(Z)$	$cr(Z) \cdot c_0(Z) \cdot v_b =$	$= 0,812 \cdot 1 \cdot 27,5 =$	22,30 m/s

Intenzita turbulence větru $I_v(Z)$	$K_l / (C_0(Z) \cdot \ln(z_{min}/z_0)) =$	$= 1 / (1 \cdot \ln(13/0,3)) =$	0,265
základní dynamický tlak větru q_b	$0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 =$	$= 0,5 \cdot 1,25 \cdot 27,5^2 =$	473 N/m ²
Maximální dynamický tlak $q_b(z)$	$[1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 =$	$= [1 + 7 \cdot 0,265] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,3^2 =$	887 N/m ²
Součinitel expozice c_e	$q_p(z) / q_b =$	$= 887 / 473 =$	1,88

• ZS 3.1 - Zatížení větrem, v ose Y

Součinitel síly pro mosty $c_{fy,0}$	$b / d_{tot} =$	$= 5,16 / 6,16 =$	0,84
	$\rightarrow c_{fy,0} = \dots$ z grafu...		2,2

Redukce $c_{fy,0}$ dle SŽ S5/1 přílohy G, typ kce 7, KVD 3 ... $C_{kor} =$

Součinitel zatížení větrem C	$c_{kor} \cdot c_e \cdot c_{fy,0} =$	$= 0,74 \cdot 1,88 \cdot 2,2 =$	3,06
Vítr působící konstrukci $f_{w,k}$	$1/2 \cdot \rho \cdot v_{b,min}^2 \cdot C \cdot A_{ref,y}$	$= 0,5 \cdot 1,25 \cdot 13,75^2 \cdot 3,06 \cdot 2,86 =$	1,0 kN/m
Hlavní nosník $A_{ref,y}$			2,9 m ²

• ZS 3.2 - Zatížení větrem v ose Z

$A_{ref,Z} =$	108,14 m ² ... referenční plocha zahrnuje půdorysnou plochu	
$b =$	5,16 m ... šířka NOK	
$d_{tot} =$	6,16 m ... výška NOK od dolní hrany HN po temeno kolejnice + 4 m	
$b/d_{tot} =$	0,84	
$c_{f,z} =$	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 $c_{f,z,0}$ dle SŽ S5/1 přílohy G, typ kce 7, KVD 3 ... $C_{kor} =$

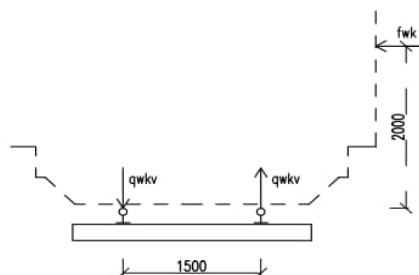
0,4

$F_{w,Z} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,Z} =$	34,59 kN
$F_{w,Z} =$	1,69 kN/m
$F_{w,Z,1} = \pm$	1,27 kN/m
$F_{w,Z,2} = \pm$	0,42 kN/m

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

► Vítr působící na vlak

Vítr působící na vlak $f_{w,k}$	$1/2 \cdot \rho \cdot v_{b,min}^2 \cdot C \cdot A_{ref,y}$	$= 0,5 \cdot 1,25 \cdot 13,75^2 \cdot 3,06 \cdot 4 =$	1,4 kN/m
plocha projíždějícího vlaku $A_{ref,y}^{**}$			4,0 m ²
moment od zatížení větrem na vlak $M =$		$= 2,45 \cdot 1,4 =$	3,4 kNm
svislá síla působící na vlak od bočního větru $q_{wk,v} =$		$= 3,43 / 1,8 =$	±1,9 kN/m



Obr.: Působení větru na vozidlo

► Proměnné zatížení běžnou železniční dopravou LM 71

Parametry nosné konstrukce

Délka L_{nk} [m]	21,10
Rozpětí L [m]	20,50
Dilatační délka L_T [m]	21,10
Náhradní délka L_Φ [m]	20,50

Parametry koleje

Poloměr oblouku r [m]	285,0
Maximální rychlost V [km/h]	65

Parametry zatížení

Součinitel α pro přepočet [-]	1,00
Osamělé zatížení Q_{vk} [kN]	250,00
Spojitě zatížení q_{vk} [kN/m]	80,00

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

Hlavní nosníky - HN (MSÚ)	→	$L_\Phi =$	20,50 m	→	$\Phi_3 =$	1,23
HN (MSÚ-po úlevě, MSP)	→	$L_\Phi =$	20,50 m	→	$\Phi_2 =$	1,15

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				
$q_{LM71,k,2} =$	35,6 kN/m				
$Q_{LM71,k,1} =$	0,555 Q_{LM71}				
$Q_{LM71,k,2} =$	0,445 Q_{LM71}				
$q_{LM71,k,1} =$	0,555 q_{LM71}				
$q_{LM71,k,2} =$	0,445 q_{LM71}				

► Vodorovné síly v ose x - brzděné a rozjezdové síly

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

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

► 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

$Q_{Sk} =$	100 kN	$Q_{Sk,1/2} =$	50,00 kN	$Q_{Sk,3} =$	16,67 kN
$M_{Qsk} =$	45 kNm				
$Q_{sk,HN} =$	25 kN			$Q_{sk,HN,3} =$	8,333333333 kN

Pozn.: Síla je uvažována na jeden HN

Boční ráz Q_{sk} pro nezátížený vlak [kN]	$100 \cdot \alpha =$	$100 \cdot =$	0,00
---	----------------------	---------------	------

Roznos zatížení od bočních rázů na 3 kolejnicové podpory

$Q_{Sk} =$	35 kN	$Q_{Sk,1/2} =$	17,50 kN	$Q_{Sk,3} =$	5,83 kN
$M_{Qsk} =$	15,75 kNm				
$Q_{sk,HN} =$	8,75 kN			$Q_{sk,HN,3} =$	2,916666667 kN

Pozn.: Síla je uvažována na jeden HN

► Vodorovné síly v ose y - odstředivá síla

$V =$	70,00 km/h
$r =$	285,00 m
$f =$	1,00
$Q_{tk} = V^2/127r$ ($f \cdot Q_{vk}$) =	33,84 kN
$Q_{tk}/2 =$	16,92 kN
$Q_{tk,v} = (Q_{tk} \cdot r_1 / a_{pod}) =$	$\pm 42,3$ kN
$r_1 =$	2,25 m

$q_{tk} = V^2/127r$ ($f \cdot q_{vk}$) =	10,83 kN/m
$q_{tk}/2 =$	5,42 kN/m
$q_{tk,v} = q_{tk} \cdot r_1 / a_{pod} =$	$\pm 13,5$ kN/m
$r_1 =$	2,25 m

Pro nezátížený vlak:

$q_{tk} = V^2/127r$ ($f \cdot q_{vk}$) =	1,34 kN/m
$q_{tk}/2 =$	0,67 kN/m
$q_{qtk,v} = q_{tk} \cdot r_1 / a_{pod} =$	$\pm 1,7$ kN/m
$r_1 =$	2,25 m

Pro C3/80:

$V =$	80,00 km/h
-------	------------

Pro D2-D4/80:

$V =$	80,00 km/h
-------	------------

$r =$	285,00 m	$r =$	285,00 m
$f =$	1,00	$f =$	1,00
$Q_{tk} = V^2/127r (f Q_{c3}) =$	35,36 kN	$Q_{tk} = V^2/127r (f Q_{D2-4}) =$	39,78 kN
$Q_{tk}/2 =$	17,68 kN	$Q_{tk}/2 =$	19,89 kN
$Q_{tk,v} = (Q_{tk} r_1 / a_{pod}) =$	$\pm 44,2$ kN	$Q_{tk,v} = (Q_{tk} r_1 / a_{pod}) =$	$\pm 49,7$ kN
$r_1 =$	2,25 m	$r_1 =$	2,25 m

► Zatížení teplotou

$T_{max} =$	37,00 °C
$T_{min} =$	-31,00 °C
$T_0 =$	10,00 °C

Rovnoměrná složka teploty

1. Typ nosné konstrukce (ocelová)

$T_{e,max} = T_{max} + 16^\circ\text{C} =$	53,00 °C
$T_{e,min} = T_{min} - 3^\circ\text{C} =$	-34,00 °C

Maximální rozsah zkrácení rovnoměrné složky teploty:

$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} =$	44,00 °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:

$\Delta T_{N,con} + 10^\circ\text{C} =$	54,00 °C
$\Delta T_{N,exp} + 10^\circ\text{C} =$	53,00 °C

Součinitel teplotní délkové roztažnosti:

$\alpha T_{ocel} =$	1,20E-05 °C ⁻¹
---------------------	---------------------------

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):

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

charakteristická kombinace (MSP):

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

rovnice 6.10 pro ztrátu stability (EQU):

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

Součinitelé zatížení		
Vlastní tíha	$Y_G =$	1,25
Ostatní stálé zatížení	$Y_{G1} =$	1,25
Vlastní tíha + ostatní stálé (EQU)	$Y_{G,inf} =$	0,95
LM71, svislé a odstředivé síly	$Y_{Q,LM71} =$	1,30
Boční rázy	$Y_{Qs} =$	1,30
Teplota	$Y_{Q,TEPLOTA} =$	1,50
Brzdové a rozjezdové síly	$Y_{Qab} =$	1,30
Zatížení větrem	$Y_{Q,w} =$	1,35
Kombinační součinitelé ψ_0, ψ_2, ξ		
Stálé zatížení	ψ_0	ξ
gr11	0,80	0,00
Teplota	0,60	0,50
Zatížení větrem (návrh.)	1,00	0,00

Zatížení větrem (char.)	0,50	0,00
-------------------------	------	------

► Výpis zatěžovacích stavů

ZS1	Vlastní tíha
ZS2	Ostatní stálé zatížení
ZS3	Zatížení železniční dopravou LM71
ZS4	Brzdné a rozjezdové síly
ZS5	Odstředivá síla a boční ráz
ZS6	Nezatížený vlak
ZS7	Vítr působící v ose Y s vlakem (charakter.)
ZS8	Vítr působící v ose Z (charakter.)
ZS9	Vítr působící v ose Y s vlakem (návrh.)
ZS10	Teplota

Posouzení

► Materiálové charakteristiky pro NK (doplnění skutečné meze kluzu)

Ocel 37 (rok 1965)	$f_{yk} =$	263 MPa (viz skutečná f_y dle zk. ČSN EN ISO 6892-1 - příloha na konci dok.)
	$f_{uk} =$	411 MPa (viz skutečná f_y dle zk. ČSN EN ISO 6892-1 - příloha na konci dok.)
	$\gamma_{M0} =$	1,1
	$\gamma_{M1} =$	1,2
	$\gamma_{M2} =$	1,3
	$f_{yd} =$	239,2 MPa
	$E =$	200 GPa
	$\varepsilon = v(235/f_y) =$	0,95

► Zatřídění průřezů

Pro zatřídění svařovaných průřezů se použijí standardní mezní štíhlosti podle tab. 5.2 v ČSN EN 1993-1-1.

• Hlavní nosníky

Stojina ohýbaná

c	=	1703 mm	
t	=	15 mm	
c/t	<	$124 \cdot \varepsilon$	
114 mm	<	$124 \cdot 0,95$	= 117,8 mm
► 3. Třída průřezu			

Horní pásnice na konci průřezu - tlačená část

c	=	198 mm	
t	=	25 mm	
c/t	<	$9 \cdot \varepsilon$	
8 mm	<	$9 \cdot 0,95$	= 8,55 mm
► 1. Třída průřezu			

• Koncové příčné ztužení (diagonální) 2xL90x9

Pásnice - tlačená část

c	=	90 mm	
t	=	9 mm	
c/t	<	$10 \cdot \varepsilon$	
10,0 mm	>	$10 \cdot 0,95$	= 9,5 mm

► 2. Třída průřezu

● Mezilehlé příčné ztužení L80x8

Pásnice na začátku průřezu - tlačená část

c	=	62 mm
t	=	8 mm

c/t	<	$9 \cdot \epsilon$	
7,8 mm	<	$9 \cdot 0,95$	= 8,55 mm

► 1. Třída průřezu

● Koncové příčné ztužení (vodorovné) U240

Stojina - tlačená část

c	=	185 mm
t	=	10 mm

c/t	<	$33 \cdot \epsilon$	
18,5 mm	<	$33 \cdot 0,95$	= 31,35 mm

► 1. Třída průřezu

Pásnice na konci průřezu - tlačená část

c	=	64 mm
t	=	12 mm

c/t	<	$9 \cdot \epsilon$	
5,3 mm	<	$9 \cdot 0,95$	= 8,55 mm

► 1. Třída průřezu

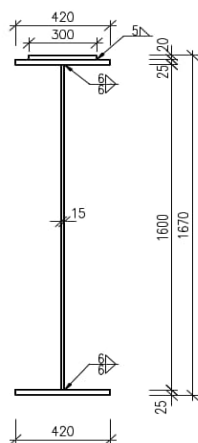
► Průřezové charakteristiky

● Hlavní nosníky

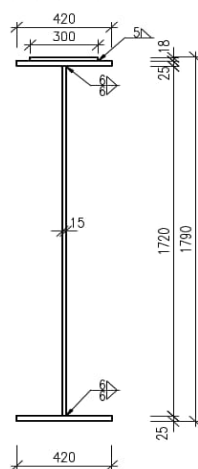
- V modelu je uvažován plný průřez pro výpočet napětí. Na stojině u části HN nad podporami je uvažováno (v modelu i posudku) orezivění stojiny 1 mm.

	HN.L.01		HN.P.01		
A	4,94E-02	m ²	5,05E-02	m ²	plocha plného průřezu uvažovaného v modelu
I _y	2,21E-02	m ⁴	2,58E-02	m ⁴	moment setrvačnosti kolmo k ose y
I _z	3,54E-04	m ⁴	3,50E-04	m ⁴	moment setrvačnosti kolmo k ose z
I _w	2,33E-04	m ⁶	2,66E-04	m ⁶	výsečový moment setrvačnosti
W _{y,el}	2,41E-02	m ³	2,63E-02	m ³	modul průřezu v ohybu kolem y-y
W _{z,el}	1,69E-03	m ³	1,66E-02	m ³	modul průřezu v ohybu kolem z-z

HN.L.01



HN.P.01

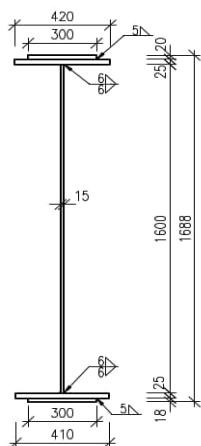


Obr.: průřezy HN na začátku/konci mostu - L=2,55 m (HN.L.01 - levý nosník; HN.P.01 - levý nosník)

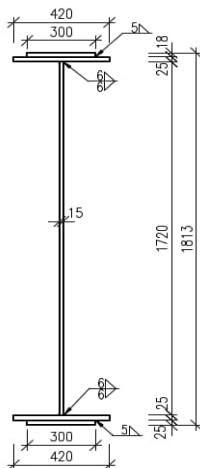
	HN.L.02		HN.P.02	
A	5,64E-02	m ²	5,97E-02	m ²
I _y	2,69E-02	m ⁴	3,26E-02	m ⁴
I _z	3,95E-04	m ⁴	4,06E-04	m ⁴
I _ω	2,68E-04	m ⁶	3,18E-04	m ⁶
W _{y,el}	3,16E-02	m ³	3,49E-02	m ³
W _{z,el}	1,88E-03	m ³	1,93E-03	m ³

plocha plného průřezu uvažovaného v modelu
 moment setrvačnosti kolmo k ose y
 moment setrvačnosti kolmo k ose z
 výsečový moment setrvačnosti
 modul průřezu v ohybu kolem y-y
 modul průřezu v ohybu kolem z-z

HN.L.02



HN.P.02



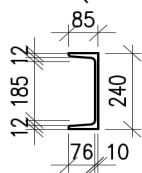
Obr.: průřezy HN uprostřed mostu - L=16,0 m (HN.L.02 - levý nosník; HN.P.02 - pravý nosník)

• Koncové příčné dolní ztužení HN - U240 (+ také chodníková konzola)

- V modelu je uvažován plný průřez pro výpočet napětí.

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
I _z	2,48E-06	m ⁴	moment setrvačnosti kolmo k ose z
I _ω	2,55E-08	m ⁶	výsečový moment setrvačnosti
W _{y,el}	3,00E-04	m ³	modul průřezu v ohybu kolem y-y
W _{z,el}	3,96E-05	m ³	modul průřezu v ohybu kolem z-z

ZT.01(K.01)

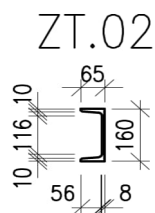


Obr.: průřez ZT.01 (koncové příčné dolní ztužení HN)

• Koncové příčné horní ztužení HN - U160

- V modelu je uvažován plný průřez pro výpočet napětí.

A	2,40E-03	m ²	plocha plného průřezu uvažovaného v modelu
I _y	9,25E-06	m ⁴	moment setrvačnosti kolmo k ose y
I _z	8,53E-07	m ⁴	moment setrvačnosti kolmo k ose z
I _ω	3,76E-09	m ⁶	výsečový moment setrvačnosti
W _{y,el}	1,16E-04	m ³	modul průřezu v ohybu kolem y-y
W _{z,el}	1,83E-05	m ³	modul průřezu v ohybu kolem z-z



Obr.: průřez ZT.02 (koncové příčné horní ztužení HN)

• Koncové příčné diagonální ztužení HN - 2*L90x9

- V modelu je uvažován plný průřez pro výpočet napětí.

A	3,10E-03	m ²
I _y	2,32E-06	m ⁴
I _z	4,32E-06	m ⁴
I _ω	2,86E-27	m ⁶
W _{y,el}	3,58E-05	m ³
W _{z,el}	4,80E-05	m ³

plocha plného průřezu uvažovaného v modelu

moment setrvačnosti kolmo k ose y

moment setrvačnosti kolmo k ose z

výsečový moment setrvačnosti

modul průřezu v ohybu kolem y-y

modul průřezu v ohybu kolem z-z



Obr.: průřez ZT.03 (koncové příčné diagonální ztužení HN)

• Mezilehlé příčné ztužení HN - L80x8

- V modelu je uvažován plný průřez pro výpočet napětí.

A	1,23E-03	m ²
I _y	7,25E-07	m ⁴
I _z	7,25E-07	m ⁴
I _ω	1,43E-40	m ⁶
W _{y,el}	2,03E-05	m ³
W _{z,el}	9,37E-06	m ³

plocha plného průřezu uvažovaného v modelu

moment setrvačnosti kolmo k ose y

moment setrvačnosti kolmo k ose z

výsečový moment setrvačnosti

modul průřezu v ohybu kolem y-y

modul průřezu v ohybu kolem z-z

ZT04



Obr.: průřez ZT.04 (mezilehlé příčné ztužení HN)

• podélné ztužení HN - L80x10 (obrázek dtto ZT.04 ale s tl. 10 mm)

- V modelu je uvažován plný průřez pro výpočet napětí.

A	1,51E-03	m ²
I _y	1,39E-06	m ⁴
I _z	3,68E-07	m ⁴
I _ω	4,35E-40	m ⁶
W _{y,el}	2,45E-05	m ³
W _{z,el}	1,10E-05	m ³

plocha plného průřezu uvažovaného v modelu

moment setrvačnosti kolmo k ose y

moment setrvačnosti kolmo k ose z

výsečový moment setrvačnosti

modul průřezu v ohybu kolem y-y

modul průřezu v ohybu kolem z-z

► Výpočet součinitele vzpěru

- Vzpěr je uvažován u příčných diagonálních ztužení pomocí dvojice úhelníků

• Koncové příčné diagonální ztužení HN 2*L90x9

Ocel: dle archivní dokumentace: Ocel C37 $f_y = 230 \text{ MPa}$

Vybočení kolmo k ose: všechny

Křivka vzpěrné pevnosti: b

Součinitel imperfekce $\alpha = 0,34$

Průřezové charakteristiky:

A	=	3104	mm ²	... Plocha průřezu
A _{eff}	=	-	mm ²	... Plocha efektivního průřezu
I _y	=	2315800	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose y
I _z	=	4315600	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose z

Třída průřezu: 2

L = 2358 mm ... Vzpěrná délka

Výpočet kritické síly

$$N_{cr,y} = (\pi^2 E I_y) / L^2 = (3,14^2 \cdot 210000 \cdot 2315800) / 2358^2 = 863242 \text{ N}$$

Výpočet součinitele rovinného vzpěru

$$\alpha = 0,34$$

$$\lambda_y = ((A \cdot f_y) / N_{cr,y})^{0,5} = ((3104 \cdot 230) / 863241,852781496)^{0,5} = 0,91$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,34 \cdot (0,91 - 0,2) + 0,91^2) = 1,03$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{0,5}) = 1 / (1,03475 + (1,03475^2 - 0,91^2)^{0,5}) = 0,65$$

$$N_{rs+LM71,Ed} = 157,74 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} N_{Ed} / N_{cr,y} = (1,2 \cdot 157,74) / 863^2 = 0,219 < 0,40$$

=> účinky vzpěru je možné zanedbat

• Mezilehlé příčné diagonální ztužení HN - L80x8

Průřezové charakteristiky:

A	=	1230	mm ²	... Plocha průřezu
A _{eff}	=	-	mm ²	... Plocha efektivního průřezu
I _y	=	725000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose y
I _z	=	725000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose z

Třída průřezu: 1

L = 2234 mm ... Vzpěrná délka

Výpočet kritické síly

$$N_{cr,y} = (\pi^2 E I_y) / L^2 = (3,14^2 \cdot 210000 \cdot 725000) / 2234^2 = 301086 \text{ N}$$

Výpočet součinitele rovinného vzpěru

$$\alpha = 0,34$$

$$\lambda_y = ((A \cdot f_y) / N_{cr,y})^{0,5} = ((1230 \cdot 230) / 301086,101998546)^{0,5} = 0,97$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,34 \cdot (0,97 - 0,2) + 0,97^2) = 1,10$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{0,5}) = 1 / (1,10135 + (1,10135^2 - 0,97^2)^{0,5}) = 0,62$$

$$N_{rs+LM71,Ed} = 31,72 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} N_{Ed} / N_{cr,y} = (1,2 \cdot 31,72) / 301^2 = 0,126 < 0,40$$

=> účinky vzpěru je možné zanedbat

• podélné diagonální ztužení HN - L80x10

Průřezové charakteristiky:

A	=	1510	mm ²	... Plocha průřezu
A _{eff}	=	-	mm ²	... Plocha efektivního průřezu

I_y	=	1390000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose y
I_z	=	368000	mm ⁴	... Moment setrvačnosti k hlavní ose z
Třída průřezu:				
L	=	1636,8	mm	... Vzpěrná délka

Výpočet kritické síly

$$N_{cr,y} = (\pi^2 E I_y) / L^2 = (3,14^2 \cdot 210000 \cdot 1390000) / 1636,8^2 = 284692 \text{ N}$$

Výpočet součinitele rovinného vzpěru

$$\alpha = 0,34$$

$$\lambda_y = ((A \cdot f_y) / N_{cr,y})^{0,5} = ((1510 \cdot 230) / 284692,23772861)^{0,5} = 1,10$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,34 \cdot (1,1 - 0,2) + 1,1^2) = 1,26$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{0,5}) = 1 / (1,258 + (1,258^2 - 1,1^2)^{0,5}) = 0,54$$

$$N_{rs+LM71,Ed} = 253,95 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} N_{Ed} / N_{cr,y} = (1,2 \cdot 253,95) / 285^2 = 1,070 > 0,40$$

=> účinky vzpěru se musí uvažovat

► Únosnost ve smyku (ověření boulení od smyku)

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

• Hlavní nosníky

hw	1720	mm	... výška stojiny
tw	14	mm	... tloušťka stojiny (lokální oslabení korozi)
a	1025	mm	... vzdálenost příčných výtuh stěny
k _T	19,04		... součinitel smykového napětí
η	1,2		... součinitel pro ocel třídy do S460

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

$$122,86 > 107,08 \Rightarrow \text{Je potřeba posoudit únosnost ve smyku při boulení}$$

$$\lambda_w = hw / (37,4 \cdot t \cdot \epsilon \cdot k_T^{0,5}) = 0,793$$

$$0,83/\eta \leq \lambda_w < 1,08$$

tuhá

...koncová výztuha

$$\chi_w = 0,83/\lambda_w = 1,047$$

Únosnost stojiny ve smyku při zohlednění boulení

$$V_{bRd} = V_{bwRd} + V_{bfRd} \leq (\eta \cdot f_{yw} \cdot hw \cdot t) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}) \quad V_{bwRd} = (\chi_w \cdot f_{yw} \cdot hw \cdot t) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}) = 3192,90 \text{ kN}$$

$$3192,904 < 3658,47$$

$$V_{bfRd} = 0 \quad \gamma_{M1} = 1,2$$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad \text{předpoklad} - Z_{LM71} = 1$$

$$V_{Ed} = 1383,16 \text{ kN} \rightarrow$$

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_{bw,Rd} = 0,43$$

=> Smyk bez vlivu na únosnost v ohybu

► Klopení

• Hlavní nosníky

Parametry materiálu posuzovaného prvku - HN

f_y	230	MPa	... charakteristická mez kluzu oceli
E	210	GPa	... modul pružnosti oceli v tahu
G	81	GPa	... modul pružnosti oceli ve smyku

Rozměry I-průřezu (HN.P.02)

t _{fh}	0,043	m	... tloušťka HP
t _{fd}	0,05	m	... tloušťka DP

b _{fh} =	0,420	m	... šířka HP
b _{fd} =	0,420	m	... šířka DP
t _w =	0,015	m	... tloušťka stojiny
h _w =	1,720	m	... výška stojiny
h _f =	1,7665	m	... vzdálenost mezi středy pásnic
z _h =	0,972	m	... vzdál. horních vláken od těžiště
z _d =	0,841	m	... vzdál. spodních vláken od těžiště
z _a =	0,972	m	... vzdálenost působiště zatížení vzhledem k těžišti průřezu
z _s =	-0,004	m	... vzdálenost středu smyku od těžiště
z _g =	z _a -z _s		
z _g =	0,972-0,004		... působiště zatížení vzhledem ke
z _g =	0,976	m	středu smyku
z _j =	0,45*ψ*f _f *h _f		
z _j =	0,45*-0,08*1,7665		
z _j =	-0,064	m	

Průřezové charakteristiky neoslabeného průřezu potřebné pro výpočet

I _z =	4,0593E-04	m ⁴	... moment setrvačnosti kolmo k z-z
I _t =	(1/3)*((b _{fh} *t _{fh} ³)+(h _w *t _w ³)+(b _{fd} *t _{fd} ³))		
I _t =	(1/3)*((0,42*0,043 ³)+(1,72*0,015 ³)+(0,42*0,05 ³))		
I _t =	3,057E-05	m ⁴	... moment tuhosti v prostém kroucení
- pro průřez s nestejnými pásy:			
I _w =	(1-ψ _f ²)*I _z *(h _f /2) ²		vz. (NB.3.3)
I _w =	(1-0,08 ²)*0,0040593*(1,7665/2) ²		
I _w =	3,1465E-04	m ⁴	... výsečový moment setrvačnosti
I _y =	3,2645E-02	m ⁴	
W _{el_y} =	3,4919E-02	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=	<table border="1"><tr><td>1,0</td></tr></table>	1,0	- na základě těchto součinitelů se dosadí hodnoty C1_0 ; C1_1 ; C2 ; C3
1,0			
kz =	<table border="1"><tr><td>1,0</td></tr></table>	1,0	→ pro zatížení prutu koncovými momenty dle ČSN EN 1993-1-1, tab. NB.3.1, str.95
1,0			
kw =	<table border="1"><tr><td>1,0</td></tr></table>	1,0	→ pro zatížení prutu příčným zatížením dle ČSN EN 1993-1-1, tab. NB.3.2, str.96
1,0			
L =	<table border="1"><tr><td>2,050</td></tr></table> m	2,050	... délka mezi zajištěnými body proti posunu kolmo z roviny brána vzdálenost mezi příčným ztužením (ztužení brání klopení)
2,050			

- zatížení a uvažované podm. podepření v našem případě:

Kloub na obou koncích

C1_0 =	=	1,02
C1_1 =	=	1,02

pro k_{wt} ≤ C1_1

pro k_{wt} = 0

pro k_{wt} ≥ 1,0

C1 =	$C1_0 + (C1_1 - C1_0)$	C1 =	$C1_0$	C1 =	$C1_1$
	$1,02 + (1,02 - 1,02)$	=	1,02	=	1,02
	1,02	=	1,02	=	1,02

C1 =

l_{fc} = 2,655E-04 m⁴

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

l_{ft} = 3,087E-04 m⁴

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

$\psi_f = (l_{fc} - l_{ft}) / (l_{fc} + l_{ft})$

$\psi_f = (0,000265482 - 0,0003087) / (0,000265482 + 0,0003087)$

$\psi_f = -0,08$

... parametr nesymetrie průřezu

a proto

C2 =

a

C3 =

Bezrozměrné parametry (dle NB.3.2 normy)

$k_{wt} = (PI() / (k_w * L)) * ((E * I_w) / (G * I_t))^{0,5}$

$k_{wt} = (PI() / (1 * 2,05)) * ((210 * 0,000314651657480517) / (81 * 0,00003056598))^{0,5}$

$k_{wt} = 7,9200E+00$

... bezrozměrný parametr kroucení

$\zeta_g = ((PI() * z_g) / (k_z * L)) * ((E * I_z) / (G * I_t))^{0,5}$

$\zeta_g = ((PI() * 0,976) / (1 * 2,05)) * ((210 * 0,00040593) / (81 * 0,00003056598))^{0,5}$

$\zeta_g = 8,78$

... bezrozměrný parametr působíště
zatížení vzhledem ke středu smyku

$\zeta_j = ((PI() * z_j) / (k_z * L)) * ((E * I_z) / (G * I_t))^{0,5}$

$\zeta_j = ((PI() * -0,063594) / (1 * 2,05)) * ((210 * 0,00040593) / (81 * 0,00003056598))^{0,5}$

$\zeta_j = -0,57$

... bezrozměrný parametr nesymetrie
průřezu

Stanovení kritického momentu, štíhlosti v klopení a součinitele klopení

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

vz. (NB.3.1)

$\mu_{cr} = (C1 / k_z) * ((1 + k_{wt}^2 + (C2 * \zeta_g - C3 * \zeta_j)^2)^{0,5} - (C2 * \zeta_g - C3 * \zeta_j))$

vz. (NB.3.2)

$\mu_{cr} = (1,02 / 1) * ((1 + 7,92^2 + (0,01 * 8,78 - 1 * -0,571854712262167)^2)^{0,5} - (0,01 * 8,78 - 1 * -0,571854712262167))$

$\mu_{cr} = 7,50$

... bezrozměrný kritický moment

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

$M_{cr} = 7,49744415466031 * ((PI() * (210 * 10^9 * 81 * 10^9)^{0,5}) / 10^3)$

$M_{cr} = 166919,1 \text{ kNm}$

... 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 $(M_{Ed} / M_{cr}) \leq 0,04$

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

$\lambda_{LT} = ((0,034919 * 230 * 10^6) / (166919,142390169 * 10^3))^{0,5}$

$\lambda_{LT} = 0,22 > 0,2$

... poměrná štíhlost 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:

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

$$\begin{aligned}
 h &= 1,813 \text{ m} \\
 b &= 0,420 \text{ m} \\
 h/b &= 1,813/0,42 = 4,32
 \end{aligned}$$

křivka klopení:



d

dle tab. 6.4

a proto

$$\alpha_{LT} = 0,76$$

... souč. imperfekce pro křivky klopení

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2)$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot (1 + 0,76 \cdot (0,219352073799238 - 0,2) + 0,219352073799238^2)$$

$$\Phi_{LT} = 0,53$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{0,5})$$

$$\chi_{LT} = 1 / (0,531411454183723 + (0,531411454183723^2 - 0,219352073799238^2)^{0,5})$$

$$\chi_{LT} = 0,98 < 1$$

a proto

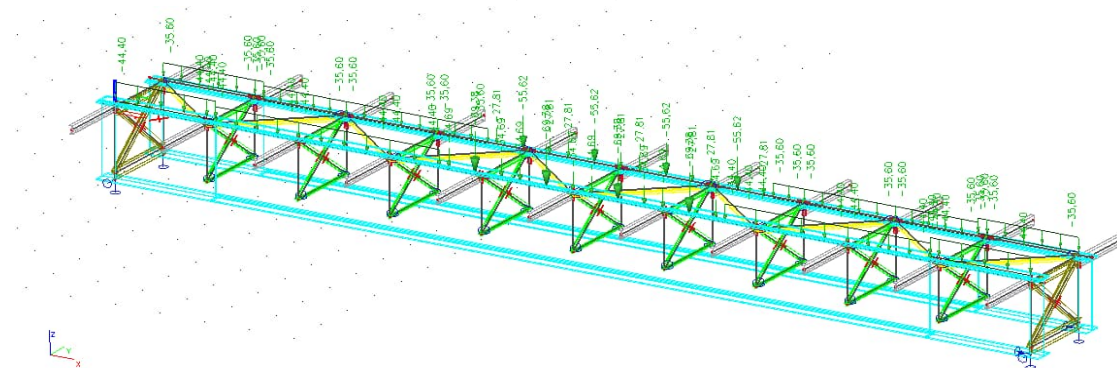
$$\chi_{LT} = 0,98$$

... součinitel klopení

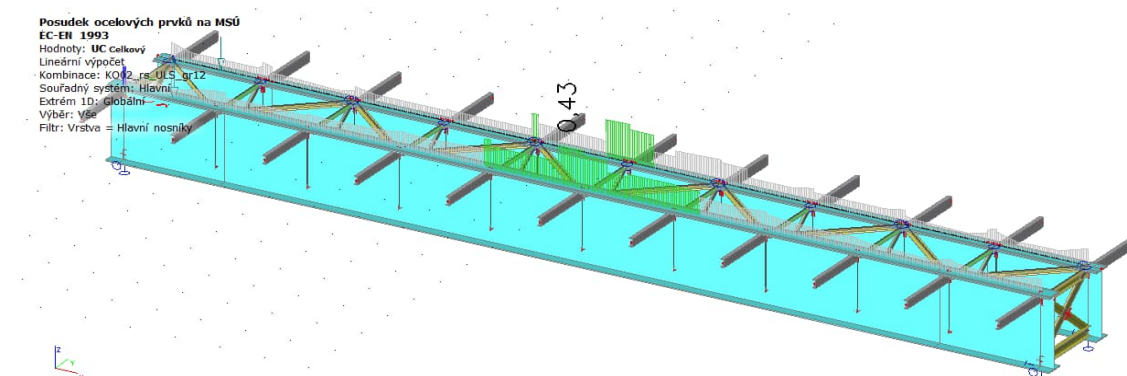
► Posouzení hlavních nosníků (HN) - v místě max M_y od LM71

- Pro posouzení hlavního nosníku byla uvažována kombinace dle rovnice 6.10 b
- Posouzení MSÚ bylo provedeno 1-tkovým posudkem ve Scia Engineer modulu Ocel.
- Stabilitní jevy (boulení, stabilita tlačných částí) byly zohledněny v jednotkovém posudku
- 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

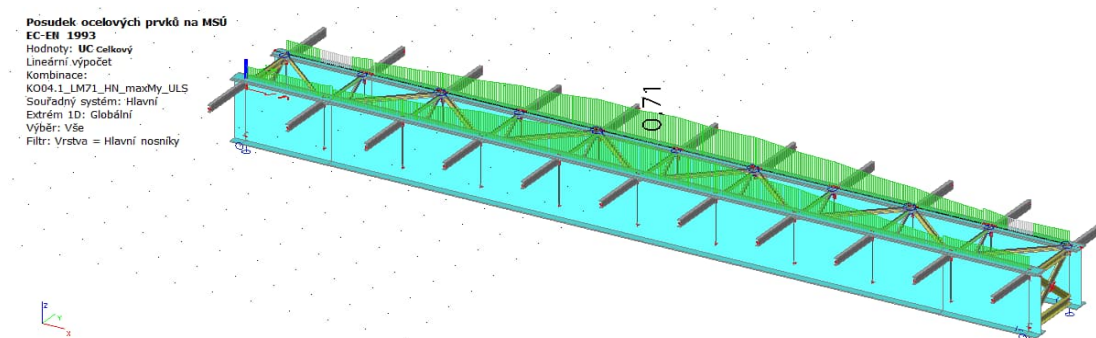
Postavení zatížení dopravou LM71 pro posouzení HN (nejnamáhanější prvek):



Obr.: Postavení zatížení dopravou LM71 pro posouzení HN (nejnamáhanější prvek)



Obr.: 1-tkový posudek hlavních nosníků (rs) - bez součinitele klopení X_{LT}



Obr.: 1-tkový posudek hlavních nosníků (LM71) - bez součinitele klopení X_{LT}

Vztahy pro určení únosnosti:

$$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71}$$

$$\eta_{1,rs} = N_{rs,Ed} / (A f_y / \gamma_{M0}) + M_{y,rs,Ed} / (X_{LT} W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}) + M_{z,rs,Ed} / (W_{el,z} f_y / \gamma_{M0})$$

$$\eta_{1,LM71} = N_{LM71,Ed} / (A f_y / \gamma_{M0}) + M_{y,LM71,Ed} / (X_{LT} W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}) + M_{z,LM71,Ed} / (W_{el,z} f_y / \gamma_{M0})$$

Posouzení zatížitelnosti:

$$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71}$$

$$\eta_{1,rs} = 0,43 \text{ se součinitelem klopení } X_{LT}$$

$$\eta_{1,LM71} = 0,71 \text{ se součinitelem klopení } X_{LT}$$

$$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71} = 0,80 < 1,00 \text{ zatížitelnost nevyhovuje, nutno určit přechodnost}$$

Posouzení na přechodnost C3/70:

$$\eta_{1,LM71,Ed} = 0,58 \dots \text{statický účinek zatížení od LM71}$$

$$\eta_{1,C3,Ed} = 0,34 \dots \text{statický účinek zatížení od C3}$$

$$\Phi_{T1} = 1,30$$

$$\Phi_3 = 1,23$$

$$\Psi = \Phi_{T1} / \Phi_3 = 1,06$$

$$\lambda_{LM71} = \eta_{1,C3,V,Ed} / \eta_{1,LM71,V,Ed} = 0,59$$

$Z_{LM71} =$	<u>0,80</u>	>	<u>0,62</u>	$=\psi \lambda_{LM71}$	Vyhovuje na přechodnost C3/70
--------------	-------------	---	-------------	------------------------	-------------------------------

Posouzení na přechodnost D2/70:

$\eta_{1,LM71,Ed} =$ 0,58 ... statický účinek zatížení od LM71

$\eta_{1,D2,Ed} =$ 0,33 ... statický účinek zatížení od D2

$\phi_{T1} =$ 1,30

$\phi_3 =$ 1,23

$\psi = \phi_{T1} / \phi_3 =$ 1,06

$\lambda_{LM71} = \eta_{1,C3,V,Ed} / \eta_{1,LM71,V,Ed} =$ 0,57

$Z_{LM71} =$	<u>0,80</u>	>	<u>0,60</u>	$=\psi \lambda_{LM71}$	Vyhovuje na přechodnost D2/70
--------------	-------------	---	-------------	------------------------	-------------------------------

Posouzení na přechodnost D4/70:

$\eta_{1,LM71,Ed} =$ 0,58 ... statický účinek zatížení od LM71

$\eta_{1,D4,Ed} =$ 0,38 ... statický účinek zatížení od D4

$\phi_{T1} =$ 1,30

$\phi_3 =$ 1,23

$\psi = \phi_{T1} / \phi_3 =$ 1,06

$\lambda_{LM71} = \eta_{1,C3,V,Ed} / \eta_{1,LM71,V,Ed} =$ 0,66

$Z_{LM71} =$	<u>0,80</u>	>	<u>0,70</u>	$=\psi \lambda_{LM71}$	Vyhovuje na přechodnost D4/70
--------------	-------------	---	-------------	------------------------	-------------------------------

Posouzení na přechodnosti C3; D2; D4 a nejvyšší možnou rychlost:

Přímé posouzení přechodnosti C3/80:

$\phi_{T1} =$ 1,34

$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71}$

$\eta_{1,rs} =$ 0,47

$\eta_{1,C3} =$ 0,46

$Z_{C3} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,C3} =$	<u>1,15</u>	>	1,00	přechodnost vyhovuje
--	-------------	---	------	----------------------

Přímé posouzení přechodnosti C3/85:

$\phi_{T1} =$ 1,35

$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71}$

$\eta_{1,rs} =$ 0,50

$\eta_{1,C3} =$ 0,47

$Z_{C3} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,C3} =$	<u>1,06</u>	>	1,00	přechodnost vyhovuje
--	-------------	---	------	----------------------

Přímé posouzení přechodnosti D2/80:

$\phi_{T1} =$ 1,34

$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71}$

$\eta_{1,rs} =$ 0,55

$\eta_{1,C3} =$ 0,44

$Z_{D2} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,D2} =$	<u>1,02</u>	>	1,00	přechodnost vyhovuje
--	-------------	---	------	----------------------

Přímé posouzení přechodnosti D4/80:

$\phi_{T1} =$ 1,34

$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71}$

$\eta_{1,rs} =$ 0,55

$\eta_{1,C3} =$ 0,51

$Z_{D2} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,D4} =$	<u>0,88</u>	<	1,00	přechodnost nevyhovuje, nutno změnit parametry
--	-------------	---	------	--

Přímé posouzení přechodnosti D4/75:

$\phi_{T1} =$ 1,32

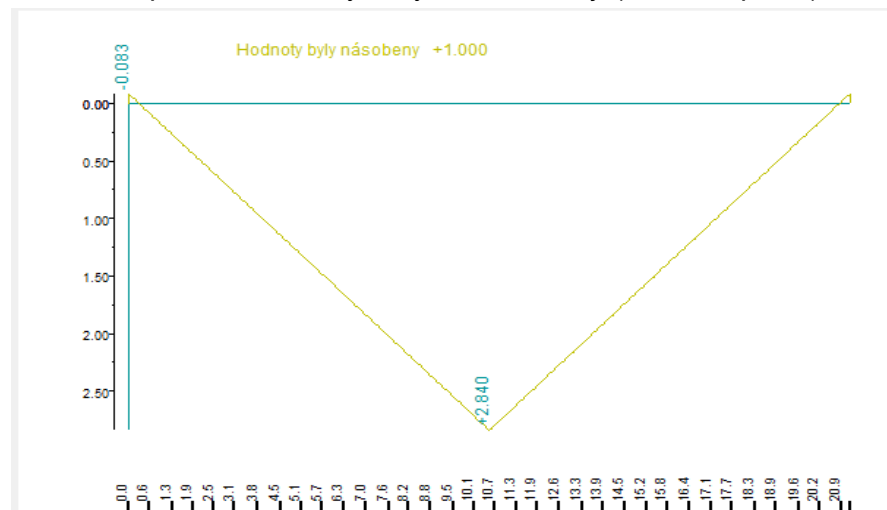
$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71}$

$\eta_{1,rs} =$	0,51
$\eta_{1,C3} =$	0,51

$Z_{D2} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1D4} =$	0,96	<	1,00	přechodnost nevyhovuje, nutno změnit parametry
---	------	---	------	--

→ Výsledná max. přechodnost HN i mostu celkově je C3/85; D2/80 a D4/70

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



Obr.: Příčinková čára pro hlavní nosník v nejkritičtějším namáhání - Ohyb (horní a dolní pásnice)

Vliv lokálních účinků - posouzení horní pásnice

Návrhová únosnost v lokálním boulení FRD =

$$(f_{yw} \cdot L_{eff} \cdot t_w) / \gamma_{M1} =$$

826,0 kN

tloušťka stojiny $t_w =$

0,015 m

mez kluzu $f_{yw} =$

263 MPa

modul pružnosti pro ocel $E =$

210 GPa

účinná délka pro únosnost příčné síly $L_{eff} =$

$$\chi F \cdot \lambda_y =$$

0,25 m

Výpočet součinitele lokálního boulení

součinitel lokálního boulení $\chi F =$

$$0,5 / \lambda F =$$

0,27

$\chi F < 1,0 \Rightarrow$ dochází k lokálnímu boulení!

poměrná štíhlost $\lambda F =$

$$\sqrt{(\lambda_y \cdot t_w \cdot f_{yw} / F_{cr})} =$$

1,88

kritická síla $F_{cr} =$

$$0,9 \cdot k_F \cdot E \cdot t_w^3 / h_w =$$

1052,20 kN

Příčná výztuha

NE

Způsob zatížení (dle tab. 6.1 ČSN EN 1993-1-5)

Pouze shora

součinitel k_F pro příčné výztuhy na krajích =

$$3,5 + 2 \cdot (h_w / a)^2 =$$

2,84

vzdálenost mezi výztuhama $a =$

2,05 m

Výška stojiny $h_w =$

1,72 m

vzdálenost $C =$ (pouze v případě nevyztužené stojiny)

0 m

Výpočet účinné délky zatížení

účinná zatížená délka $\lambda_y =$

$$\min [l_e + t_f \cdot \sqrt{(m_1/2 + (l_e/t_f)^2 + m_2)}; l_e + t_f \cdot \sqrt{(m_1 + m_2)}] =$$

0,95 m

roznášecí délka $S_s =$

0,24 m

tloušťka pásnice $t_f =$

0,043 m

šířka pásnice $b_f =$

0,3 m

součinitel $m_1 =$

$$f_y \cdot b_f / (f_{yw} \cdot t_w) =$$

20

součinitel $m_2 =$

$$0,02 \cdot (h_w / t_f)^2 =$$

32,00

Posouzení lokálních účinků (1 pražec)

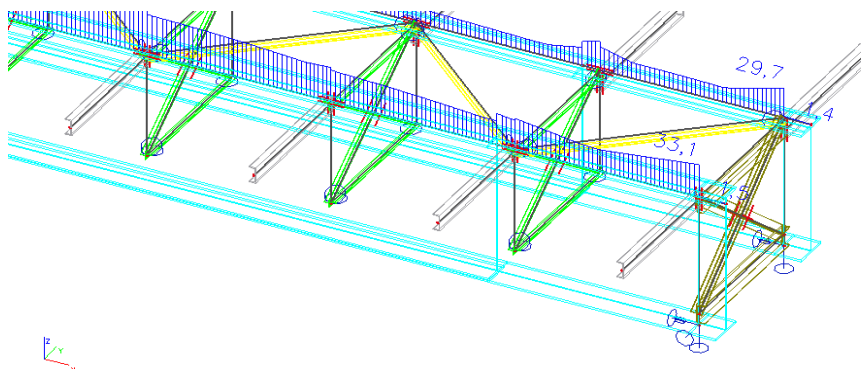
$$\begin{aligned}\eta_{2,LM71} &= \sigma_{z,LM71,Ed} / f_y / \gamma_{M1} = & 0,09 \\ \eta_{2,rs} &= \sigma_{z,rs,Ed} / f_y / \gamma_{M1} = & 0,05 \\ \eta_2 &= \sigma_{z,Ed} / f_y / \gamma_{M1} = & 0,14 \\ & \mathbf{0,14} < 1 \text{ ...únosnost vyhoví} \\ Z_{LM71} &= (1 - \eta_{2,rs}) / \eta_{2,LM71} = & 10,87\end{aligned}$$

Posouzení zatížitelnosti: Interakce příčné síly, ohybového momentu a osově síly

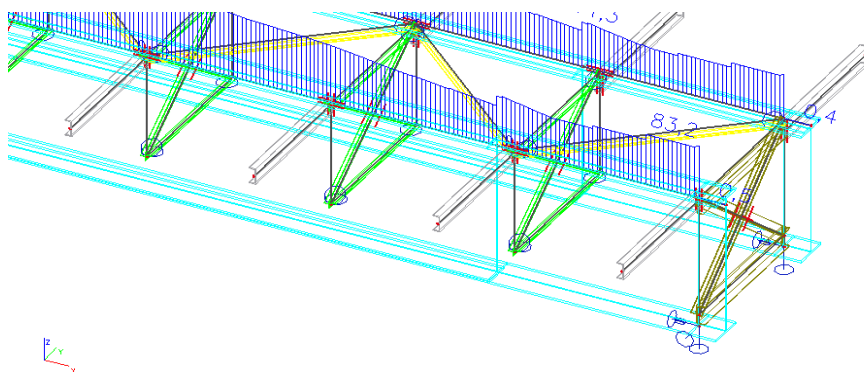
$$Z_{LM71} = (1,4 - (\eta_{2,rs} + 0,8 \eta_{1,rs})) / (\eta_{2,LM71} + 0,8 \eta_{1,LM71}) = \mathbf{1,53} > \mathbf{1,00} \text{ zatížitelnost vyhovuje}$$

► Posouzení hlavních nosníků (HN) - v místě max/min Vz od LM71

- Kritické napětí na stojině hlavního nosníku vzniká při poloze vlaku nad podporou
- Únosnost stojiny byla redukována součinitelem pro boulení stojiny ve smyku



Obr.: Srovnávací napětí $\sigma_{E,rs,Ed}$ ve stojině HN



Obr.: Srovnávací napětí $\sigma_{E,LM71,Ed}$ ve stojině HN

Napětí na stojině

	$\sigma_{E,Ed}$ [MPa]
Celkové napětí (MSÚ)	116,3
$\sigma_{E,LM71,Ed}$	83,2
$\sigma_{E,rs,Ed}$	33,1

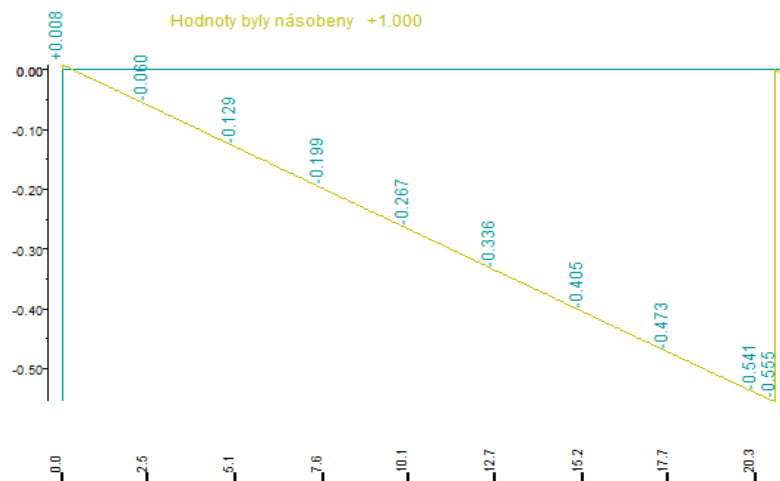
Posuzované napětí $f_d =$ $f_{yk} / \gamma_{M0} =$ 239 MPa
Redukce vlivem boulení $\chi_w =$ 1,047 ... jelikož je $\chi_w > 1,0$ uvažujeme f_d bez redukce

Posouzení zatížitelnosti:

σ_E < $f_{d,red}$
116,3 < 239 Vyhovuje

$Z_{LM71} = (f_d \cdot \sigma_{E,rs,Ed}) / \sigma_{E,LM71,Ed} = 1,92$ **zatížitelnost vyhovuje**

Příčinková čára pro kritické namáhání stojiny od smyku:

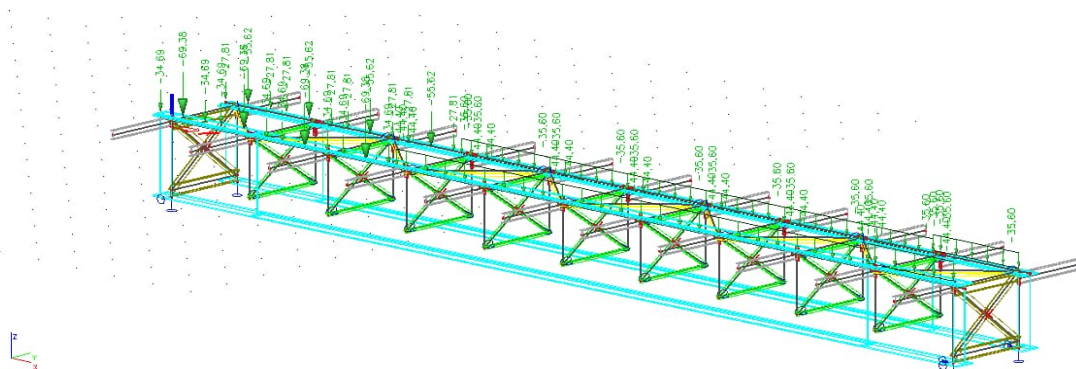


Obr.: Příčinková čára pro kritické namáhání stojiny od smyku

► Posouzení koncového příčného diagonálního ztužení HN 2*L90x9

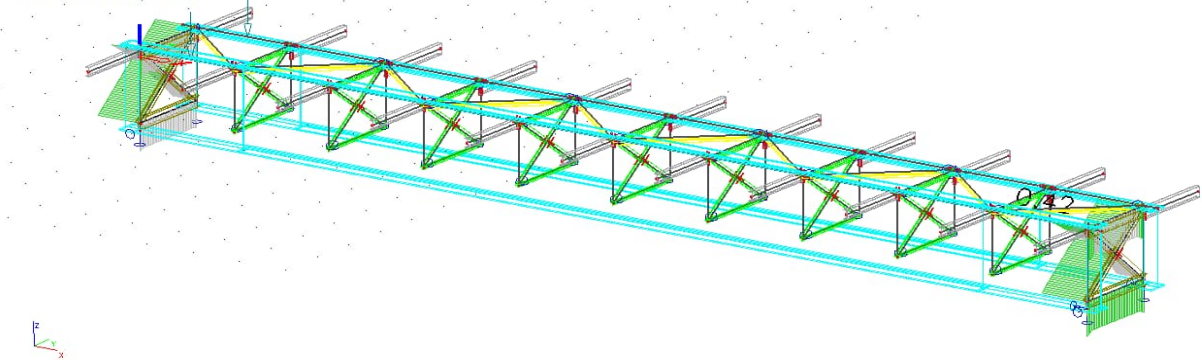
- byla posouzena všechna krajní ztužidla, ovšem ve statickém výpočtu je uvedeno jen nejnamáhanější ztužidlo - diagonální
- rovinový vzpěr byl vzhledem $\gamma_{M1} N_{Ed} / N_{cr} \leq 0,4$ zanedbán

Postavení zatížení dopravou LM71 pro posouzení krajního diagonálního ztužení HN (nejnamáhanější prvek):



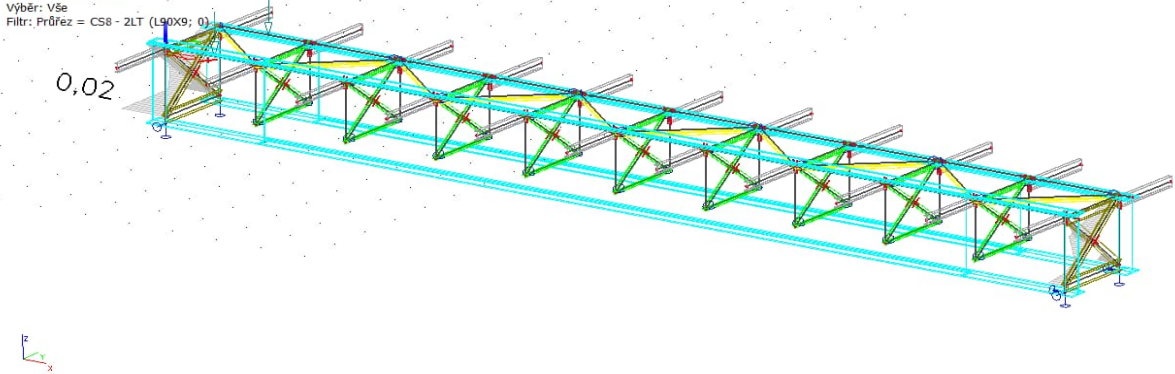
Obr.: Postavení zatížení dopravou LM71 pro posouzení krajního diagonálního ztužení HN (nejnamáhanější prvek)

Posudek ocelových prvků na MSÚ
EC-EN 1993
Hodnoty: UC celkový
Lineární výpočet
Kombinace: KO02_rs_ULS_gr12
Souřadný systém: Hlavní
Extrém ID: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Vrstva = Koncové ztužení



Obr.: 1-ťkový posudek hlavních nosníků (rs)

Posudek ocelových prvků na MSÚ
EC-EN 1993
Hodnoty: UC celkový
Lineární výpočet
Kombinace: KO06_LM71_koncové
ztužení_minN_ULS
Souřadný systém: Hlavní
Extrém ID: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS8 - 2LT (L90X9; 0)



Obr.: 1-ťkový posudek hlavních nosníků (LM71)

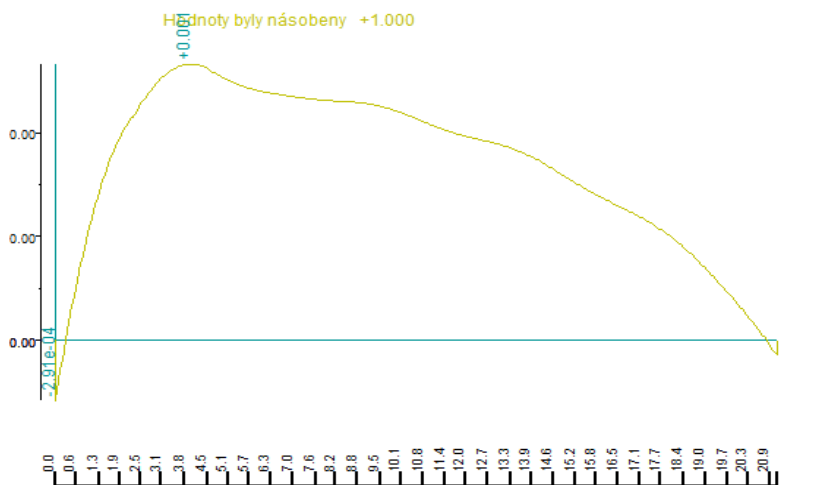
Posouzení zatížitelnosti:

$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71}$

$\eta_{1,rs} =$	0,42
$\eta_{1,LM71} =$	0,02

$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71} =$	> 3	$>$	1,00	zatížitelnost vyhovuje
--	-------	-----	------	------------------------

Příčinková čára pro normálovou sílu:



Obr.: Příčinková čára pro normálovou sílu

► Posouzení mezilehlého příčného diagonálního ztužení HN L80x8

- byla posouzena všechna mezilehlá ztužidla, ovšem ve statickém výpočtu je uvedeno jen nejnamáhanější ztužidlo
- rovinný vzpěr byl vzhledem $\gamma_{M1} N_{Ed}/N_{cr} \leq 0,4$ zanedbán

Posudek ocelových prvků na MSÚ

EC-EN 1993

Hodnoty: UC celkový

Lineární výpočet

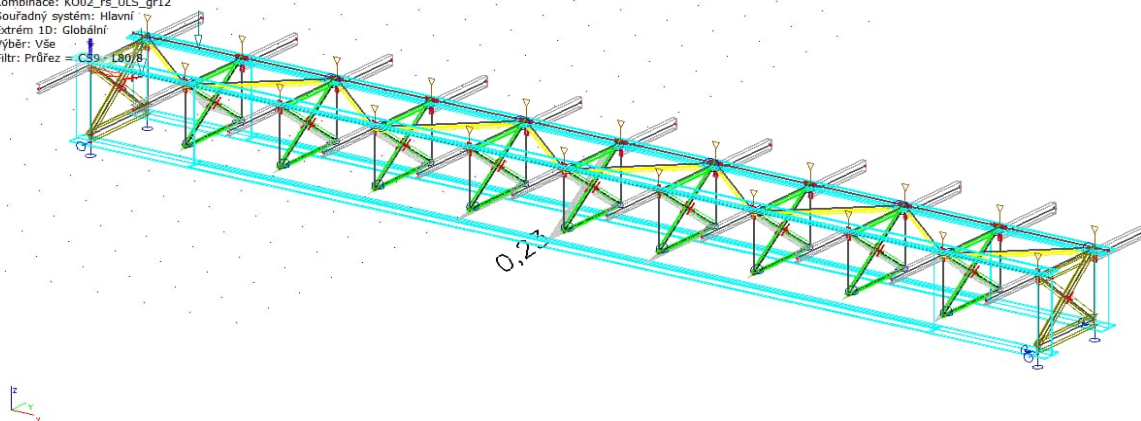
Kombinace: KO02_rs_UIS_gr12

Souřadný systém: Hlavní

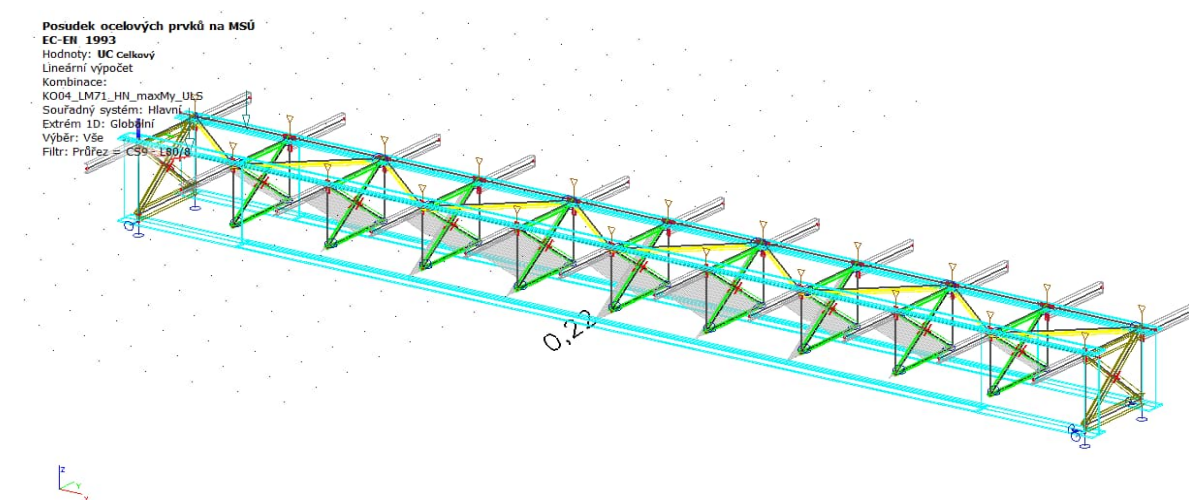
Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = CS9 - L80/8



Obr.: 1-ťkový posudek hlavních nosníků (rs)



Obr.: 1-ťkový posudek hlavních nosníků (LM71)

Posouzení zatížitelnosti:

$$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71}$$

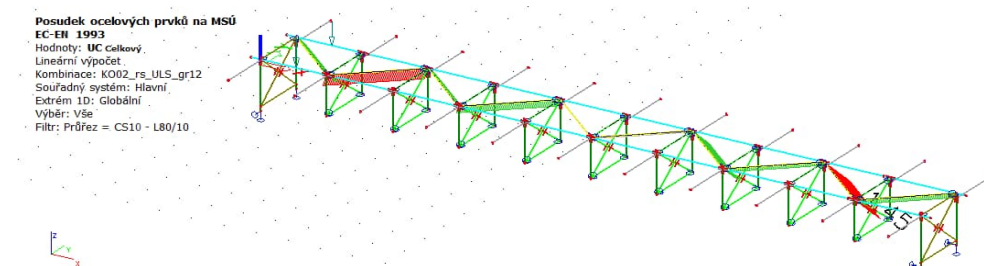
$$\eta_{1,rs} = 0,23$$

$$\eta_{1,LM71} = 0,22$$

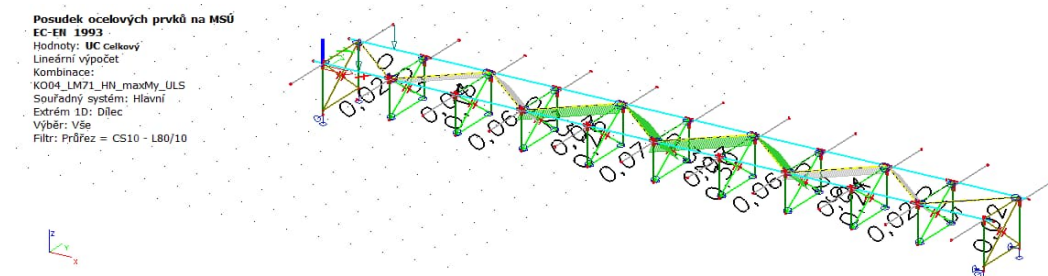
$$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71} = \frac{1 - 0,23}{0,22} = 3,18 > 1,00 \text{ zatížitelnost vyhovuje}$$

► Posouzení podélného diagonální ztužení HN L80x10

- byla posouzena všechna mezilehlá ztužidla, ovšem ve statickém výpočtu je uvedeno jen nejnamáhanější ztužidlo
- rovinný vzpěr byl vzhledem $\gamma_{M1} N_{Ed}/N_{cr} > 0,4$ uplatněn



Obr.: 1-ťkový posudek podélného ztužení HN (rs)



Obr.: 1-ťkový posudek podélného ztužení HN (LM71)

Posouzení zatížitelnosti:

$$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71}$$

$\eta_{1,rs} =$	1,45
$\eta_{1,LM71} =$	0,15

$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71} =$	-3,00	<	1,00	zatížitelnost ani přechodnost nevyhovuje, nutno zesílit kci
--	--------------	---	------	--

► Posouzení podélného diagonálního ztužení HN 2*L80x10 - zesílení stávajícího ztužení

- byla posouzena všechna mezilehlá ztužidla, ovšem ve statickém výpočtu je uvedeno jen nejnamáhanější ztužidlo
- zesílení proběhne pomocí stejného profilu L80x10-S235J2N a sprázení se stávajícím profilem pomocí HRC šroubů M16-8.8 á 250 mm (viz výkresová část)
- rovinný vzpěr byl vzhledem $\gamma_{M1} N_{Ed}/N_{cr} > 0,4$ uplatněn

Posudek ocelových prvků na MSÚ

EC-EN 1993

Hodnoty: UC Celkový

Lineární výpočet

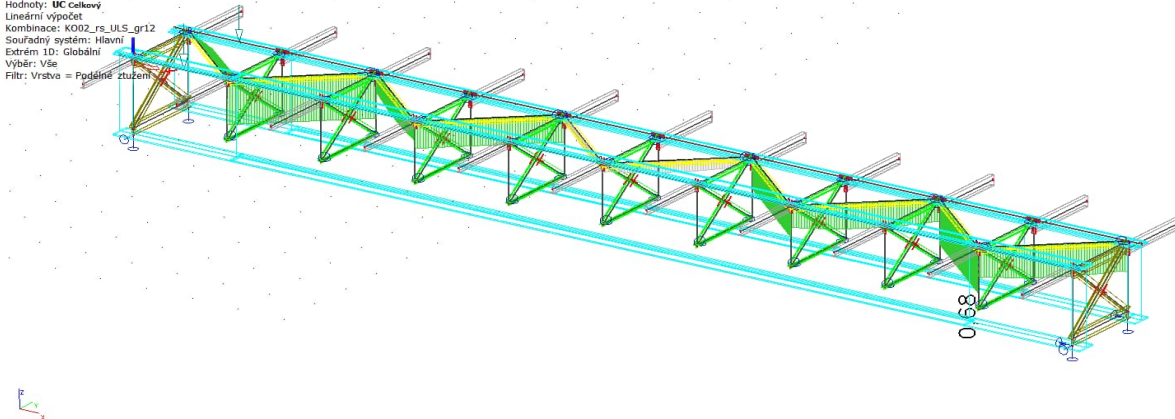
Kombinace: K002_rs_ULS_gr12

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Vrstva = Podélné ztužení



Obr.: 1-ťkový posudek podélného ztužení HN po zesílení (rs)

Posudek ocelových prvků na MSÚ

EC-EN 1993

Hodnoty: UC Celkový

Lineární výpočet

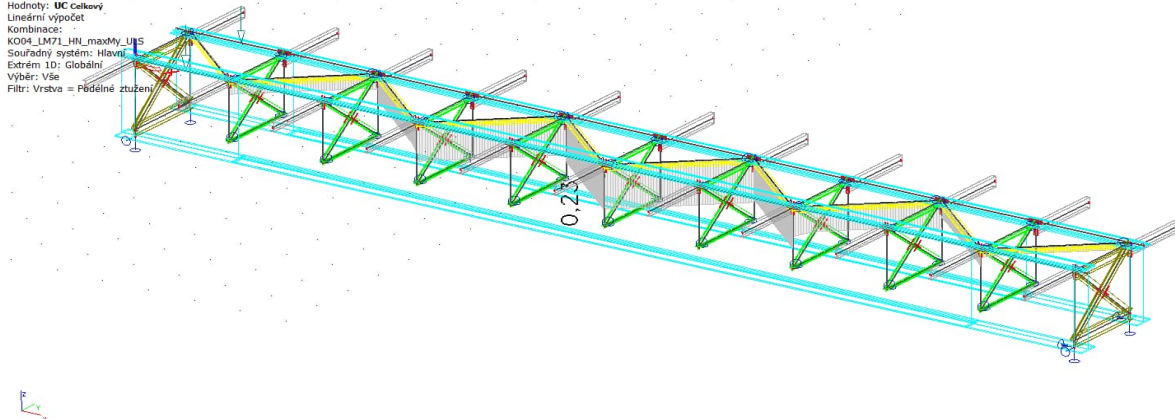
Kombinace: K004_LM71_HN_maxMy_ULS

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Vrstva = Podélné ztužení



Obr.: 1-ťkový posudek podélného ztužení HN po zesílení (LM71)

Posouzení zatížitelnosti:

$$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71}$$

$\eta_{1,rs} =$	0,68
$\eta_{1,LM71} =$	0,23

$Z_{LM71} = 1 - \eta_{1,rs} / \eta_{1,LM71} =$	1,39	>	1,00	zatížitelnost vyhovuje
--	-------------	---	------	-------------------------------

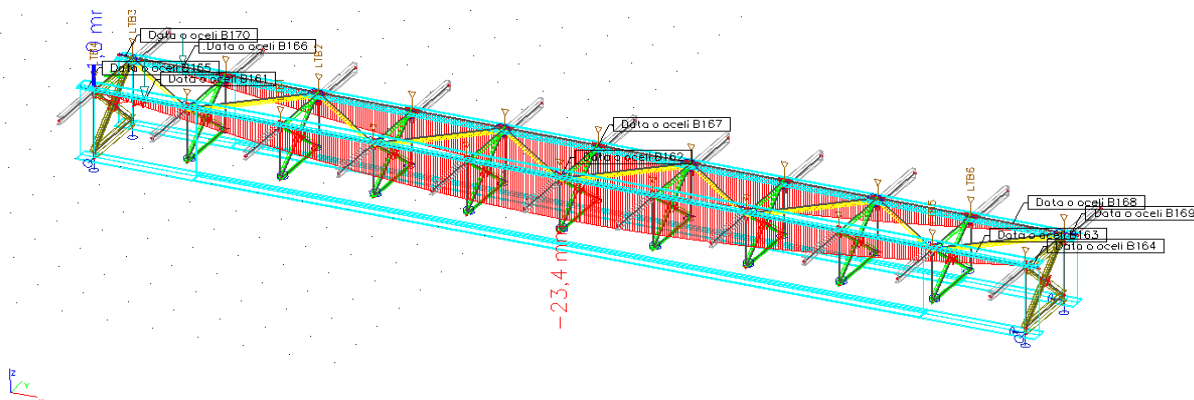
► MSP

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

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

Svislá deformace od charakteristického zatížení, neklasifikované a bez dyn. souč:

23,4 mm



Obr.: deformace δ_{LM71} bez dynamického součinitele

$\alpha =$ 1 ... (pouze pro LM71 a případně SW/0, pro SW/2 je $\alpha = 1,0$)
 $\Phi_2 =$ 1,15 ... dle ČSN EN 1991-2, ed.2 je použit dynamický součinitel Φ_2
 $L =$ 20500 ... teoretické rozpětí NOK v m

$\delta_{lim} = L/600 = 20500 / 600 = 34,2 \text{ mm}$
 $\delta_{LM71} = 23,4 \text{ mm}$
 $\delta_{LM71, celkem} = \delta_{LM71} \cdot \alpha \cdot \Phi_2 = 23,4 \cdot 1 \cdot 1,15 = 26,9 \text{ mm}$

Posouzení

26,9 mm \leq 34,2 mm Využití: 78,7%
 Vyhovuje

Zatížitelnost

stanovena dle směrnice SŽ S5/1

$\alpha =$ 1,0 ... (klasifikační součinitel není uvažován)
 $\delta_{lim} = 34,2 \text{ mm}$... limitní hodnota svislé deformace
 $\delta_{LM71} = 26,9 \text{ mm}$... svislá deformace od LM71, včetně dyn. součinitele
 $\delta_{rs} =$ 10,8 mm ... svislá deformace od ostatních relevantních zatížení (charakteristická kombinace)

$Z_{LM71} = (\delta_{lim} - \delta_{rs}) / \delta_{LM71} = (34,2 - 10,8) / 26,9 = 0,87 < 1,00$ zatížitelnost nevyhovuje, nutno určit přechodnost

Posouzení na přechodnost C3/80:

$\delta_{LM71} = 23,4 \text{ mm}$... statický účinek zatížení od LM71
 $\delta_{C3} = 16,4 \text{ mm}$... statický účinek zatížení od LM71
 $\Phi_{T2} = 1,20$
 $\Phi_2 = 1,15$
 $\Psi = \Phi_{T2} / \Phi_2 = 1,04$
 $\lambda_{LM71} = \delta_{C3} / \delta_{LM71} = 0,70$

$Z_{LM71} = 0,87 > 0,73 = \Psi \lambda_{LM71}$ Vyhovuje na přechodnost C3/85

► Ověření dynamického součinitele

Meze frekvencí

rozpětí $L =$ 20,5 m

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

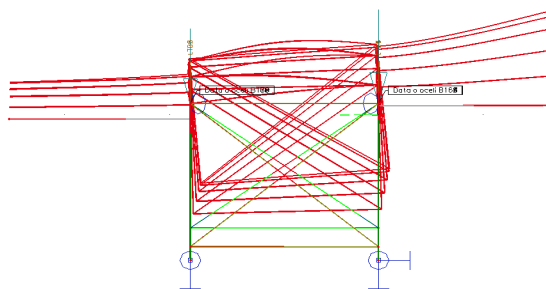
9,90 Hz

dolní mez: $\eta_0 = 80/L$

3,90 Hz

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

9,41 Hz

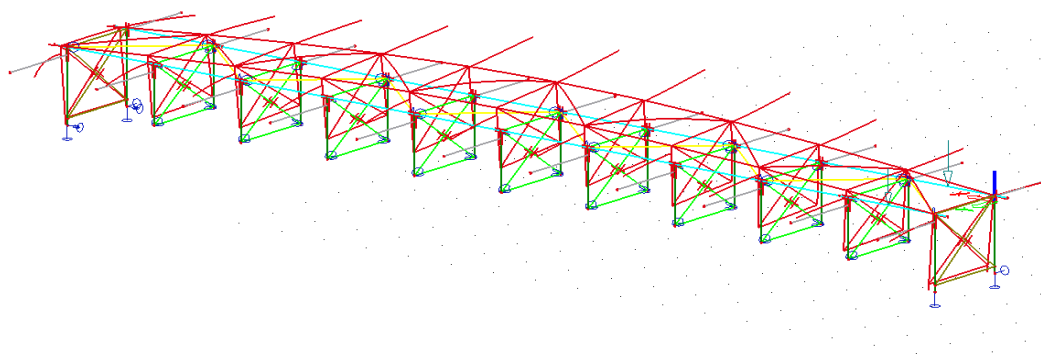


Obr.: Příčný řez 25. vlastní frekvence

Vlastní frekvence

N	f [Hz]	ω [1/s]	ω^2 [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	4,63	29,10	846,73	0,22
2	6,00	37,72	1422,56	0,17
3	6,03	37,91	1436,81	0,17
4	6,04	37,94	1439,52	0,17
5	6,04	37,95	1440,36	0,17
6	6,04	37,96	1440,92	0,17
7	6,04	37,96	1441,02	0,17
8	6,04	37,96	1441,11	0,17
9	6,04	37,96	1441,13	0,17
10	6,06	38,10	1451,72	0,16
11	6,93	43,54	1895,64	0,14
12	6,98	43,85	1923,23	0,14
13	6,99	43,94	1930,79	0,14
14	7,00	43,96	1932,83	0,14
15	7,00	43,97	1933,33	0,14
16	7,00	43,98	1933,95	0,14
17	7,00	43,98	1934,06	0,14
18	7,00	43,98	1934,09	0,14
19	7,01	44,07	1942,32	0,14
20	7,15	44,90	2016,13	0,14
21	7,16	45,01	2025,55	0,14
22	7,98	50,12	2512,36	0,13
23	8,20	51,55	2657,24	0,12
24	8,27	51,98	2701,74	0,12
25	9,41	59,11	3493,87	0,11
26	9,55	60,03	3604,02	0,10
27	11,81	74,23	5510,04	0,08
28	12,66	79,56	6329,25	0,08
29	13,01	81,77	6686,36	0,08
30	13,20	82,96	6882,31	0,08

Obr.: Tabulka prvních 30-ti vlastních frekvencí



Obr.: Axonometrický pohled

3,90 Hz ≤ 9,41 Hz ≤ 9,90 Hz

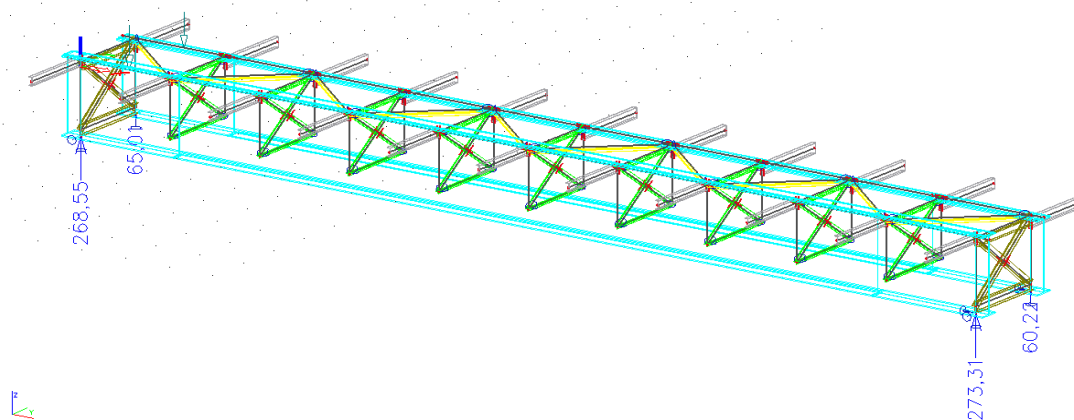
První vlastní frekvence spadá do intervalu limitních normových hodnot

Ve výpočtu tedy zohledňujeme dynamické účinky pomocí dynamického součinitele

► Ověření boční stability s "nezatíženým vlakem"

Rozhodující kombinace pro posouzení překlopení

$0,95 \cdot 1,52 \cdot ZS1 + 0,95 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS9 + 1,3 \cdot 0,8 \cdot ZS5 + 1,3 \cdot 0,8 \cdot ZS6$



obr. Výslednice reakcí od kombinace na boční stabilitu s "nezatíženým vlakem"

>>> **nevznikají tahové reakce - konstrukce je stabilní**

Závěr

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

Pro výpočet svislého dopravního zatížení byl použit model LM71, pro výpočet přechodnosti model C3; D2 a D4

Pro jednotlivé prvky konstrukce je určena zatížitelnost dle směrnice SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů. Minimální rozhodující zatížitelnost byla určena pro hlavní vnější (pravý) nosník (HN.P) a to $Z_{LM71} = 0,80$.

Rovněž byla ověřena přechodnost (přímým výpočtem) provozního zatížení C3; D2 a D4 pro maximální možnou rychlost. **Konstrukce vyhoví na přechodnost C3/85; D2/80 a D4/70.**

V přepočtu bylo uvažováno s úlevou v podobě zatížení větrem dle přílohy G (SŽ S 5/1). Zároveň byla provedena tahová zkouška dle ČSN EN ISO 6892-1 (vzorek odebraný z příčné mezilehlé výztuhy stojiny hlavního nosníku, výsledky zkoušky viz příloha) a výsledná mez kluzu (průměr dle SŽ S 5/1) byla zohledněna ve výpočtu pro stávající hlavní nosníky.

Z výpočtu vyplývá, že při provozním zatížení na všechny jednotlivé prvky, konstrukce vyhoví dle SŽ S 5/1 na výše zmíněné přechodnosti. Doporučujeme i vzhledem ke stáří mostu při pravidelných mostních prohlídkách sledovat zejména Hlavní nosníky v nejnámáhanějších místech (polovina rozpětí, uložení na ložiska, montážní styky).

Zatížitelnost byla určena vzhledem ke stávajícímu stavu mostu (10/2021) a revizní zprávě (06/2020) - 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 (předpoklad max. 35 let) je nutné opět provést kontrolu všech prvků mostu, měření a přepočet mostu. V případě zjištění závad na mostě (při pravidelných nebo mimořádných prohlídkách), např. nadměrné orezivění, deformace, trhliny,... nebo při požadavku na změnu parametrů trati nebo zatížení na mostě v průběhu zbytkové životnosti (předpoklad max. 35 let), je nutné provést nový přepočet mostu, reflektující aktuální stav a provést opatření pro bezpečný provoz železniční dopravy

Vypracoval:

Ing. Štěpán Kameš
skames@sudop-brno.cz

Přehled zatížitelnosti pro část mostu

A. Identifikace mostu

TÚ (číslo, název):2191 Olomouc hl. n. (mimo) - Krnov (mimo)

DÚ:22 Milotice nad Opavou - Brantice

km:77,723

B. Identifikace části mostu

Část mostu: nosná konstrukce

pod kolejí č. : 1

C. Doplnující údaje části mostu

Kategorie zatížitelnosti:C

Výpočetní model:Prostorový prutový model ocelového plnostěnného svařovaného mostu s dřevěnými mostnicemi bez mostovky. Most o 1 poli o rozpětí 20,50 m působící jako prostý nosník.

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

směrové poměry

na začátku

uprostřed

na konci

v oblouku R=285 m

v oblouku R=285 m

v oblouku R=285 m

99,0 mm

99,0 mm

99,0 mm

excentricita vůči ose mostu

112,0 mm

71,0 mm

118,0 mm

Popis závad uvažovaných v přepočtu:

Orezivění ocelových profilů dle podrobné prohlídky mostu (1 mm u stojin u konců mostu)

Datum zjištění technického stavu mostu:

SŽ, s.o.:

2023

zpracovatelem přepočtu:

02/2024

Poznámka k části mostu:
Most v km 77,723 na trati Olomouc - Krnov, nosná konstrukce pod kolejí č.1

Poř. č.	Prvek (včetně umístění)	Detail	namáhání	k _i	typ	L _p	Φ ₃	L _Φ	Y _{Q,LM71}	Y _{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
2	HN-hlavní nosník pravý/vnější	horní pásnice (x=L/2)	σ _E - srovnávací napětí	1	M	20,5	1,23	20,5	1,30	-	22	0,80	-	Přechodný pro C3/85; D2/80 a D4/70. Uvažována skutečná mez kluzu oceli viz zkouška
3	HN-hlavní nosník pravý/vnější	stojina (x=L/2)	σ _E - srovnávací napětí (lokální + globální účinky)	1	M	20,5	1,23	20,5	1,30	-	24	1,53	-	
4	HN-hlavní nosník pravý/vnější	stojina (x=L)	σ _E - srovnávací napětí	1	V	20,5	1,23	20,5	1,30	-	25	1,92	-	
5	koncové příčné ztužení HN (x=L/2)	plocha průřezu (x=0)	σ _E - srovnávací napětí	1	M	20,5	1,23	20,5	1,30	-	26	>3	-	
6	mezilehlé příčné ztužení HN (x=L/2)	plocha průřezu (x=L/2)	σ _E - srovnávací napětí	1	M	20,5	1,23	20,5	1,30	-	27	>3	-	
6	mezilehlé podélné ztužení HN (x=L/2)	plocha průřezu (x=L/2)	σ _E - srovnávací napětí	1	M	20,5	1,23	20,5	1,30	-	27	1,39	-	Po zesílení na 2*L80x10
7	HN-hlavní nosník pravý/vnější	dolní pásnice (x=L/2)	δ - průhyb	1	M	20,2	1,23	20,5	1,00	-	28	0,87	-	Přechodný pro C3/85; D2/80 a D4/70

Dne:31/8/2024

zatížitelnost určil:


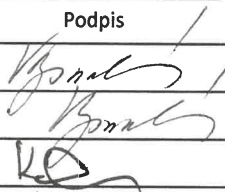
Ing. Štěpán Kameš

PROTOKOL O ZKOUŠENÍ

ke zkušebnímu listu č.

946.30/2019/01/C/02

Číslo protokolu	5503U24
Strana č. /počet stran	1 / 2

ZÁKAZNÍK Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1, Nové Město CZ				POPIS: MOST KM 77,723 ROZMĚR: MATERIÁL: VZORKY: 1 - 3 , odebrány z jednoho směru 4 - 6, odebrány kolmo na vzorky 1 - 3				Číslo zk. zařízení a měřidel		Zkušební normy ČSN EN ISO 6892-1 A224												
								946.30/014	946.30/142 946.30/235													
Zakázka Objednávka č. 24_635100056				VÝKRES: TZ: POZNÁMKA: HABEŠ TÚ 2191				Zástupce přejímací organizace														
Požadované hodnoty mechanických vlastností		Teplota [°C]	Mez kluzu [MPa]	Pevnost Rm [MPa]	Tažnost A 50 [%]	Jiné požadavky				Rychlost do meze kluzu		Max. en. kládava										
		+20	R R p0,2 R																			
										QI-VTC.30 GEN-0004												
Číslo vzorku	Místo odběru	Směr vláken	Číslo tavby	Původ tavby	Druh výrobku	Tloušťka	Zkušební teplota	Materiál	Tepelné zpracování	Rozměry zkušební tyče		Zatížení na mezi kluzu	ZKOUŠKY TAHEM		ZKOUŠKY RÁZEM V OHYBU			JINÉ ZKOUŠKY				
										Před zkouškou Tloušťka Šířka Průřez Délka Po zkoušce Tloušťka Šířka Průřez Délka		Max. zatížení	Mez kluzu	Mez pevnosti	Tažnost	Kontrakce	Směr vláken	Typ tyče	teplota	Nárazová práce	Vrubová houževnatost	
						mm	°C			mm	mm ²	mm	kN	MPa	%			°C	J	J/cm ²		
77							20			5,00	19,6	25,0	5,38	274	412	38,8	64,0					
1										3,00	Prům.	7,1	34,7	8,08								
"										5,00	Prům.	19,6	25,0	5,45	278	410	35,6	66,4				
2										2,90	Prům.	6,6	33,9	8,06								
"										5,00	Prům.	19,6	25,0	5,39	Rp0,2	411	39,6	61,6				
3										3,10	Prům.	7,5	34,9	8,07	275	411	39,6	61,6				
"										5,00	Prům.	19,6	25,0	5,49	280	412	36,8	64,0				
4										3,00	Prům.	7,1	34,2	8,09								
POZNÁMKY Směr vláken: 1 (L) - podélně 2 (Q) - příčně 3 (T) - tangenciálně 9 (N) - jiné případy												Funkce ZKOUŠEL Zkušební technik VYSTAVIL Zkušební technik KONTROLOVAL A SCHVÁLIL Zkušební technik		Jméno Ing. Eva Vysocká Ing. Eva Vysocká Bc. Martin Kubica		Podpis 		Rok	Měs.	Den		
Datum přijetí: 24. 9. 2024												PROHLÁŠENÍ: Dosažené výsledky se týkají pouze zkoušené položky tj. vzorku, jak byl přijat. Laboratoř neodpovídá za odběr vzorku a za data dodaná zákazníkem. Protokol je možno reprodukovat pouze celý, jinak s písemným souhlasem laboratoře		24		09		25				

Strana č. /počet stran 2 / 2

[illegible]