

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Konstrukce a dopravní stavby

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Prohlídka a zatížitelnost železničního mostu v km 108,493

na trati Česká Lípa - Liberec

The inspection and load capacity assessment of the railway bridge

Vyhotovil: Radek Sklenář

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Ryjáček Ph.D.

Květen 2016



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Sklenář	Jméno: Radek	Osobní číslo: 395955
Zadávací katedra: K134		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Prohlídka a zatížitelnost železničního mostu v Jablonném v Podještědí	
Název bakalářské práce anglicky: The inspection and load capacity assesment of the railway bridge in Jablonné v Podještědí	
Pokyny pro vypracování: Prohlídka železničního mostu na na TU1141, km 108,493, studium archivní dokumentace a ověření základních rozměrů, vytvoření výpočetního modelu a stanovení zatížitelnosti a přechodnosti pro traťovou třídu, prověření C2/75	
Seznam doporučené literatury: - ČSN EN 1991-2, ČSN EN 1993-2 - Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů, SŽDC, 2015	
Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 25.2.2016	Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2016
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ/ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

25.2.2016	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

16.květen 2016

.....
Radek Sklenář

Poděkování

Děkuji panu doc. Ing. Pavlu Ryjáčkovi Ph.D. za jeho odborné vedení a užitečné rady při zpracování bakalářské práce. Dále děkuji své rodině za vřelou podporu během celého studia. Speciální poděkování patří Michalu Bartůňkovi za gramatickou a stylistickou kontrolu této práce.

Obsah

1. ÚVOD.....	1
2. ZPRÁVA O PROHLÍDCE MOSTU.....	2
2.1. Identifikační údaje mostu.....	2
2.2. Popis objektu.....	3
2.2.1. Základní údaje o mostním objektu.....	3
2.2.2. Popis nosné konstrukce a jejího ztužení.....	4
2.2.3. Popis spodní stavby.....	7
2.2.4. Železniční svršek.....	10
2.2.5. Mostní vybavení.....	12
2.2.6. Prostorové uspořádání na objektu a pod ním.....	13
2.3. Popis závad a poruch.....	14
2.3.1. Stav nosné konstrukce.....	14
2.3.2. Stav spodní stavby.....	15
2.3.3. Stav železničního svršku.....	17
2.3.4. Stav vybavení.....	18
2.3.5. Přechody do trati.....	19
2.4. Hodnocení stavebního stavu jednotlivých částí.....	19
2.4.1. Hodnocení nosných konstrukcí.....	19
2.4.2. Hodnocení spodní stavby.....	19
2.5. Hodnocení stavebního stavu objektu.....	19
2.5.1. Nosná konstrukce.....	20
2.5.2. Spodní stavba.....	20
3. VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI.....	20
3.1. Výpočetní model.....	20
3.1.1. Hlavní nosníky.....	22
3.1.2. Uložení hlavních nosníků.....	22
3.1.3. Příčné ztužení.....	23
3.1.4. Podélné ztužení.....	24

3.1.5	Mostnice	25
3.1.6	Kolejnice	26
3.2	Výpočet zatížení	26
3.2.1	Materiál	27
3.2.2	Vlastní tíha nosné konstrukce	27
3.2.3	Ostatní stálé zatížení	28
3.2.4	Proměnná zatížení dopravou	33
3.2.5	Zatížení větrem	36
3.3	Kombinace zatížení	37
3.3.1	Dílčí součinitele zatížení	37
3.3.2	Sestavy zatížení	38
3.3.3	Kombinace zatížení	38
3.4	Výpočet a posouzení únosností a zatížitelností	39
3.4.1	Hlavní nosník	40
3.4.2	Příčné ztužení	47
3.4.3	Podélné ztužení	51
3.4.4	Přehled zatížitelnosti	56
3.5	Posouzení stability polohy	57
4.	ZÁVĚR	59
	SEZNAM FOTODOKUMENTACE	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM TABULEK	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	64
	SEZNAM PŘÍLOH	65

ANOTACE

Bakalářská práce je věnována popisu technického a konstrukčního řešení hlavní nosné konstrukce ocelového železničního jednokolejového mostu, složené ze dvou prostě uložených ocelových plnostěnných svařovaných nosníků, příčného a podélného ztužení, včetně mostního vybavení, zděných kamenných opěr a železničního svršku. Dále pak popisuje vady a poruchy a hodnotí stavební stav objektu. V poslední řadě představuje výpočetní model, zatížený všemi přítomnými zatíženími, posuzuje jeho jednotlivé prvky a určuje jejich zatížitelnost Z_{LM71} .

ANNOTATION

Bachelor's thesis is dedicated to the technical and constructional solution of main structure of steel single-track railway bridge, consisting of two simply stored welded steel girders, lateral and longitudinal stiffeners, including the bridge equipment, stone masonry abutments and superstructures. Further, it describes the defects and evaluates the building condition of the object. In the end, it presents a computational model, loaded by all current loads, assessment of individual elements and the determination of their carrying capacities Z_{LM71} .

KLÍČOVÁ SLOVA

ocelový, svařovaný, most, LM71, zatížitelnost, Z_{LM71} , model

KEYWORDS

steel, welded, bridge, LM71, capacity, Z_{LM71} , model

1. ÚVOD

Práce se věnuje detailnímu popisu technického stavu objektu ocelového železničního jednokolejového mostu, ležícího v širé trati na traťovém úseku TÚ 1141 - evd. km 108,493 v Brništi - Jablonném v Podještědí. Obsahuje jeho hodnocení z pohledu vad a poruch a následné posouzení únosnosti a určení zatížitelnosti rozhodujících prvků.

V první části se zabývá technickým a konstrukčním řešením hlavní nosné konstrukce, která se skládá ze dvou prostě uložených ocelových plnostěnných svařovaných nosníků, svislého příčného ztužení a vodorovného zavětrování spolu s mostním vybavením, kamenných zděných opěr a železničního svršku.

V další kapitole jsou popsány vady a poruchy jednotlivých částí mostního objektu doplněné fotodokumentací. Následovány dosavadním hodnocením stavebního stavu na základě provedené prohlídky.

Další část představuje popis výpočetního modelu vytvořeného v programu SCIA Engineer a výpočet zatížení s jeho vyobrazením na vymodelovaném objektu v daném programu. Dle výsledných vnitřních sil vypočtených programem, jsou provedeny posudky jednotlivých prvků mostního objektu. Zatížitelnost je provedena pro hlavní nosníky a podélné zavětrování, protože tyto prvky mají z pohledu zatížení vnitřními silami a únosnosti zásadní vliv na zatížitelnost.

Cílem předkládané práce je především zjištění skutečného stavebního stavu objektu a jeho hodnocení. Vypracování odpovídajícího výpočetního modelu, který nejlépe vystihuje skutečné chování konstrukce a následné určení zatížitelnosti mostní konstrukce.

2. ZPRÁVA O PROHLÍDCE MOSTU

2.1. Identifikační údaje mostu

Vžitý název	Brniště 1
Poloha	TÚ 1141 Česká Lípa hl. n. - Liberec, evd. km 108,493
Obec	Brniště
Kraj	Liberec
Katastrální území	Liberec

FOTO 1 - Pohled na celý most zprava



2.2 Popis objektu

2.2.1. Základní údaje o mostním objektu

Most v km 108,493 na trati Česká Lípa - Liberec se nachází v obci Brniště v blízkosti vlakové zastávky asi 200 m směrem na Českou Lípou na jednokolejně neelektrifikované trati. Jedná se o inundační most. Traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí je C2-90. Rozchod koleje je 1492 mm. Původní ocelová konstrukce byla v roce 1989 nahrazena novou; aktuální, která odpovídala v té době platným normám z hlediska MPP a únosnosti. Tehdy byla provedena poslední protikorozní ochrana. Od tohoto roku neproběhl žádný zásah do návrhu a funkčnosti mostu.

Základní číselné údaje:

Souřadnice středu objektu: GPS: 50°43'27.040''N, 14°43'27.631''E

Délka mostu: 42,55 m

Šířka mostu: 6,20 m

Výška objektu: 5,30 m

Délka přemostění: 30,65 m

Úhel křížení: cca 45°

Objekt: šikmý - šikmost pravá

Počet kolejí: 1

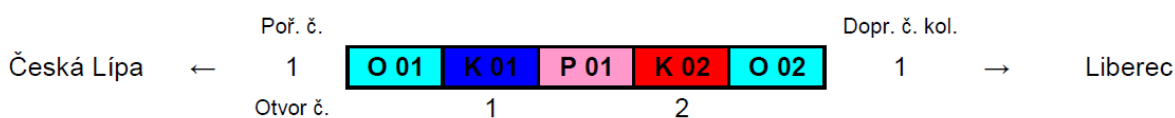
Počet nosných konstrukcí: 2

Počet otvorů: 2

Přemostěná překážka: otvor č.1 - inundace a otvor č.2 - inundace

Rychlost na mostě / rychlost traťová: 75/90 km/h

Schéma mostního objektu:



2.2.2. Popis nosné konstrukce a jejího ztužení

1. Nosná konstrukce - K01 - otvor č.1 - ocelová, trémová plnostěnná, prostá, svařovaná konstrukce, bez mostovky, kolmé ukončení

Hlavní nosníky

Nosnou konstrukci bez mostovky tvoří dva plnostěnné svařované nosníky s výškou stojiny 1350 mm o tloušťce 14 mm a přivařené horní i dolní pásnice šířky 450 mm a tloušťky 25 mm. K horním i dolním pásnicím jsou po většinové délce (kromě míst uložení) přivařeny podélné výztuhy šířky 400 mm a tloušťky 20 mm. Na horních pásnicích jsou přivařené úložné lišty (50x50 mm) centrického uložení mostnic. Nad podporami je spodní pásnice postupně rozšířena v délce 800 mm až na šířku 560 mm. Nosníky jsou vyztuženy svislými výztuhami z plechu tl. 10 mm, vzdáleny 1,05 m. Minimální vzdálenost hl. nosníků od závěrné zdi O01 je: vlevo = 90 mm a vpravo = 90 mm. Uložení je ložiskové, tvořené ocelovými vahadlovými ložisky soupravy ŽM - 16 (MB 85); která jsou na opěře O01 pevná a na pilíři P01 posuvná válcová (2 válce).

Základní rozměry nosné konstrukce K01:

Délka hlavních nosníků:	17,20 m
Výška hlavních nosníků (bez úložných lišt):	1,44 m
Rozpětí:	16,80 m
Osová vzdálenost hlavních nosníků:	1,80 m
Stavební výška:	1,971 m

Příčné ztužení

Svislé příčné ztužení je zajištěno příhradovými svařovanými ztužidly, jejichž horní příruby sestávají z jednoho profilu L100x10 a dolní z profilu L100x12. Dvě diagonály spojené koncem v polovině dolní příruby jsou z profilů L100x10. U hlavních nosníků jsou prvky ztužení přivařeny na svislé výztuhy, diagonály jsou v polovině spodní příruby přivařeny ke styčnickovému plechu 330x500 mm, tl. 10 mm. U koncového ztužidla je uvažováno se zatížením zvedáky při případném zdvihání OK, proto je dolní prut průřezu 2xU160 - svařených k sobě a vytvářejících "I" průřez.

Číselné údaje o ztužidlech:

Počet:	9 ks
Délka horních přírub:	1,69 m
Délka dolních přírub:	1,72 m
Délka diagonál:	1,1 m (1,06 m u koncových)
Osové vzdálenosti:	2,10 m

Podélné ztužení

Vodorovné podélné ztužení zajišťuje základní svislicová soustava v horní úrovni hlavních nosníků. Diagonály tvoří jednoduché rovnoramenné úhelníky L140x140x14 a L120x120x12m, které jsou přivařeny ke styčnickovým plechům tl. 10 mm.

Číselné údaje:

Počet koncové L140:	4 ks
Počet mezikoncových L120:	4ks
Délka koncových:	2,45 m
Délka mezikoncových:	2,49 m

2.Nosná konstrukce - K02 - otvor č.2 - ocelová, trámová plnostěnná, prostá, svařovaná konstrukce, bez mostovky, kolmé ukončení

Geometrie a uspořádání obou ocelových konstrukcí je shodná. Rozdíl je pouze ve vzdálenostech hlavních nosníků od závěrných zdí jednotlivých opěr.

Hlavní nosníky

Nosnou konstrukci bez mostovky tvoří dva plnostěnné svařované nosníky s výškou stojiny 1350 mm o tloušťce 14 mm, přivařené horní i dolní pásnice šířky 450 mm a tloušťky 25 mm. K horním i dolním pásnicím jsou po většinové délce (kromě míst uložení) přivařeny podélné výztuhy šířky 400 mm a tloušťky 20 mm. Na horních pásnicích jsou přivařené úložné lišty (50x50 mm) centrického uložení mostnic. Nad podporami je spodní pásnice postupně rozšířena v délce 800 mm až na šířku 560 mm. Nosníky jsou vyztuženy svislými výztuhami z plechu tl. 10 mm, vzdáleny 1,05 m. **Minimální vzdálenost hl. nosníků od**

závěrné zdi O02 je: vlevo = 200 mm a vpravo = 180 mm. Uložení je ložiskové, tvořené ocelovými vahadlovými ložisky soupravy ŽM - 16 (MB 85); **kteřá jsou na pilíři P01 pevná a na opěře O02 posuvná válcová (2 válce).**

Základní rozměry nosné konstrukce K01:

Délka hlavních nosníků:	17,20 m
Výška hlavních nosníků (bez úložných lišt):	1,44 m
Rozpětí:	16,80 m
Osová vzdálenost hlavních nosníků:	1,80 m
Stavební výška:	1,971 m

Příčné ztužení

Svislé příčné ztužení je zajištěno příhradovými svařovanými ztužidly, jejichž horní příruby sestávají z jednoho profilu L100x10 a dolní z profilu L100x12. Dvě diagonály spojené koncem v polovině dolní příruby jsou z profilů L100x10. U hlavních nosnících jsou prvky ztužení přivařeny na svislé výztuhy, diagonály jsou v polovině spodní příruby přivařeny ke styčnickovému plechu 330x500 mm, tl. 10 mm. U koncového ztužidla je uvažováno se zatížením zvedáky při případném zdvihání OK, proto je dolní prut průřezu dvojitých U160 - svařených k sobě a vytvářejících "I" průřez.

Číselné údaje o ztužidlech:

Počet:	9 ks
Délka horních přírub:	1,69 m
Délka dolních přírub:	1,72 m
Délka diagonál:	1,1 m (1,06 m u koncových)
Osové vzdálenosti:	2,10 m

Podélné ztužení

Vodorovné podélné ztužení zajišťuje základní svislicová soustava v horní úrovni hlavních nosníků. Diagonály tvoří jednoduché rovnoramenné úhelníky L140x140x14 a L120x120x12m, které jsou přivařeny ke styčnickovým plechům tl. 10 mm.

Číselné údaje:

Počet koncové L140:	4 ks
Počet mezikoncových L120:	4ks
Délka koncových:	2,45 m
Délka mezikoncových:	2,49 m

FOTO 2 - Pohled na ztužidla a nosníky



2.2.3 Popis spodní stavby

Opěra O 01

Opěra O1 se skládá z dříku, úložného prahu, závěrné zdi a dvou křídel; z jedné strany šikmé, z druhé kolmé. Materiálem dříku je kamenné zdivo pravidelně řádkované, navíc v horní části pod úložným prahem je beton. Úložný práh je ze železobetonu s povrchovou úpravou. Závěrná zeď též ze železobetonu s výklenkem pro pozednici. Levé křídlo je svahované šikmé s šikmým lícem ze stejného kamenného řádkového zdiva jako dřík plus s betonem v horní části. Pravé křídlo též svahované s šikmým lícem, ale kolmé. Materiál stejný. Za oběma křídly se nachází prudký zemní svah náspu. Rok výstavby není na objektu uveden, ovšem předpokládá se zhruba 1900. V roce 1990 proběhla částečná přestavba, kterou podkládá tabulka zhotovitele na úložném prahu

vpravo (Mostní obvod Ústí nad Labem). Odvodnění opěry je řešeno několika otvory ve zdivu dříku (2x), v křídle vlevo (2x) s v pravém křídle (1x).

Rozměry:

Šířka opěry:	6,35 m
Výška dříku opěry - vlevo:	1,40 m
Výška dříku opěry - vpravo:	1,42 m
Výška úložného prahu:	0,90 m
Délka úložného prahu (v ose koleje):	2,05 m
Výška závěrné zdi:	2,10 m

FOTO 3 - Opěra O 01



Pilíř P01

Pilíř se rovněž jako opěra O 01 skládá ze dřívku z kamenného řádkového zdiva s betonovou vrstvou pod úložným prahem, který je železobetonový s povrchovou úpravou. Předpokládaný rok výstavy je opět kolem 1900 a v roce 1990 proběhla částečná oprava.

Rozměry:

Šířka:	6,25 m
Výška dřívku z otvoru č.1 - vlevo i vpravo:	1,58 m
Výška dřívku z otvoru č.3 - vlevo/vpravo:	1,35 / 1,70 m
Výška úložného prahu:	0,80 m
Délka pilíře (v ose koleje):	3,40 m

FOTO 4 - Pilíř P 01



Opěra O02

Opěra O2 se opět skládá z dřívku, úložného prahu, závěrné zdi a dvou křídel; z jedné strany šikmé, z druhé kolmé. Materiálem dřívku je kamenné řádkové zdivo, navíc v horní části pod úložným prahem betonová vrstva. Úložný práh je ze železobetonu s povrchovou úpravou. Závěrná zeď ze železobetonu s výklenkem pro pozednici. **Levé křídlo** je svahované **kolmé** s šikmým lícem ze

stejného kamenného řádkového zdiva jako dřík plus s betonem v horní části. **Pravé křídlo** též svahované s šikmým lícem, ale **šikmé**. Materiál stejný. Za oběma křídly se nachází prudký zemní svah náspu. Rok výstavby není na objektu uveden, ovšem předpokládá se zhruba 1900. V roce 1990 proběhla částečná přestavba. Odvodnění opěry je řešeno několika otvory ve zdivu dříku (2x) a v obou křídlech po jednom otvoru.

Rozměry:

Šířka opěry:	6,35 m
Výška dříku opěry - vlevo:	1,40 m
Výška dříku opěry - vpravo:	1,47 m
Výška úložného prahu:	0,90 m
Délka úložného prahu (v ose koleje):	2,02 m
Výška závěrné zdi:	2,10 m

FOTO 5 - Opěra O 02



2.2.4 Železniční svršek

Kolej č.1

Bezстыková kolej je po délce mostu vedena v přímé, přičemž niveleta koleje stoupá. Železniční svršek tvoří kolejnice S49 s žebrovým tvarem podkladnic, pod kterými jsou u otvorů pro vrtule umístěny dvojité pružné kroužky. Pozednice a mostnice jsou z tvrdého dřeva. Před a za mostem jsou v průběhu délky

výběhů pojistných úhelníků dřevěné pražce, dále betonové pražce. Pojistné úhelníky profilu L160x100x14 mm mají celkovou délku 59,10 m. Na začátku jsou prodlouženy směrem do tratě o 11,80 m od líce závěrné zdi a na konci o 12,05m. Jsou připevněné dvěma vrtulemi, mají skryté šroubované spoje, mohou dilatovat a jsou ukončeny dřevěným klínem. Vzdálenost PÚ od pojižděné hrany kolejnic vlevo i vpravo je 180 mm. Před i za mostem je otevřené kolejové lože.

Údaje o mostnicích a pozednicích:

Mostnice na K01:

Počet:	30 ks
Rozměry:	240x250x2400 mm
Světlost:	300 - 330 mm
Uložení, upevnění:	Centrické uložení na hlavních nosnících. Mostnicová sedla jsou k mostnicím připojena dvěma vodorovnými šrouby.

Mostnice na K02:

Počet:	30 ks
Rozměry:	240x250x2400 mm
Světlost:	300 - 330 mm
Uložení, upevnění:	Centrické uložení na hlavních nosnících. Mostnicová sedla jsou k mostnicím připojena dvěma vodorovnými šrouby.

Pozednice na O01:

Rozměry:	250x250x2600 mm
Osově první pražec - pozednice:	660 mm
Osově pozednice - první mostnice na K01:	610 mm

Pozednice na O02:

Rozměry:	250x250x2600 mm
Osově 30. mostnice na K02 - pozednice:	740 mm
Osově pozednice - první pražec:	600 mm

FOTO 6 - Uložení mostnic



FOTO 7 - Upevnění na pozednice



2.2.5 Mostní vybavení

Podlahy

Podlahy jsou mezi kolejnicemi, na chodnicích a na hlavách mostu společné na K01 a K02. Jsou sestaveny z ocelových plechů tloušťky 6 mm s oválnými výstupky, připojené vruty, vrtulemi a šrouby. Podlahy na chodnicích jsou nesené podélnými podlahovými nosníky (3 ks) z U100 profilů, které jsou podepřeny mostními chodníkovými konzolami typu U200 profilu. Ty jsou připojeny přesnými šrouby k svislým výztuhám hlavních nosníků.

Zábradlí na K01 a na K02 vlevo i vpravo, na O01 vlevo a na O02 vpravo

Zábradlí jsou po celé délce mostu ocelová, přičemž na K01 a na K02 šroubovaná, zatímco na opěrách svařovaná přímo na chodníkové konzoly. Jsou sestavena ze sloupků profilů L70x6 a podélných madel ve třech výškových úrovních rovněž z profilů L70x6. Zábradlí mají přímý půdorysný tvar.

Číselné údaje:

Výšky zábradlí nad pochozí plochou:	1,10 m vlevo i vpravo
Délky zábradlí vlevo (tzn. O01+K01+K02):	3,37 m + 17,40 m + 17,68 m
Délky zábradlí vpravo (tzn. K01+K02+O02):	17,88 m + 17,65 m + 3,26 m
Počet sloupků:	vlevo 2 + 9 + 9, vpravo 9 + 9 + 2

Odvodňovací a odpadní zařízení

Vzhledem k tomu, že se jedná o most bez mostovky, nenachází se žádná odvodňovací zařízení na OK. Při spodní stavbě jsou instalovány odvodňovací otvory v opěrách a ve svahových křídlech.

Jiná a cizí zařízení v okolí objektu

Oboustranně pod chodníkovými podlahami na mostních chodníkových konzolách jsou umístěny podélné ocelové kabelové žlaby. Terén pod mostem má vlastnosti těžko prostupného mokřadu a po obvodu pilíře je kamenný zához.

FOTO 8 - Pohled ve směru staničení



FOTO 9 - Pohled proti směru staničení



2.2.6. Prostorové uspořádání na objektu a pod ním

2.2.6.1. Prostorové uspořádání na objektu

Poloha osy koleje k ose K01:

Mezi 1. a 2. mostnicí: posun vlevo o 25 mm

Mezi 29. a 30. mostnicí bez posunu

Poloha osy koleje k ose K02:

Mezi 1. a 2. mostnicí: bez posunu

Mezi 29. a 30. mostnicí posun vlevo o 30 mm

Vzdálenost vnitřního líce zábradlí na K01 od osy koleje:

	na začátku	na konci
vlevo	2996 mm	3029 mm
vpravo	3035 mm	3032 mm

Vzdálenost vnitřního líce zábradlí na K02 od osy koleje:

	na začátku	na konci
vlevo	3021 mm	3018 mm
vpravo	3031 mm	3067 mm

Vzdálenost vnitřního líce zábradlí na opěřích od osy koleje:

	na O 01	na O 02
vlevo	2997 mm	-----
vpravo	-----	3069 mm

2.2.6.1. Prostorové uspořádání pod objektem

Kolmá světlost otvoru č.1 i č.2 je 10,00 m a šikmá světlost otvoru č.1 i č.2 je 13,62 m. Volná výška nad terénem je v otvoru č.1 - 2,70 m a v otvoru č.2 - 2,88 m.

2.3. Popis závad a poruch

2.3.1 Stav nosné konstrukce

Konstrukce K 01

Nebyly nalezeny žádné poruchy, které by mohly ve větším měřítku ovlivnit únosnost resp. zatížitelnost hlavní nosné konstrukce. Mostní chodníková konzola č.8 vlevo je odříznutá. Vizuální prohlídka svarů odhalila, že všechny svary jsou nepoškozené, pouze okolo svarů se nachází poškozená protikorozi ochrana. Stav PKO je největší závadou na této nosné konstrukci. Na stěnách hlavních nosníků je vidět prorezavění nebo odloupaní nátěru 50 - 200 mm nad dolními pásy až na 100 % plochy (Ri 5), všeobecně na stěnách hl. nosníků na cca 30 % plochy (Ri 5). Na horních pásech nosníků z podhledu na cca 70 % plochy (Ri 5), na prvcích ztužení na < 10 % (Ri 4). Dále na chodníkových konzolách nátěr rezne na 60 - 80 % plochy (Ri 5). Na jiných vodorovných plochách je PKO mírně zanešená a odloupaná. Prohlídka ložisek odhalila jejich prorezavění a opět odloupaní PKO nátěru na 10 - 20 % plochy (Ri 4). Chování konstrukce při průjezdu vlaku je vcelku klidné, dochází pouze k malým pohybům mostnic a mostnicových sedel (viz. dále).

Konstrukce K 02

Tato část mostu vykazuje stejné poruchy jako K 01. Největším problémem je mizící PKO. Chodníkové konzoly jsou všechny na svém místě.

FOTO 10 - Rez v pohledu



FOTO 11 - Rez u svaru



FOTO 12 - Rez na nosné konstrukci



FOTO 13 - Rez na ložisku



2.3.2 Stav spodní stavby

Opěra O 01

Povrch zdiva v dolní části dříku je zašpiněný a porostlý mechem. Na úložném prahu vlevo se objevily místní trhlinky šířky 0,1 mm s výluhy pojiva. Vpravo je zviditelněná pracovní spára šířky 1 - 1,5 mm. Celkově je úložný práh mírně zanesený a porostlý mechem. Závěrná zeď vykazuje pouze ojedinělé výluhy pojiva mezi zdivem. Pravé křídlo má místy popraskané a odtržené spárování, ojediněle degradované. Celé je porostlé mechem. Levé křídlo má též místy popraskané a odtržené spárování a v jeho betonové části je ojediněle vylouhované pojivo. Opět je celé porostlé mechem.

Pilíř P 01

Po obvodu v dolní části pilíře je povrch zdiva zašpiněný a porostlý mechem. V krajní části pilíře vpravo, ze strany obou otvorů, je spárování místy popraskané a odtržené. Zde vznikly ve spárách stupňovité trhliny. Úložný práh vykazuje podobný stav jako dřík pilíře. Z otvoru č.1 vpravo se nachází místní trhlinky šířky 0,1 mm s výluhy pojiva. Z otvoru č.2 vlevo je vidět jediná trhlina šířky 0,1 mm též s výluhem pojiva. Celkově je úložný práh mírně zanesený mechem porostlý. U vybetonovaných úprav prahu je povrch betonu degradován, konkrétně horní plocha.

Opěra O 02

V jednom místě pod betonovou vrstvou pod úložným prahem proběhl výluh pojiva. Závěrní zed' nejeví známky poruch či degradací. Úložný práh je mírně zanesen a porostlý mechem, na občasných místech vyrůstá drobná vegetace. Na pohledu úložného prahu, části přesahující líc dříku, je odhalená výztuž. Pravé i levé křídlo má popraskané spárování, místy odtržené. V jednotlivých spárách je degradovaná zdící malta do hloubky 30 - 70 mm. Ze spár vyrůstá drobná vegetace. V betonové části levého křídla jsou trhliny délky 1 - 3 mm. Obě křídla jsou zčásti porostlé mechem.

FOTO 14 - Odhalená výztuž na O 01



2.3.3 Stav železničního svršku

Kolej č.1

Mostnice na K 01 i K 02 vykazují hnilobu pouze jednotlivě. V těchto mostnicích je také porušena drážbnost vrtulí. Jednotlivé mostnice jsou na hlavách a na bocích v místech vodorovných mostnicových šroubů popraskané a prasklé. Některé neleží celou plochou na mostnicových sedlech, tudíž tam vznikají mezery velikosti 1 - 5 mm. Někde vznikají mezery i mezi mostnicovými sedly a úložnými lištami velké 1 - 3 mm. U 30. mostnice na K 02 je mostnicové sedlo vpravo uvolněné absencí vodorovného šroubu. Je připojeno k mostnici jen jedním vodorovným šroubem. Jednotlivé vodorovné mostnicové šrouby nejsou dotažené. Pozednice nad O 01 nejeví žádné zjevné poruchy, stejně tak i ta nad O 02, které ale vpravo chybí podkladnice. Dřevěné klíny v ukončení u PÚ jsou nevyhovující. Kolejové lože na začátku i na konci mostu (před i za mostem) je čisté.

FOTO 15 - Pozednice na O 02 s chybějící podkladnicí



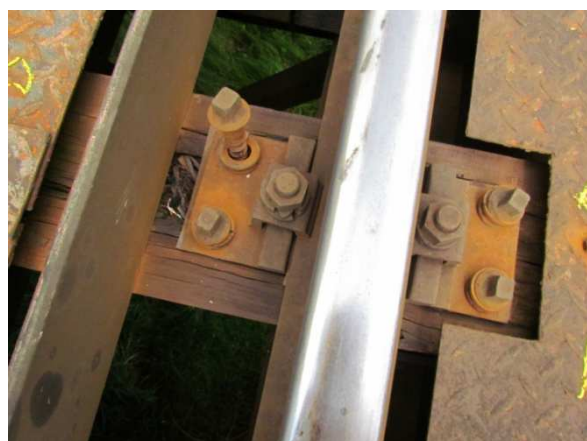
FOTO 17 - Chybějící mostnicový šroub



FOTO 16 - Mezera mezi mostnicovým sedlem a ocelovou úložnou lištou



FOTO 18 - Hniloba mostnice, porušená drážbnost vrtulí



2.3.4 Stav vybavení

Podlahy (po celé délce mostu)

Podlaha mezi kolejnicemi a na chodnicích má nátěr pochozí plochy z 90 - 100 % poškozený (Ri 5). Podlahy ve hlavách mostu mají vruty v připojení plechů se sníženou držebností a poškozený nátěr pochozích ploch na 90 - 100 %.

Zábradlí (vlevo i vpravo, po celé délce mostu)

Na začátku vlevo je zábradlí vykloněné o cca 240 mm. Vpravo v místě 2. sloupku je deformované madlo. PKO je prorezavěná a nátěr se loupe na cca 70 % plochy (Ri 5).

Odvodňovací a odpadní zařízení

Odvodňovací otvory ve zdivech křídel jsou částečně zanesené a vyrůstá z nich drobná vegetace. Odvodňovací otvory ve zdivech dříků opěr i pilíře jsou čisté.

Bezpečnostní nátěry a výstražné tabulky

Ani jedno nejeví známky prorezavění (Ri 0).

Jiná cizí zařízení a okolí objektu

Ocelové podélné kabelové žlaby pod chodníkovými podlahami jsou bez deformací. Jejich PKO má poškozený nátěr z cca 30 % plochy (Ri 5). Pod mostem se drží voda a vznikají mokřady. Okolí mostu zarostlé relativně hustou vegetací.

FOTO 19 - Vyklonění zábradlí



FOTO 20 - Mokřad a vegetace pod mostem



2.3.5 Přejechy do trati

Před a za mostem je kolejové lože. Přejechod mezi pochozími plochami na mostě a před mostem řešen na způsob štěrkové rampy.

2.4 Hodnocení stavebního stavu jednotlivých částí

2.4.1 Hodnocení nosných konstrukcí

Konstrukce K 01 - hodnocení stupněm 2 z důvodů:

- Neupravené uložení mostnic (centrické uložení mostnic)
- Hniloba pouze jednotlivých mostnic
- Stav PKO - lokálně poškozený nátěr

Konstrukce K 02 - hodnocení stupněm 2 z důvodů:

- Neupravené uložení mostnic (centrické uložení mostnic)
- Hniloba pouze jednotlivých mostnic
- Stav PKO - lokálně poškozený nátěr

2.4.2 Hodnocení spodní stavby

Opěra O 01 - hodnocení stupněm 1

- je bez zjevných závažných závad a poruch

Pilíř P 01 - hodnocení stupněm 1

- je bez zjevných závažných závad a poruch

Opěra O 02 - hodnocení stupněm 1

- je bez zjevných závažných závad a poruch

2.5 Hodnocení stavebního stavu objektu

Aktuální hodnocení stavu mostního objektu je převzato z Protokolu o podrobné prohlídce ze dne 20.07.2015 dle Vyhlášky Ministerstva dopravy č. 177/95 Sb., a předpisu SŽDC S 5 Správa mostních objektů.

2.5.1 Nosná konstrukce

Stupeň hodnocení **K2** - na základě hodnocení K 01

2.5.2 Spodní stavba

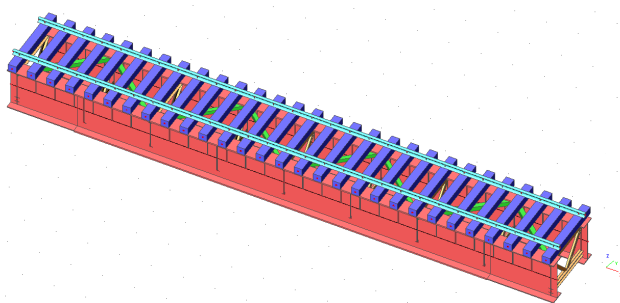
Stupeň hodnocení **S1** - na základě hodnocení O 01, P 01, O 02

3. VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI

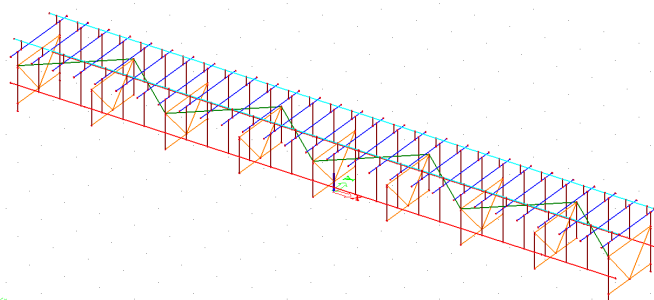
3.1 Výpočetní model

Pro výpočet vnitřních sil bylo využito shodnosti mostních konstrukcí K 01 a K02. Byla vymodelována pouze jedna konstrukce a stanovil se předpoklad, že chování obou konstrukcí na odezvu zatížení je stejné. Modelovaná konstrukce je K 01, tedy část podepřená opěrou O 01 a pilířem P 01. Model pro výpočet vnitřních sil byl vytvořen v programu SCIA Engineer 2015 a skládá se z kloubově spojených prutových prvků představující hlavní nosníky, podélné a příčné ztužení, mostnice a kolejnice. Součástí výpočtového modelu jsou také pruty neurčitého průřezu o nekonečné tuhosti reprezentující excentrické připojení mostnic, kolejnic, příčného i podélného ztužení a podpor vůči střednicím hlavních nosníků. Model je vytvořen podle archivní výkresové dokumentace z roku 1989.

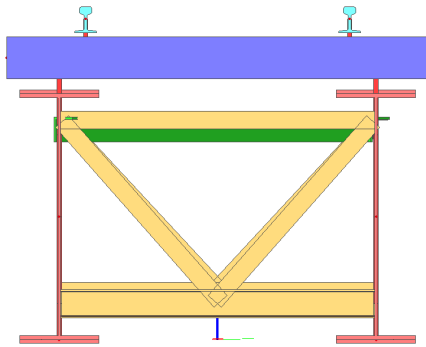
OBR. 1 - Výpočetní model prostorový - axiometrie



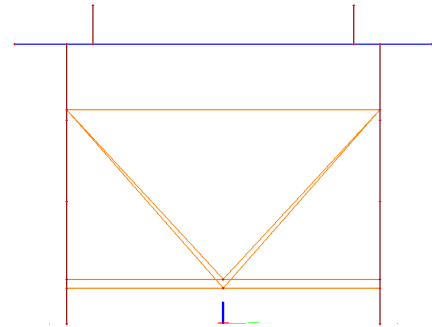
OBR. 2 - Výpočetní model střednicový - axiometrie



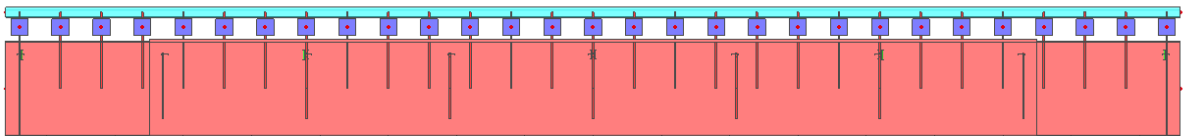
OBR. 3 - Výpočetní model prostorový -
pohled zepředu



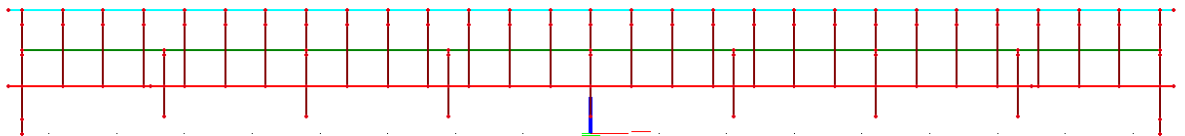
OBR. 4 - Výpočetní model střednicový -
pohled zepředu



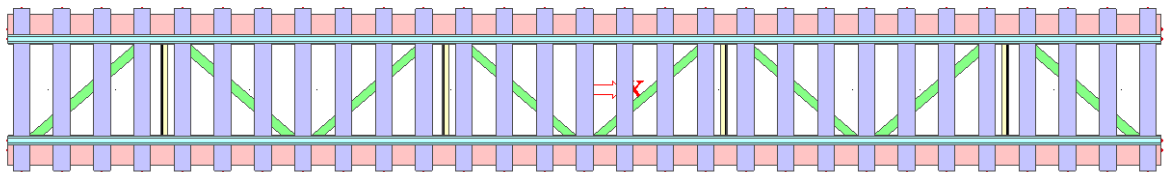
OBR. 5 - Výpočetní model prostorový - pohled z boku



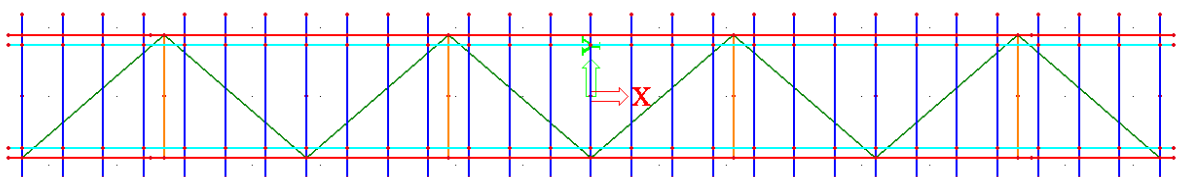
OBR. 6 - Výpočetní model střednicový - pohled z boku



OBR. 7 - Výpočetní model prostorový - pohled shora



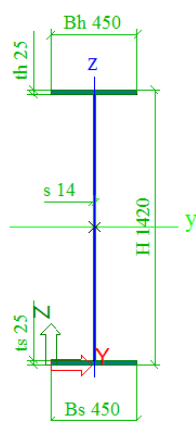
OBR. 8 - Výpočetní model střednicový - pohled shora



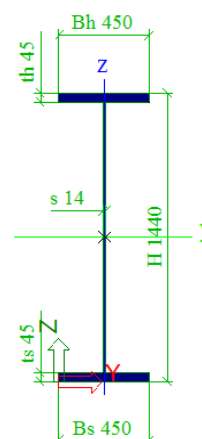
3.1.1 Hlavní nosníky

Modely hlavních nosníků sestávají ze dvou prutů s rozdílnými průřezy, lišící se jinou tloušťkou pásnic. Koncové části délky 2,10 m mají pásnice tlusté 25 mm, střední části délky 13,00 m mají pásnice tlusté 45 mm. Rozdílná tloušťka pásnic je vymodelována z důvodu vynechání přivařených podélných výztuh u podpor. Oba nosníky jsou stejné, osově souměrné podle osy x. Geometrie obou průřezů je zobrazena na následujících obr. Celková délka nosníků je 17,20 m, teoretické rozpětí tzn. vzdálenost podpor je 16,80 m. Jejich vzájemná osová vzdálenost je 1,80 m. V modelu jsou zanedbány svislé výztuhy.

OBR. 9 - Geometrie krajních průřezů



OBR. 10 - Geometrie středních průřezů



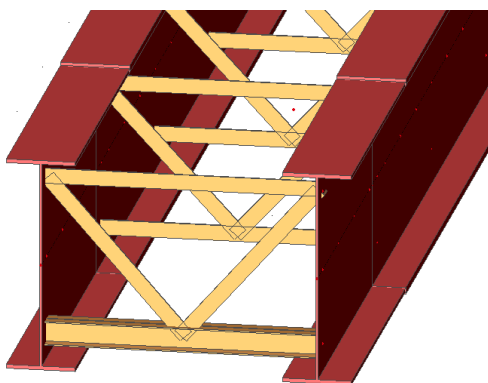
3.1.2 Uložení hlavních nosníků

Pevná ložiska na opěře O 02 jsou modelována jako kloubové podpory, které jsou ve svislém směru tuhé a ve směru os X a Y pružné s tuhostmi $X = 55$ MN/m a $Y = 10$ MN/m. Posuvná ložiska na pilíři P 01 tvoří kloubové podpory ve svislém směru tuhé, ve směru osy X volné a ve směru osy Y pružné s tuhostí $Y = 10$ MN/m. Uvedené tuhosti v pružných posunech byly zjištěny iteračním postupem. Při iteraci byly postupně zadávány hodnoty tuhostí a sledovány ekvivalentní posuny v uvedených směrech v ložiskách. Cílem bylo dosažení posunů 4 - 5 mm, reprezentující vůle v ložiskách. Při dosažení těchto hodnot posunů od kombinační obálky všech zadaných zatížení (viz. dále), byly příslušné tuhosti brány jako adekvátní skutečnému uložení konstrukce.

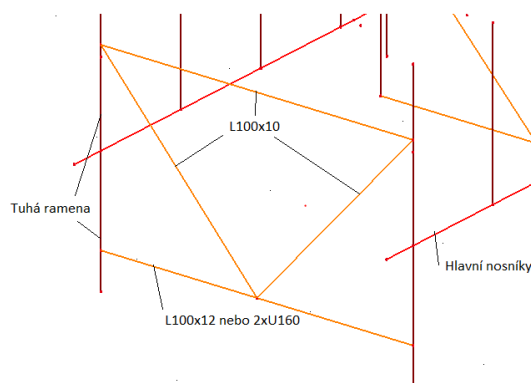
3.1.3 Příčné ztužení

Horní a dolní pásy příčného ztužení tvoří dohromady tři typy průřezů. Horní jsou L100x10 a dolní L100x12 u všech příhrad kromě dvou krajních, které jsou ze dvojic U160. Diagonály mají podobu dvou kyvných prutů profilu L100x10, které jsou kloubové připojeny k dolním pásům uprostřed rozpětí a k horním na okrajích nosníků. V těchto místech; tedy okrajích, jsou celá příhradová ztužidla připojena excentricky k hlavním nosníkům pomocí prutů nekonečných tuhostí, představující tuhá ramena. Délka ramen odpovídá vzdálenosti rovin horních nebo dolních pásů příhradového ztužení od roviny vytvořené střednicemi hlavních nosníků. Klouby diagonál a dolních pásů mají stupně volnosti v natočení kolem Y a Z lokálních os prutů, zatímco horní pás pouze kolem osy Z. Toto rozhodnutí vychází z odhadu skutečného působení ztužení viz. obr. 13. Geometrie ztužidel je vidět na následujících obr. a je převzata z archivní projektové dokumentace a ověřena při prohlídce. V modelu jsou zanedbány excentricity připojení diagonál i pásů, jak je vidět z obr. 11 a 12.

OBR. 11 - Pohled na příčné ztužení



OBR. 12 - Pruty příčného ztužení



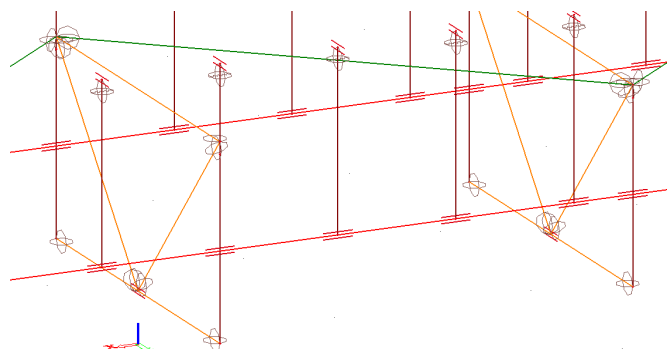
3.1.4 Podélné ztužení

Podélné ztužení je tvořeno jednotlivými pruty v každém poli, tj. mezi příčnými ztužidly, vedenými diagonálně. Mají dvojitý tvar, a to L140x14 ve dvou krajních polích z obou stran a L120x12 ve čtyřech středních polích. Dohromady tedy 8 prutů. Jsou modelovány jako kyvné pruty s klouby na obou koncích se stupni volnosti kolem os Y a Z lokálního souřadného systému. Jsou připojeny v místech příčných ztužidel k hlavním nosníkům pomocí stejných tuhých ramen jako přilehlá příčná ztužidla viz obr. 14 (zelené čáry). Modelování kloubových uložení bylo opět modelováno dle odhadu skutečného působení styčnicků na reálném mostu viz obr. 13.

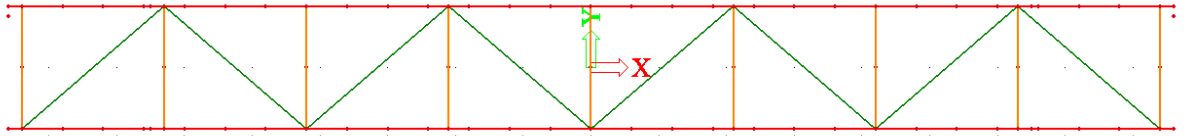
OBR. 13 - Pohled na skutečné připojení příčného a podélného ztužení



OBR. 14 - Pohled na podélné ztužení a jeho připojení



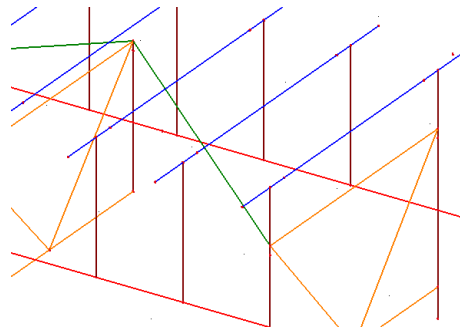
OBR. 15 - Rozmístění prutů podélného ztužení - pohled shora



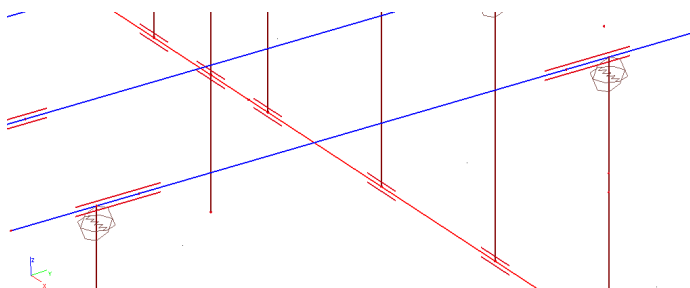
3.1.5 Mostnice

Mostnice představují pruty, připojené na tuhých ramenech k hlavním nosníkům viz obr. 4 a 16 (modré čáry). Vzdálenost těchto tuhých ramen je vzdáleností roviny mostnic a roviny tvořící střednice hlavních nosníků tj. 902 mm. Uložení mostnic je modelováno jako kloubově podepřené nosníky s převislými konci se stupni volnosti kolem Y a Z lokálních os, a zároveň s povoleným pružným posunem ve směru mostu s tuhostí $X = 5 \text{ MN/m}$ globálního souřadného systému viz obr. 17. Takto vymodelované uložení simuluje skutečný průhyb mostnic v rovině vodorovné i svislé a zároveň představuje podélný posun mostnic i kolejnic zároveň. Materiálem prutů je dřevo D70. Jejich rozměry odpovídají skutečným rozměrům mostnic tzn. délka 2400 mm s průřezem 250 x 240 mm. Osová vzdálenost je 600 mm.

OBR. 16 - Pohled na mostnice



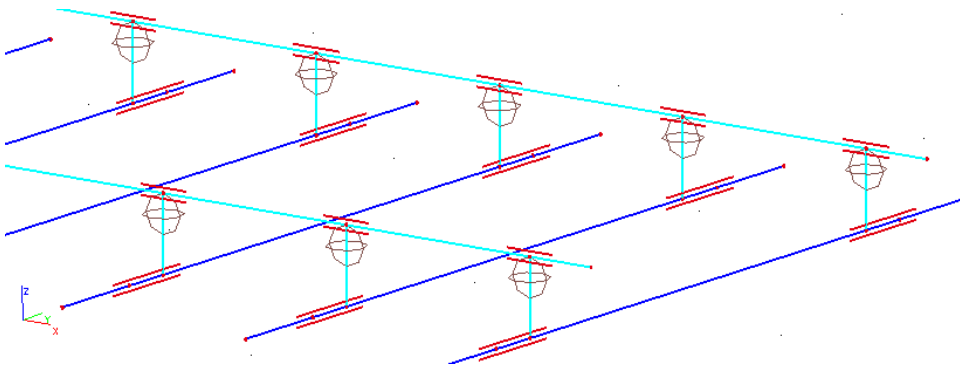
OBR. 17 - Detail uložení mostnic



3.1.6 Kolejnice

Kolejnice mají tvar S49 a jsou modelovány jako dva spojitě pruhy délky 17,20 m, připojené na tuhých ramenech délky 221 mm, představující excentricitu střednic kolejnic a mostnic viz obr. 4 a 18. Na každém tuhém rameni je vymodelován kloub s možným pootočením kolem Y a Z globálních os, simulující deformaci kolejnic na skutečném mostu. Posun kolejnic je zohledněn u pružného posuvného uložení mostnic.

OBR. 18 - Pohled na kolejnice



3.2 Výpočet zatížení

Výpočet zatížení provedeme pomocí příčného řezu a pomocí programu SCIA, odkud budou odečítány průřezové plochy a délky. Zatížení jsou rozdělena na stálé a proměnné, a každé bude po vyčíslení umístěno na odpovídající místa ve výpočetním modelu. Vše bude doprovázeno obrázkovou dokumentací. Byla zanedbána tíha spojů, svislých výztuh hlavního nosníku, středových podlah a mostnicových sedel.

3.2.1 Materiál

Vzhledem ke skutečnosti, že ačkoliv je archivní dokumentace k tomuto mostu poměrně rozsáhlá, tak nebyla nalezena informace o typu materiálu ocelových prvků. Jelikož je však známa doba výstavby mostu, tj. rok 1989, můžeme dle Směrnice pro určování zatížitelnosti železničních mostů, přílohy A, tab. A1 předpokládat, že se jedná o ocel odpovídající dnešní pevnostní třídě S235. Objemovou hmotnost budeme uvažovat $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$, $\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$. Materiál mostnic je tvrdé, s největší pravděpodobností dubové dřevo.

3.2.2 Vlastní tíha nosné konstrukce

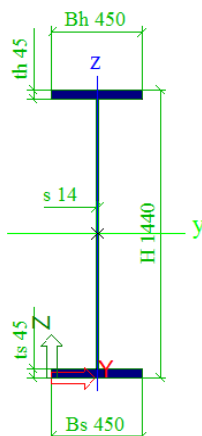
Průřez obou nosníků je dvojího typu, jak je popsáno výše. Budeme uvažovat průřez ve střední části po celé délce hlavních nosníků. Tím se dostaneme na stranu bezpečnosti. Průřez použitý pro výpočet je na obr. 18. V programu SCIA je toto zatížení zadáno jako typ zatížení Standart, nikoliv jako typ Vlastní tíha.

$$A_1 = 0,0594 \text{ m}^2$$

Tíha jednoho nosníku:

$$g_{0,5} = A_1 \times \gamma = 0,0594 \times 78,5 = 4,663 \text{ kN/m}$$

OBR. 18 - Průřez HN použitý pro výpočet vlastní tíhy



3.2.3 Ostatní stálé zatížení

3.2.3.1 Příčná ztužidla

Krajní příčná ztužidla

Diagonály L100x10 - 1060:

$$2 \times 1,06 \times 0,00192 \times 78,5 = 0,32 \text{ kN}$$

Horní pásy L100x10 - 1690:

$$1,69 \times 0,00192 \times 78,5 = 0,25 \text{ kN}$$

Dolní pásy 2U160 - 1720:

$$2 \times 0,0024 \times 1,72 \times 78,5 = 0,65 \text{ kN}$$

Styčnickový plech P10 - 330x500:

$$0,25 \times 0,5 \times 0,01 \times 78,5 = 0,1 \text{ kN}$$

Celkem:

$$0,32 + 0,25 + 0,65 + 0,1 = 1,32 \text{ kN}$$

Střední příčná ztužidla

Diagonály L100x10 - 1100:

$$2 \times 1,1 \times 0,00192 \times 78,5 = 0,33 \text{ kN}$$

Horní pásy L100x10 - 1690:

$$1,69 \times 0,00192 \times 78,5 = 0,25 \text{ kN}$$

Dolní pásy L100x12 - 1720:

$$0,00227 \times 1,72 \times 78,5 = 0,31 \text{ kN}$$

Styčnickový plech P10 - 330x500:

$$0,25 \times 0,5 \times 0,01 \times 78,5 = 0,1 \text{ kN}$$

Celkem:

$$0,33 + 0,25 + 0,31 + 0,1 = 1,00 \text{ kN}$$

3.2.3.2 Podélná ztužidla

Krajní podélná ztužidla L140x14 - 2766 + styčnickové plechy P10 - 750x280:

$$[0,003724 \times 2,766 + 0,75 \times 0,28 \times 0,01] \times 78,5 = 1,00 \text{ kN}$$

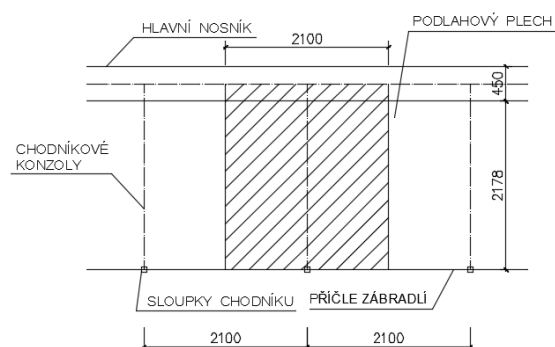
Střední podélná ztužidla L120x12 - 2766 + styčnickové plechy P10 - 750x280:

$$[0,00275 \times 2,766 + 0,75 \times 0,28 \times 0,01] \times 78,5 = 0,76 \text{ kN}$$

3.2.3.3 Chodníky

Zatěžovací šířka střední chodníkové konzoly je 2,10 m. Změnu zatěžovací šířky krajní konzoly zanedbáme a též budeme brát 2,10 m. Tím budeme na straně bezpečnosti. Dále je třeba si uvědomit, že jelikož chodníkové konzoly nemodelujeme, zadáváme jejich odezvu na hlavní nosník momentem, vzniklým excentricitou celkové tíhy konzol od hlavních nosníků $e = 1,089$ m. Přitom předpokládáme, že těžiště konzol je shodné s těžištěm celých chodníků. Tyto momenty umístíme do míst připojení konzol ke hlavním nosníkům, tedy na tuhé rameno délky 465 mm.

OBR.19- Půdorysné schéma chodníku



Konzola U200 - 2178:

$$0,00322 \times 2,178 \times 78,5 = 0,55 \text{ kN}$$

Podélníky U100 - 17200:

$$3 \times 2,1 \times 0,00135 \times 78,5 = 0,67 \text{ kN}$$

Pochozí plech POV6 - 1815x17320:

$$0,006 \times 1,815 \times 2,1 \times 78,5 = 1,80 \text{ kN}$$

Výztuhy pochozího plechu L40x5 - 600 á 500 mm (tzn. 4 na jednu ZŠ):

$$2 \times 4 \times 0,6 \times 0,000379 \times 78,5 = 0,14 \text{ kN}$$

Kabelový žlab - žlab P4x800 + víko P4x500 + konzoly P10x60:

$$[0,004 \times (0,8 + 0,5) + (0,06 \times 0,01) \times 2] \times 2,1 \times 78,5 = 1,06 \text{ kN}$$

Zábradlí - sloupky 1xL70x6 - 1700 + příčle 3xL70x6 - 17300:

$$[0,000815 \times 1,7 + 3 \times 0,000815 \times 2,1] \times 78,5 = 0,5 \text{ kN}$$

Celkem:

$$0,55 + 0,67 + 1,80 + 0,14 + 1,06 + 0,5 = 4,72 \text{ kN}$$

$$4,72 \times e = 4,72 \times 1,089 = 5,14 \text{ kN/m}$$

3.2.3.4 Mostnice

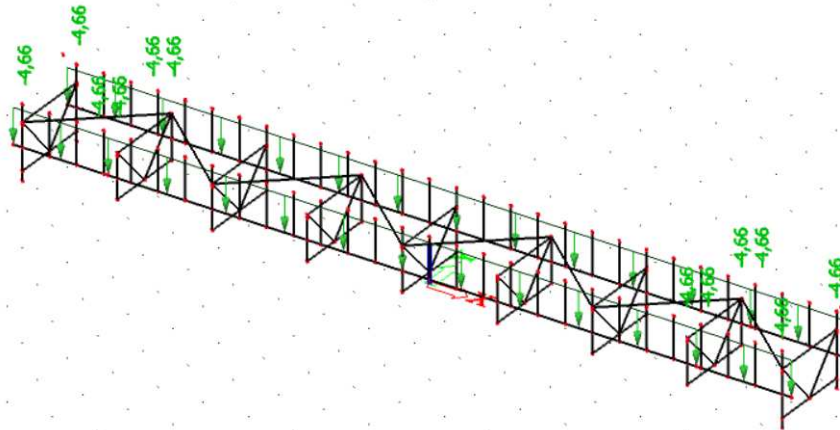
Předpokládaným materiálem mostnic je dřevo D70, které má objemovou hmotnost $\rho = 1080 \text{ kg/m}^3$, $\gamma = 10,8 \text{ kN/m}^3$. Připomínáme rozměry mostnice ŠVH 250x240x2400 mm. Každá půlka celkové tíhy se umístí do podpor mostnic.

$$0,25 \times 0,24 \times 2,4 \times 10,8 = 1,6 \text{ kN}$$

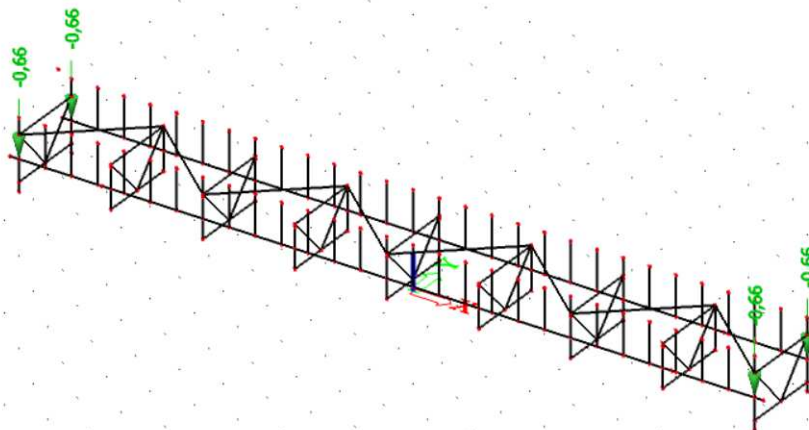
3.2.3.5 Kolejnice

Na mostě jsou osazeny kolejnice S49, jejichž tíha je přibližně **0,5 kN/m**.

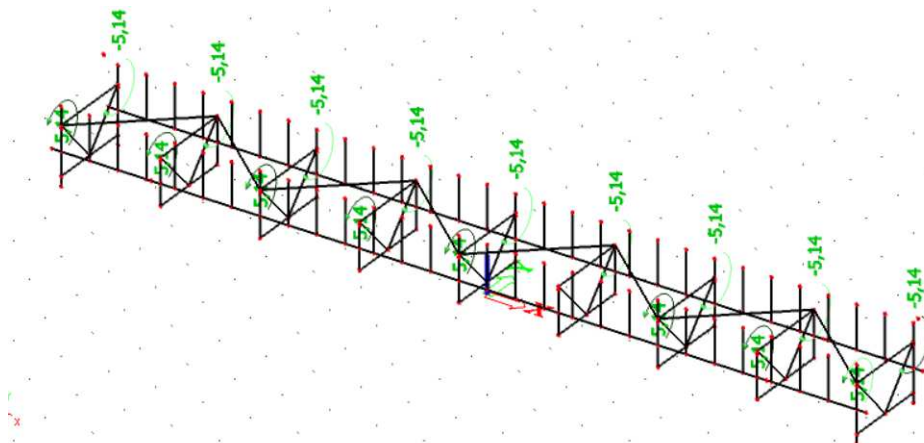
OBR. 20 - Vlastní tíha nosné konstrukce



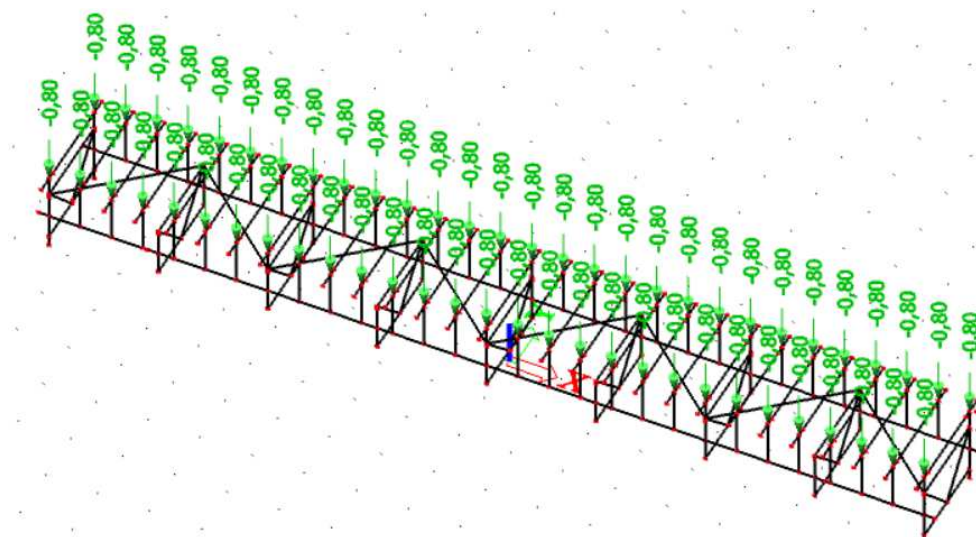
OBR. 21 - Zatížení příčnými ztužidly - krajní



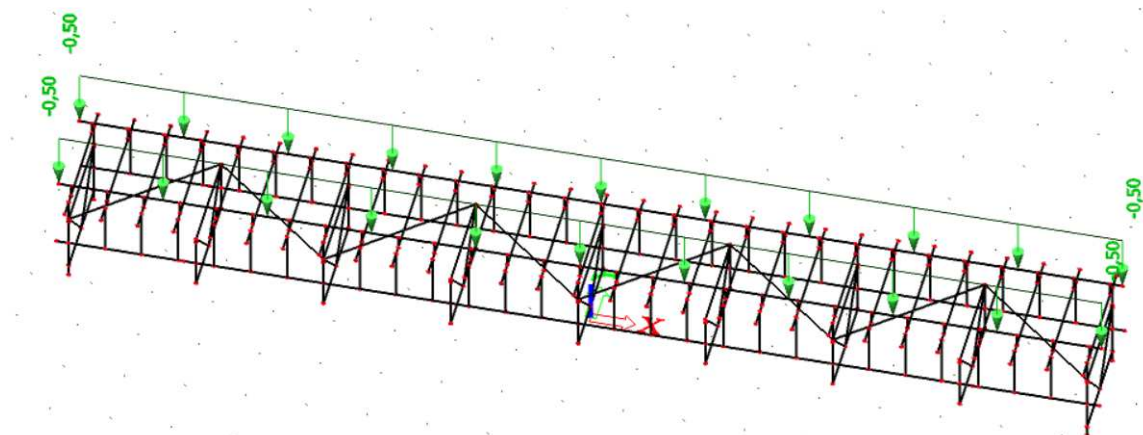
OBR. 25 - Zatížení chodníky



OBR. 26 - Zatížení mostnicemi



OBR. 27 - Zatížení kolejnicemi

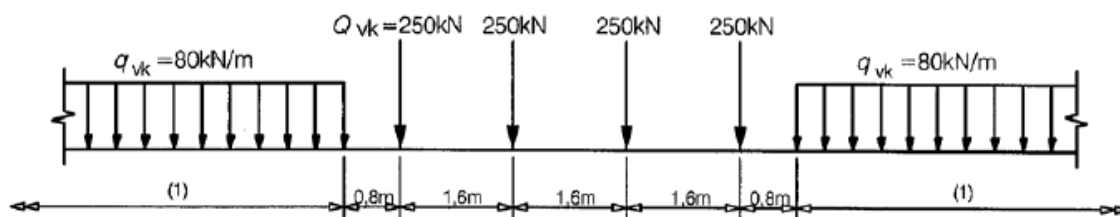


3.2.4 Proměnná zatížení dopravou

3.2.4.1 Model zatížení LM71

Model zatížení LM71 byl zadán při výpočtu vnitřních sil v programu SCIA do databáze zatěžovacích soustav. Konstrukce jím byla pojížděna z jednoho konce na druhý spolu s dalším pohyblivým zatížením tj. Bočním rázem viz dále. Na každé kolejnici působí zhruba polovina svislého pohyblivého zatížení charakteristického pro model 71, se započítáním excentricity v důsledku nerovnoměrnosti kolových sil viz dále. Mostní konstrukce leží na trati 3. třídy. Charakteristické hodnoty svislého pohyblivého zatížení modelu 71 se budou násobit součinitelem $\alpha = 1,00$. Do rozhodujících kombinací se pokaždé vybere ten zatěžovací stav, který vyvodí největší odezvu v rámci určitého posouzení.

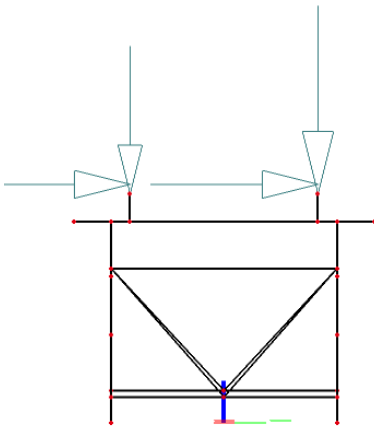
OBR. 28 - Zatěžovací soustava UIC 71



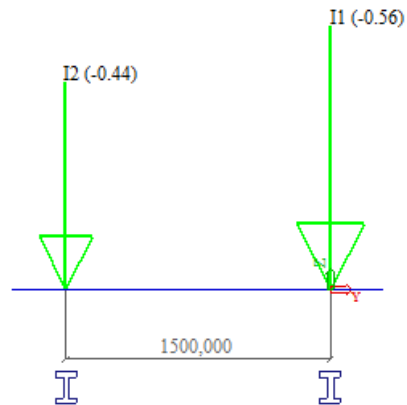
3.2.4.2 Boční ráz

Zatížení bočním rázem je charakterizováno silou velikosti $Q_s = 100 \text{ kN}$, působící kolmo na osu koleje v rovině temen kolejnic, polovina na každé kolejnici. Boční ráz byl zadán jako pohyblivé zatížení a při výpočtu vnitřních sil byl též zadán do databáze zatěžovacích soustav. Konstrukce jím byla pojížděna spolu s modelem LM71. Obr 29 zobrazuje jednotkové impulsy (obr. 30 a 31) od obou zatížení, kterým se přiřadí vlastnosti modelu LM71 a Bočního rázu. Do rozhodujících kombinací se pokaždé vybere ten zatěžovací stav, který vyvodí největší odezvu v rámci určitého posouzení. Boční ráz se uvažuje se součinitelem $\alpha = 1,00$.

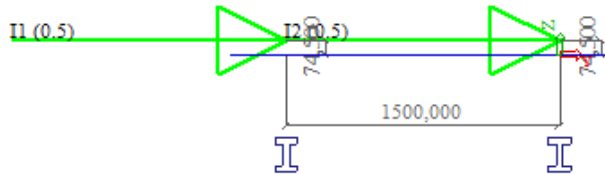
OBR. 29 - Poloha jednotkového zatížení pro LM71 a Boční ráz - pohled zepředu



OBR. 30 - Impulsy jednotkového pohyblivého zatížení pro model LM71



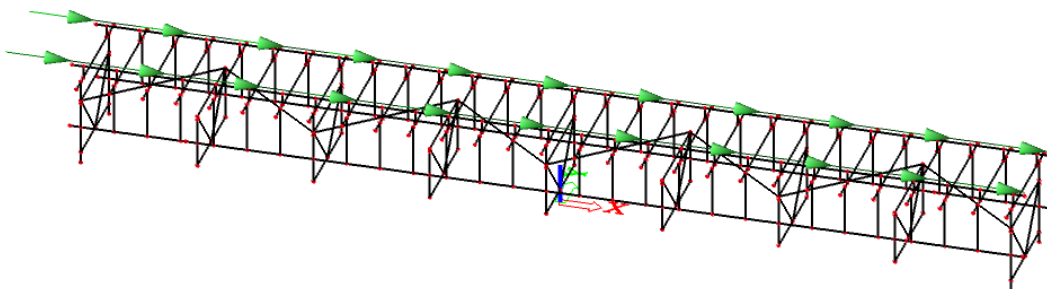
OBR. 31 - Impulsy jednotkového pohyblivého zatížení pro Boční ráz



3.2.4.3 Brzdné a rozjezdové síly

Brzdné a rozjezdové síly mají podobu rovnoměrného spojitého zatížení v délce osy koleje a v rovině temen kolejnic. Brzdné síly mají hodnotu $Q_{lbk} = 20 \text{ kN/m}$ a rozjezdové $Q_{lak} = 33 \text{ kN/m}$, kdy na každé kolejnici je aplikována polovina hodnot v celé délce mostu. V případě těchto sil se rovněž uvažuje součinitel $\alpha = 1,00$.

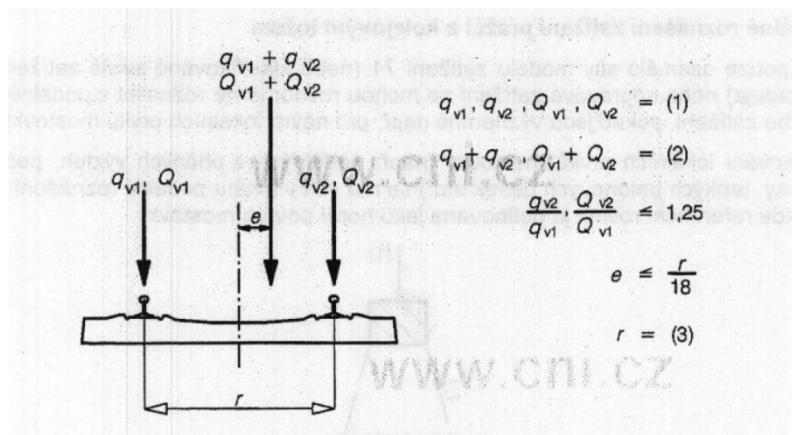
OBR. 32 - Poloha rozjezdových a brzdných sil



3.2.4.4 Excentricita svislého proměnného zatížení

Účinky excentricity svislého zatížení charakterizovaného modelem 71 se ve výpočtu uvažují příčným posunem kolových sil z modelu 71 o **83 mm** podle 6.3.5 v ČSN EN 1991-2. Pomocí výpočtu na jednoduchém prostém nosníku zatíženém jednotkovým zatížením, byly vypočteny poměry velikostí impulzů jednotkového pohyblivého zatížení pro LM71 viz obr 31.

OBR. 33 - Excentricita svislého zatížení v důsledku nerovnoměrnosti kolových sil



3.2.4.5 Model zatížení "nezatížený vlak"

Pro ověření boční stability mostní konstrukce je současně se zatížením větrem uvažováno zatížení nezatíženým vlakem, které je charakterizováno hodnotou **10 kN/m** pro jednu kolej po celé délce mostu.

3.2.5 Zatížení větrem

Kategorie terénu pro oblast, v níž most leží, bude uvažována jako kategorie III.

Dle mapy větrných oblastí je výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$.

Součinitel směru větru je $c_{dir} = 1,0$ a součinitel ročního období $c_{season} = 1,0$.

Základní rychlost větru:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 25 = 25 \text{ m/s}$$

Uvažujeme zatížení větrem zároveň se železniční dopravou. Výška mostu nad terénem je 5,30 m. Stavební výška mostu je 1,917 m. Výška železničního vozidla nad temeny kolejnic se uvažuje 4,0 m. Šířka mostu včetně chodníků je $b = 1,80 + 2,195 + 2,195 = 6,19 \text{ m}$.

$$d_{tot} = 1,917 + 4,0 = 5,917 \text{ m}$$

$$\frac{b}{d_{tot}} = \frac{6,19}{5,917} = 1,05$$

Součinitele $c_{fx,0}$ a c_e se stanoví dle obr 34 a 35.

$$c_{fx,0} = 2,25$$

$$c_e = 1,7$$

$$C = c_{fx,0} \times c_e = 2,25 \times 1,8 = 4,05$$

Zatížení větrem:

$$f_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C = 0,5 \times 1,25 \times 25^2 \times 4,05 = 1582,03 \text{ N/m}^2 = 1,582 \text{ kN/m}^2$$

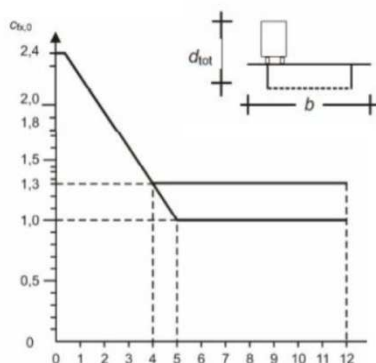
Spojité zatížení větrem po délce mostu:

$$w = f_w \times d_{tot} = 1,582 \times 5,917 = 9,36 \text{ kN/m}$$

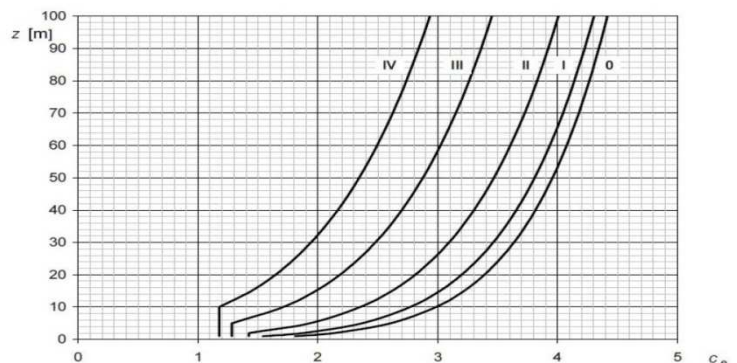
Přítížení hlavního nosníku větrem:

$$f = \frac{w \times \frac{d_{tot}}{2}}{r} = \frac{9,36 \times \frac{5,917}{2}}{1,8} = 15,38 \text{ kN/m}$$

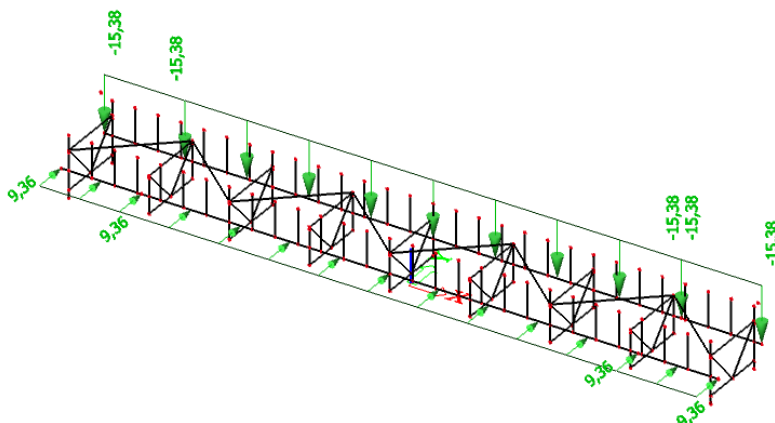
OBR. 34 - Určení parametru $c_{fx,0}$



OBR. 35 - Určení parametru c_e



OBR. 36 -
Zatížení větrem



3.3 Kombinace zatížení

3.3.1 Dílčí součinitele zatížení

3.3.1.1 Stálé zatížení

Vzhledem ke skutečnosti, že dodnes od roku výstavby dnešní verze mostu uběhlo 27 let, uvažujeme součinitel stálého zatížení $\gamma_{FG} = 1,25$.

3.3.1.2 LM71

Pro nosné prvky mostních objektů mladších než 30 let, je součinitel svislého proměnného zatížení charakterizovaný modelem 71 $\gamma_{F,LM71} = 1,45$.

3.3.1.3 Dynamický součinitel

Dynamické účinky pohyblivého svislého zatížení železniční dopravou, reprezentovaného modelem zatížení 71, se v přepočtu mostního objektu zohledňují pomocí dynamických součinitelů, které se stanoví podle 6.4.5.2 v ČSN EN 1991-2. Pro pečlivě udržovanou kolej (Φ_2), resp. standardně udržovanou kolej (Φ_3). Náhradní délky L_ϕ jednotlivých nosných prvků mostních objektů se uvažují dle tab. 6.2 v ČSN EN 1991-2.

Pro hlavní nosníky:

Náhradní délka $L_\phi = L = 16,80 \text{ m}$

Uvažujeme součinitel Φ_3 pro standardně udržovanou kolej:

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{16,8} - 0,2} + 0,73 = 1,284$$

Pro veškeré ztužující prvky se uvažuje dynamický součinitel stejný jako pro hlavní nosníky, jelikož nejsou bezprostředně zatíženy účinky od železniční dopravy.

3.3.1.4 Boční ráz

Pro nosné prvky mostních objektů mladších 30-ti let, se dílčí součinitel bočního rázu uvažuje $Y_{F,Qs} = 1,45$.

3.3.1.5 Rozjezdové a brzdné síly

Pro nosné prvky mostních objektů mladších 30-ti let, se dílčí součinitel rozjezdových a bočních sil uvažuje $Y_{F,Qab} = 1,45$.

3.3.1.6 Zatížení větrem

Pro nosné prvky mostních objektů mladších 30-ti let, se dílčí součinitel větru uvažuje $Y_{F,w} = 1,50$.

3.3.2 Sestavy zatížení

Účinky zatížení modelu LM71, rozjezdových a brzdných sil a bočního rázu budou rozděleny do sestav gr11 až gr14 podle tab. 6.11 v ČSN EN 1991-2. Každá sestava bude ve výsledných kombinacích uvažována jako jednotlivé proměnné zatížení. Jestliže některé z těchto zatížení bude vykazovat podle průběhu vnitřních sil odlehčující účinky pro konkrétní posuzovaný prvek, dojde k redukci na polovinu (pro LM71) nebo se bude uvažovat rovno nule.

3.3.3 Kombinace zatížení

Kombinace zatížení současně se vyskytujících spolu se zatížením železniční dopravou se v přepočtech stávajících mostních objektů stanoví dle A2.2.4 v ČSN EN 1990, Změna A1, příloha A2. V souladu s touto národní přílohou se při výběru kombinačních pravidel z hlediska mezních stavů únosnosti upřednostňuje méně příznivá kombinace z 6.10a nebo 6.10b podle ČSN EN 1990. Součinitelé kombinace zatížení ψ pro trvalé a dočasné návrhové situace se určí z tab. A2.3 v ČSN EN 1990, Změna A1, příloha A2.

3.4 Výpočet a posouzení únosností a zatížitelností

Při určování zatížitelnosti mostního objektu bude postupováno podle ČSN EN 1993-2 s využitím doplňujících podkladů dle Směrnice SŽDC Určování zatížitelnosti mostních objektů. Zatížitelnosti jednotlivých prvků budou vypočteny dle mezích stavů únosnosti, kde se účinky zatížení rozdělí na část vyvolanou modelem 71 a na část vyvolanou ostatními zatíženími, která působí společně s modelem 71. Zatížitelnost se pak určí podle vzorce:

$$Z_{LM71} = \frac{R_d - \sum_{i=1}^n E_{rs,Ed,i}}{E_{LM71,Ed}}$$

kde

- R_d je návrhová hodnota únosnosti prvku
- $E_{LM71,Ed}$ je návrhová hodnota účinků modelu 71 včetně dynamického součinitele
- $\sum_{i=1}^n E_{rs,Ed,i}$ jsou návrhové účinky ostatních zatížení působících společně s modelem 71

Jak již bylo zmíněno, materiálem mostní konstrukce se předpokládá ocel odpovídající třídě S235.

Její materiálové charakteristiky pro prvky s tloušťkou do 25 mm jsou:

Zaručená mez kluzu $f_y = 235$ Mpa

Mez pevnosti $f_u = 360$ Mpa

Součinitele spolehlivosti materiálu určíme podle tab. A.1 v příloze A ve Směrnici SŽDC Určování zatížitelnosti mostních objektů. Součinitelé jsou:

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

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

3.4.1 Hlavní nosník

Hlavní nosník bude posouzen ve dvou řezech, a to uprostřed rozpětí a nad pevnou kloubovou podporou. Uprostřed napětí bude nejdříve posouzen na únosnost na interakci dvouosého momentu a normálové síly, a následně určena zatížitelnost v ohybu. Krajní průřez bude použit pouze pro určení zatížitelnosti ve smyku, protože právě v tomto průřezu se objevuje největší posouvající vnitřní síla. Únosnost nemusí být v tomto průřezu posouzena, protože extrémní interakcí dvouosého momentu a normálové síly je namáhám průřez uprostřed rozpětí. Postup posouzení bude proveden podle A.2.2.10 ve Směrnici SŽDC. Pro každé posouzení budou určeny vnitřní síly z kombinací zatížení, simulující nejnepříznivější namáhání jednotlivých průřezů.

Kombinace

TAB 1 - Dílčí součinitele kombinací hlavního nosníku

Sestava	Rovnice	Stálé		Proměnné - hlavní			LM71		Rozjezd	Boční ráz	Vitr - vedlejší proměnné	
		ξ	γ_g	γ_q	ψ_0	α	ϕ_3 sk.	γ_q			ψ_0	
gr11	6.10a		1,25	1,45	0,8	1	1,284019	1	1	0,5	1,5	0,75
	6.10b	0,85	1,25	1,45		1	1,284019	1	1	0,5	1,5	0,75
gr12	6.10a		1,25	1,45	0,8	1	1,284019	1	0,5	1	1,5	0,75
	6.10b	0,85	1,25	1,45		1	1,284019	1	0,5	1	1,5	0,75

TAB 2 - Výpis kombinací pro interakci My, Mz, N TAB 3 - Výpis kombinací pro max posouvající sílu

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Studentův vjezd Hl. nosník - gr11 - 6.10a - maxMy	pro vnitřní síly	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK Příčné ztuž. u podpory Příčné ztuž. Zavětrování u podpory Zavětrování v poli Chodníkové konzoly Mostnice Kolejnice Vitr Rozjezd LM71-Model 71-Max My Boční ráz-Boční ráz-Max My	1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,13 1,16 1,49 0,58
Hl. nosník - gr12 - 6.10a - maxMy	pro vnitřní síly	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK Příčné ztuž. u podpory Příčné ztuž. Zavětrování u podpory Zavětrování v poli Chodníkové konzoly Mostnice Kolejnice Vitr Rozjezd LM71-Model 71-Max My Boční ráz-Boční ráz-Max My	1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,13 0,58 1,49 1,18
Hl. nosník - gr12 - 6.10b - maxMy	pro vnitřní síly	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK Příčné ztuž. u podpory Příčné ztuž. Zavětrování u podpory Zavětrování v poli Chodníkové konzoly Mostnice Kolejnice Vitr Rozjezd LM71-Model 71-Max My Boční ráz-Boční ráz-Max My	1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,13 0,72 1,88 1,45
Hl. nosník - gr11 - 6.10b - maxMy	pro vnitřní síly	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK Příčné ztuž. u podpory Příčné ztuž. Zavětrování u podpory Zavětrování v poli Chodníkové konzoly Mostnice Kolejnice Vitr Rozjezd LM71-Model 71-Max My Boční ráz-Boční ráz-Max My	1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,13 1,45 1,88 0,72

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Studentův vjezd Hl. nosník - gr11 - 6.10a - maxVz	pro vnitřní síly	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK Příčné ztuž. u podpory Příčné ztuž. Zavětrování u podpory Zavětrování v poli Chodníkové konzoly Mostnice Kolejnice Vitr Rozjezd LM71-Model 71-Max Vz Boční ráz-Boční ráz-Max Vz	1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,13 1,16 1,49 0,58
Hl. nosník - gr11 - 6.10a - maxVz	pro vnitřní síly	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK Příčné ztuž. u podpory Příčné ztuž. Zavětrování u podpory Zavětrování v poli Chodníkové konzoly Mostnice Kolejnice Vitr Rozjezd LM71-Model 71-Max Vz Boční ráz-Boční ráz-Max Vz	1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,13 1,45 1,88 0,72
Hl. nosník - gr12 - 6.10a - maxVz	pro vnitřní síly	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK Příčné ztuž. u podpory Příčné ztuž. Zavětrování u podpory Zavětrování v poli Chodníkové konzoly Mostnice Kolejnice Vitr Rozjezd LM71-Model 71-Max Vz Boční ráz-Boční ráz-Max Vz	1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,13 0,58 1,49 1,18
Hl. nosník - gr12 - 6.10b - maxVz	pro vnitřní síly	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK Příčné ztuž. u podpory Příčné ztuž. Zavětrování u podpory Zavětrování v poli Chodníkové konzoly Mostnice Kolejnice Vitr Rozjezd LM71-Model 71-Max Vz Boční ráz-Boční ráz-Max Vz	1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,08 1,13 0,72 1,88 1,45

TAB 5 - Výsledky vnitřních sil na hlavním nosníku

ŘEZ - POLOVINA ROZPĚTÍ

Kombinace - Pro vnitřní síly (maxMy)

		My[kNm]	Mz[kNm]	N[kN]	Ved[kN]
Gr11	6.10a	4031,5	-28,39	260,11	-7,75
	6.10b	4820,74	-36,03	265,04	-10,26
Gr12	6.10a	4087,3	-28,39	348,92	-26,07
	6.10b	4890,94	-36,02	376,74	-33,32

Kombinace - Pro maximální posouvačku (maxVz)

		My[kNm]	Mz[kNm]	N[kN]	Ved[kN]
Gr11	6.10a				321,42
	6.10b				402,62
Gr12	6.10a				312,08
	6.10b				309,78

Rozhodující vnitřní síly

$$N_{Ed} = 376,74 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 4890,94 \text{ kN/m}$$

$$M_{z,Ed} = 36,02 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed} = 309,78 \text{ kN}$$

Z tab. 5 je vidět, že největší posouvající síla v průřezu ve středu rozpětí je z kombinace Gr11 6.10b, ale průřez budeme posuzovat na vnitřní síly z Gr12 6.10b, protože vyvodí největší interakci všech vnitřních sil. A posouvající sílu použijeme pouze pro podmínku na ověření pružné únosnosti průřezu.

Zatřídění stojiny hlavních nosníků

Stojina obou průřezů, tj. obr 9 a 10 je stejná. Zatřídění se provede podle ČSN EN 1993-1-1 tab. 5.2.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

$$\frac{c}{t} = \frac{1350}{14} = 96,43 < 124 \times \varepsilon = 124 \rightarrow \text{třída 3}$$

Průřez lze využívat pružně, budeme tedy počítat pružně.

Průřezové charakteristiky

a) *V poli*

$$A = 5,92 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$W_{el,y} = 3,1362 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 3,0389 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

b) *U podpory*

$$A = 4,14 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$W_{el,y} = 1,9295 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 1,6889 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Kontrolní posouzení pružné únosnosti průřezu v poli:

$$V_{pl,Rd} = \frac{h_w \times t_w \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{1,350 \times 0,014 \times 235 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 1,0} = 2564,30 \text{ kN}$$

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{309,78}{2564,30} = \mathbf{0,12} < 0,5 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

Posouzení vlivu boulení ve smyku průřezu v poli dle kap. 5 v ČSN EN 1993-1-5:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{37,4 \times t \times \varepsilon \times \sqrt{k_\tau}} = \frac{1,350}{37,4 \times 0,014 \times 1 \times \sqrt{6,99}} = 0,975 > \frac{0,83}{\eta} = \frac{0,83}{1,20} \\ = 0,69$$

$$\text{nosník s netuhou koncovou výztuhou} \rightarrow \chi_w = \frac{0,83}{\bar{\lambda}_w} = \frac{0,83}{0,975} = \mathbf{0,85}$$

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \times f_{yw} \times h_w \times t}{\sqrt{3} \times \gamma_{M1}} = \frac{0,85 \times 235 \times 10^3 \times 1,350 \times 0,014}{\sqrt{3} \times 1,1} \\ = 1981,50 \text{ kN}$$

$$\text{omezení: } \frac{\eta \times f_{yw} \times h_w \times t}{\sqrt{3} \times \gamma_{M1}} = \frac{1,2 \times 235 \times 10^3 \times 1,350 \times 0,014}{\sqrt{3} \times 1,1} = 2499,82 \text{ kN} \\ > V_{b,Rd} = 1981,50 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{309,78}{1981,50} = \mathbf{0,15} < 0,5 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

Vliv klopení průřezu v poli dle ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-2:

Pro potřeby tohoto výpočtu budeme zjednodušeně uvažovat vliv klopení jako vzpěr ekvivalentního tlačného pásu. L_{cr} = vzdálenost příčných ztužidel 2,10 m.

Klopení ve vzpěru:

$$i_z = 107 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 \times \varepsilon = 93,9 \times 1 = 93,9$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \times \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,1}{0,107} \times \frac{1}{93,9} = 0,209$$

Pro svařovaný průřez s $t_f < 40 \text{ mm}$ a vybočení kolmo k ose z, uvažujeme

křivku vzpěrnosti c

$$\rightarrow \chi_z = \mathbf{0,995}$$

Klopení v ohybu při ztrátě příčné stability:

Tlačený pás hlavního nosníku v poli:

OBR. 37 - Tlačený pás HN v poli

$$I_z = 3,4176 \times 10^{-4} m^4$$

$$A = 2,277 \times 10^{-2} m^2$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{3,4176 \times 10^{-4}}{2,277 \times 10^{-2}}} = 0,123 m$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z \times \lambda_1} = \frac{2,10}{0,123 \times 93,9} = 0,182$$

→ Uvažujeme **křivku vzpěrnosti c** →

$$\rightarrow \chi_{LT} = 1 \rightarrow \text{NEKLOPÍ}$$

Návrhové únosnosti průřezu v poli:

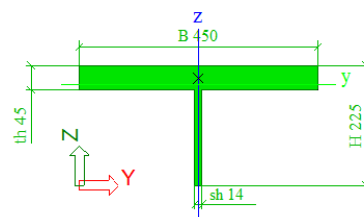
$$N_{b,Rd} = \chi_z \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = 0,995 \times \frac{5,92 \times 10^{-2} \times 235 \times 10^3}{1,1} = 12\,584,04 \text{ kN}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \times \frac{W_{el,y} \times f_y}{\gamma_{M1}} = 1,0 \times \frac{3,1362 \times 10^{-2} \times 235 \times 10^3}{1,1} = 6700,06 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{el,z} \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{3,0389 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^3}{1,1} = 649,22 \text{ kNm}$$

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{376,74}{12\,584,04} + \frac{4890,94}{6700,06} + \frac{36,02}{649,22} =$$

$$= 0,03 + 0,73 + 0,06 = \mathbf{0,82} < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Zatížitelnost v ohybu

Zatížitelnost v ohybu bude stanovena pro průřez uprostřed napětí, jak je už napsáno výše. Kombinace zatížení pro zatížitelnost budou stanoveny stejně jako pro výpočet únosnosti, tj. tab. 2 a 3, budou ale odděleny účinky modelu 71 a účinky ostatních zatížení, které působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou.

TAB 5 - Kombinace pro určení zatížitelnosti HN v ohybu - účinky ostatních zatížení

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]			
HN - rs,Ed - gr11 - 6.10a - maxMy	pro zatížitelnost ohyb	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK	1,25			
			Příčné ztuž. u podpory	1,25			
			Příčné ztuž.	1,25			
			Zavětrování u podpory	1,25			
			Zavětrování v poli	1,25			
			Chodníkové konzoly	1,25			
			Mostnice	1,25			
			Kolejnice	1,25			
			Vítr	1,13			
			Rozjezd	1,10			
			Boční ráz-Boční ráz-Max My	0,58			
			HN - rs,Ed - gr11 - 6.10b - maxMy	pro zatížitelnost ohyb	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK	1,00
						Příčné ztuž. u podpory	1,00
Příčné ztuž.	1,00						
Zavětrování u podpory	1,00						
Zavětrování v poli	1,00						
Chodníkové konzoly	1,00						
Mostnice	1,00						
Kolejnice	1,00						
Vítr	1,13						
Rozjezd	1,46						
Boční ráz-Boční ráz-Max My	0,72						
HN - rs,Ed - gr12 - 6.10a - maxMy	pro zatížitelnost ohyb	Lineární - únosnost				Vlastní tíha HNK	1,25
						Příčné ztuž. u podpory	1,25
			Příčné ztuž.	1,25			
			Zavětrování u podpory	1,25			
			Zavětrování v poli	1,25			
			Chodníkové konzoly	1,25			
			Mostnice	1,25			
			Kolejnice	1,25			
			Vítr	1,13			
			Rozjezd	0,58			
			Boční ráz-Boční ráz-Max My	1,10			
			HN - rs,Ed - gr12 - 6.10b - maxMy	pro zatížitelnost ohyb	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK	1,00
						Příčné ztuž. u podpory	1,00
Příčné ztuž.	1,00						
Zavětrování u podpory	1,00						
Zavětrování v poli	1,00						
Chodníkové konzoly	1,00						
Mostnice	1,00						
Kolejnice	1,00						
Vítr	1,13						
Rozjezd	0,72						
Boční ráz-Boční ráz-Max My	1,45						

TAB 6 - Kombinace pro určení zatížitelnosti HN v ohybu - účinky modelu 71

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
HN - LM71,Ed - 6.10a - maxMy	pro zatížitelnost ohyb	Lineární - únosnost	LM71-Model 71-Max My	1,49
HN - LM71,Ed - 6.10b - maxMy	pro zatížitelnost ohyb	Lineární - únosnost	LM71-Model 71-Max My	1,86

TAB 7 - Výsledky vnitřních sil pro určení zatížitelnosti HN v ohybu

Kombinace - LM71,ed (maxMy)

	My[kNm]	Mz[kNm]	N[kN]
6.10a	3460,38	-32,05	184,93
6.10b	4319,67	-40	230,85

Kombinace - rs,ed(maxMy)

	My[kNm]	Mz[kNm]	N[kN]	
Gr11	6.10a	571,12	3,65	75,25
	6.10b	501,07	3,98	34,27
Gr12	6.10a	626,92	3,66	164,06
	6.10b	571,27	3,99	145,98

Rozhodující vnitřní síly pro výpočet zatížitelnosti

$$N_{LM71,Ed} = 230,85 \text{ kN}$$

$$M_{y,LM71,Ed} = 4319,67 \text{ kNm}$$

$$M_{z,LM71,Ed} = 40,00 \text{ kNm}$$

$$N_{rs,Ed} = 145,98 \text{ kN}$$

$$M_{y,rs,Ed} = 571,27 \text{ kNm}$$

$$M_{z,rs,Ed} = 3,99 \text{ kNm}$$

Zatížitelnost Z_{LM71} ověřovaného průřezu se stanoví pomocí následujícího vztahu s využitím zásad v 4.7 ve Směrnici SŽDC:

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

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{145,98}{12\,584,04} + \frac{571,27}{6700,06} + \frac{3,99}{649,22} = 0,10$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{230,85}{12\,584,04} + \frac{4319,67}{6700,06} + \frac{40,00}{649,22} = 0,72$$

$$Z_{LM71} = \frac{1 - 0,1}{0,72} = 1,25$$

Zatížitelnost ve smyku

Zatížitelnost ve smyku bude stanovena pro krajní průřez, jak je napsáno výše. Stejně jako dříve budou vytvořeny kombinace s oddělenými účinky modelu 71 a účinky ostatních zatížení, které působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou. Tyto kombinace budou ale simulovat stav, kdy na mostě vzniknou největší posouvající síly, proto ze zatěžovacích stavů vytvořených pohyblivými zatíženími budou vybrány ty, které vytvoří maxVz, nikoliv maxMy jako v předchozích případech. Únosnost s vlivem boulení ve smyku $V_{b,Rd}$ se pro tento průřez nad podporou bude uvažovat stejný jako pro průřez v poli, protože je započítána pouze únosnost stojiny, která je pro oba průřezy stejná.

TAB 7 - Kombinace pro určení zatížitelnosti

HN ve smyku - účinky ostatních zatížení

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]			
HN - rs,Ed - gr11 - 6.10a - maxVz	pro zatížitelnost smyk	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK	1,25			
			Příčné ztuž. u podpory	1,25			
			Příčné ztuž.	1,25			
			Zavětrování u podpory	1,25			
			Zavětrování v poli	1,25			
			Chodníkové konzoly	1,25			
			Mostnice	1,25			
			Kolejnice	1,25			
			Vítr	1,13			
			Rozjezd	1,16			
			Boční ráz-Boční ráz-Max Vz	0,58			
			HN - rs,Ed - gr12 - 6.10a - maxVz	pro zatížitelnost smyk	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK	1,06
						Příčné ztuž. u podpory	1,06
						Příčné ztuž.	1,06
Zavětrování u podpory	1,06						
Zavětrování v poli	1,06						
Chodníkové konzoly	1,06						
Mostnice	1,06						
Kolejnice	1,06						
Vítr	1,13						
Rozjezd	1,45						
Boční ráz-Boční ráz-Max Vz	0,72						
HN - rs,Ed - gr12 - 6.10b - maxVz	pro zatížitelnost smyk	Lineární - únosnost				Vlastní tíha HNK	1,06
						Příčné ztuž. u podpory	1,06
						Příčné ztuž.	1,06
			Zavětrování u podpory	1,06			
			Zavětrování v poli	1,06			
			Chodníkové konzoly	1,06			
			Mostnice	1,06			
			Kolejnice	1,06			
			Vítr	1,13			
			Rozjezd	0,72			
			Boční ráz-Boční ráz-Max Vz	1,16			

TAB 8 - Kombinace pro určení zatížitelnosti

HN ve smyku - účinky modelu 71

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
HN - LM71,Ed - 6.10a - maxVz	pro zatížitelnost smyk	Lineární - únosnost	LM71-Model 71-Max Vz	1,49
HN - LM71,Ed - 6.10b - maxVz	pro zatížitelnost smyk	Lineární - únosnost	LM71-Model 71-Max Vz	1,86

TAB. 10 - Výsledky vnitřních sil pro určení zatížitelnosti HN ve smyku

Zatížitelnost ve smyku - ŘEZ NA KRAJI NOSNÍKU :

Kombinace - LM71,ed (maxVz)

	My[kNm]	Mz[kNm]	N[kN]	Vz[kN]
6.10a				873,81
6.10b				1090,79

Kombinace - rs,ed (maxVz)

	My[kNm]	Mz[kNm]	N[kN]	Ved[kN]
Gr11	6.10a			235,14
	6.10b			232,88
Gr12	6.10a			216,78
	6.10b			209,78

Rozhodující vnitřní síly pro výpočet zatížitelnosti

$$V_{LM71,Ed} = 1090,79 \text{ kN}$$

$$V_{rs,Ed} = 232,88 \text{ kN}$$

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

$$\eta_{1,rs} = \frac{V_{rs,Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{232,88}{1981,50} = 0,12$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{V_{LM71,Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{1090,79}{1981,50} = 0,55$$

$$Z_{LM71} = \frac{1 - 0,12}{0,55} = 1,6$$

3.4.2 Příčné ztužení

Svislé pohyblivé zatížení reprezentováno modelem LM71 má téměř nulové účinky na horní a dolní pásy příčného ztužení a minimální účinek na diagonály příhradoviny příčného ztužení. Tudíž nemá význam počítat zatížitelnost pro tyto prvky a budou pouze posouzeny na únosnost. Bude vytvořena kombinace, simulující stav největších tlakových sil v prutech, protože tyto prvky jsou v našem výpočtovém modelu modelováno jako kyvné, které jsou ze své podstaty vždy namáhány převážně osovou silou. Tato kombinace bude využívat sestavu Gr14, která maximalizuje účinky Bočního rázu a redukuje účinky podélných Rozjezdových nebo Brzdných sil. Bude použita i pro posouzení únosnosti podélných ztužidel viz dále. Pro kombinaci bylo zvažováno zanedbání Rozjezdových sil, protože by mohly dané prvky odlehčovat. Skutečnost byla taková, že odlehčují pouze horní pásy ztužení, a to v řádech desetin kN, tudíž se tento jev odlehčení zanedbá. Každý posuzovaný prut bude posouzen na vzpěrnou únosnost podle 6.3.1.1 v ČSN EN 1993-1-1.

TAB. 11 - Dílčí součinitelé zatížení pro kombinace pro ztužidla

Sestava	Rovnice	Stálé		Proměnné - hlavní		LM71			Rozjezd	Boční ráz	Vitr - vedlejší proměnné	
		ξ	γ_g	γ_q	ψ_0	α	ϕ_3	sk.			γ_q	ψ_0
gr14	6.10a		1,25	1,45	0,8	1	1,284019	1	0,5	1	1,5	0,75
	6.10b	0,85	1,25	1,45		1	1,284019	1	0,5	1	1,5	0,75

TAB. 12 - Kombinace pro maximální tlakovou sílu ve ztužidlech

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<small>*Studentská verze! *Studentská verze! *Studentská verze! *Studentská verze! *Studentská verze! *Studentská verze! *Stu</small>				
Příčné ztužidla - gr14 - 6.10a - minN	Rozjezd	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK	1,25
			Příčné ztuž. u podpory	1,25
			Příčné ztuž.	1,25
			Zavětrování u podpory	1,25
			Zavětrování v poli	1,25
			Chodníkové konzoly	1,25
			Mostnice	1,25
			Kolejnice	1,25
			Vitr	1,13
			Rozjezd	0,58
			LM71-Model 71-Min N	1,49
			Boční ráz-Boční ráz-Min N	1,16
Příčné ztužidla - gr14 - 6.10b - minN	Rozjezd	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK	1,06
			Příčné ztuž. u podpory	1,06
			Příčné ztuž.	1,06
			Zavětrování u podpory	1,06
			Zavětrování v poli	1,06
			Chodníkové konzoly	1,06
			Mostnice	1,06
			Kolejnice	1,06
			Vitr	1,13
			Rozjezd	0,72
			LM71-Model 71-Min N	1,86
			Boční ráz-Boční ráz-Min N	1,45

TAB. 13 - Výsledky normálových sil pruty pro příčná ztužidla

PRŮŘEZ - HORNÍ PÁS

Kombinace - únosnost, min N, Rozjezd N[kN]

Gr14	N[kN]	
	6.10a	11,92
6.10b	15,75	

PRŮŘEZ - DOLNÍ PÁS POLE

Kombinace - únosnost, min N, Rozjezd N[kN]

Gr14	N[kN]	
	6.10a	64,49
6.10b	75,36	

PRŮŘEZ - DIAGONÁLA

Kombinace - únosnost, min N, Rozjezd N[kN]

Gr14	N[kN]	
	6.10a	87,17
6.10b	105,17	

PRŮŘEZ - DOLNÍ PÁS KRAJ

Kombinace - únosnost, min N, Rozjezd N[kN]

Gr14	N[kN]	
	6.10a	64,93
6.10b	84,88	

3.4.2.1 Pruty horních pásů

$$N_{Ed} = 15,75 \text{ kN}$$

Průřezové charakteristiky:

$$A = 1,92 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$i_y = 0,038 \text{ m}$$

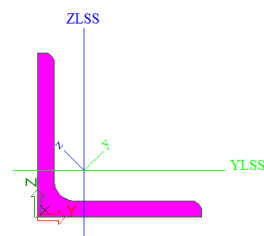
$$i_z = 0,020 \text{ m}$$

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 1,8 \text{ m (v rovině)}$$

$$L_{cr,z} = 1,8 \text{ m (z roviny)}$$

OBR. 38 - Horní pásy - L100x10



$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{1,8}{0,038} = 47,4$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,8}{0,020} = 90,0 \rightarrow \text{rozhoduje}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{90,0}{93,9} = 0,96 \rightarrow \text{křivka } b \rightarrow \chi_z = \mathbf{0,623}$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = 0,623 \times \frac{1,92 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^3}{1,1} =$$

$$= 255,54 \text{ kN} > N_{Ed} = 15,75 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

3.4.2.2 Diagonály

$$N_{Ed} = 105,17 \text{ kN}$$

OBR. 39 - Diagonály - L100x10

Průřezové charakteristiky:

$$A = 1,92 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$i_y = 0,038 \text{ m}$$

$$i_z = 0,020 \text{ m}$$

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 0,85 \times L_{teor} = 0,85 \times 1,323 = 1,125 \text{ m (v rovině)}$$

$$L_{cr,z} = 1,323 \text{ m (z roviny)}$$

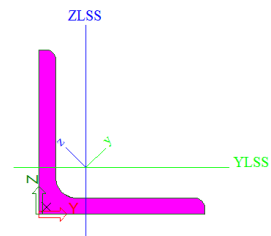
$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{1,125}{0,038} = 29,61$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,323}{0,020} = 66,15 \rightarrow \text{rozhoduje}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{66,15}{93,9} = 0,7 \rightarrow \text{křivka } b \rightarrow \chi_z = \mathbf{0,784}$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = 0,784 \times \frac{1,92 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^3}{1,1} =$$

$$= 321,58 \text{ kN} > N_{Ed} = 105,17 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$



3.4.2.3 Pruty dolních pásů v poli

$$N_{Ed} = 75,36 \text{ kN}$$

OBR. 40 - Dolní pásy v poli - L100x12

Průřezové charakteristiky:

$$A = 2,27 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$i_y = 0,038 \text{ m}$$

$$i_z = 0,019 \text{ m}$$

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 0,9 \text{ m (v rovině)}$$

$$L_{cr,z} = 1,8 \text{ m (z roviny)}$$

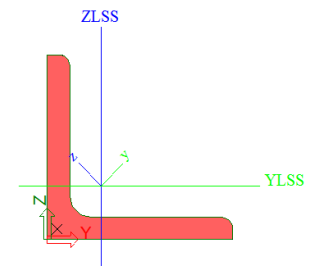
$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{0,9}{0,038} = 23,68$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,8}{0,020} = 90 \rightarrow \text{rozhoduje}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{90}{93,9} = 0,96 \rightarrow \text{křivka b} \rightarrow \chi_z = 0,623$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = 0,623 \times \frac{2,27 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^3}{1,1} =$$

$$302,13 \text{ kN} > N_{Ed} = 75,36 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



3.4.2.4 Pruty dolních pásů u podpor

$$N_{Ed} = 84,88 \text{ kN}$$

OBR. 41 - Dolní pásy u podpor - 2xU160

Průřezové charakteristiky:

$$A = 4,8042 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$i_y = 0,062 \text{ m}$$

$$i_z = 0,030 \text{ m}$$

Vzpěrné délky:

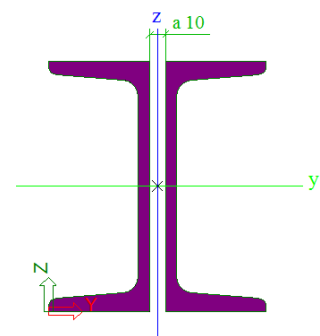
$$L_{cr,y} = 0,9 \text{ m (v rovině)}$$

$$L_{cr,z} = 1,8 \text{ m (z roviny)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{0,9}{0,062} = 14,52$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,8}{0,030} = 60 \rightarrow \text{rozhoduje}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{60}{93,9} = 0,64 \rightarrow \text{křivka b} \rightarrow \chi_z = 0,816$$



$$N_{b,Rd} = \chi_z \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = 0,816 \times \frac{4,8042 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^3}{1,1}$$

$$= 837,50 \text{ kN} > N_{Ed} = 84,88 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

3.4.3 Podélné ztužení

Pruty podélného ztužení jsou dva typy, krajní a střední. Oba průřezy budou posouzeny na únosnost ve vzpěrném tlaku podle 6.3.1.1 v ČSN EN 1993-1-1, na únosnost v interakci tahu a ohybu, vzniklém excentrickým připojením "L" průřezu a na zatížitelnost. Budou použity kombinace zatížení pro vyvození maximální tlakové síly viz výše, plus bude vytvořena nová kombinace simulující vznik maximálních tahových sil v prutech. Při výpočtu zatížitelnosti budou účinky zatížení rozděleny na část vyvolanou modelem 71 a na část vyvolanou ostatními zatíženími, která působí společně s modelem 71. Dílčí součinitele zatížení použitých v kombinacích jsou v tab. 11. Opět se kombinace zasadí do sestavy Gr14 maximalizující Boční ráz.

Kombinace pro maximální tlakovou sílu v prutech je v tab. 12. Tabulky č.14 zobrazují jejich výsledky normálových sil.

TAB 14 - Výsledky tlakových normálových sil pro podélná ztužidla

PRŮŘEZ - POLE

Kombinace - únosnost, min N, Rozjezd

N[kN]		
Gr14	6.10a	132,42
	6.10b	157,73

PRŮŘEZ - KRAJ

Kombinace - únosnost, min N, Rozjezd

N[kN]		
Gr14	6.10a	154,37
	6.10b	167,11

Kombinace pro maximální tahovou sílu v prutech je v tab. 15. Tabulky č.16 zobrazují jejich výsledky normálových sil.

TAB. 15 - Kombinace pro maximální tahovou sílu normálových v podélném ztužení - Gr14, 6.10b ztužení

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<small>*Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze* *Studentká verze*</small>				
Příčné ztužidla - gr14 - 6.10b - maxN	Kombinace tah a ohyb	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK	1,06
			Příčné ztuž. u podpory	1,06
			Příčné ztuž.	1,06
			Zavětrování u podpory	1,06
			Zavětrování v poli	1,06
			Chodníkové konzoly	1,06
			Mostnice	1,06
			Kolejnice	1,06
			Vítr	1,13
			Rozjezd	0,72
			LM71-Model 71-Max N	1,86
			Boční ráz-Boční ráz-Max N	1,45

TAB. 16 - Výsledky tahových sil v podélném

PRŮŘEZ - POLE

Kombinace - tah + ohyb, max N

N[kN]		
Gr14	6.10b	79,43

PRŮŘEZ - KRAJ

Kombinace - tah + ohyb, max N

N[kN]		
Gr14	6.10b	143,09

TAB. 17 - Kombinace pro určení zatížitelnosti podélného ztužení - účinky ostatních zatížení

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<small>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</small>				
Příčné ztužidla - rs,Es - gr14 - 6.10a - minN	Zatížitelnost rozjezd	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK	1,25
			Příčné ztuž. u podpory	1,25
			Příčné ztuž.	1,25
			Zavětrování u podpory	1,25
			Zavětrování v poli	1,25
			Chodníkové konzoly	1,25
			Mostnice	1,25
			Kolejnice	1,25
			Vítr	1,13
			Rozjezd	0,58
			Boční ráz-Boční ráz-Min N	1,16
Příčné ztužidla - rs,Es - gr14 - 6.10b - minN	Zatížitelnost Rozjezd	Lineární - únosnost	Vlastní tíha HNK	1,06
			Příčné ztuž. u podpory	1,06
			Příčné ztuž.	1,06
			Zavětrování u podpory	1,06
			Zavětrování v poli	1,06
			Chodníkové konzoly	1,06
			Mostnice	1,06
			Kolejnice	1,06
			Vítr	1,13
			Rozjezd	0,72
			Boční ráz-Boční ráz-Min N	1,45

TAB. 17 - Kombinace pro určení zatížitelnosti podélného ztužení - účinky modelu 71

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<small>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</small>				
Příčné ztužidla LM71 - 6.10a - minN	Zatížitelnost	Lineární - únosnost	LM71-Model 71-Min N	1,49
Příčné ztužidla LM71 - 6.10b - minN	Zatížitelnost	Lineární - únosnost	LM71-Model 71-Min N	1,86

TAB 19 - Výsledky normálových sil pro určení zatížitelnosti podélného ztužení

PRŮŘEZ - POLE

Kombinace - LM71,ed (minN)

N[kN]	
6.10a	59,74
6.10b	74,58

Kombinace - rs,ed(minN).

N[kN]		
Gr14	6.10a	72,68
	6.10b	83,16

PRŮŘEZ - KRAJ

Kombinace - LM71,ed (minN)

N[kN]	
6.10a	47,07
6.10b	58,7

Kombinace - rs,ed(minN).

N[kN]		
Gr14	6.10a	107,35
	6.10b	108,41

3.4.3.1 Průřez v poli

Posouzení na vzpěrný tlak

$$N_{Ed} = 157,73 \text{ kN}$$

Průřezové charakteristiky:

$$A = 2,75 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$i_y = 0,046 \text{ m}$$

$$i_z = 0,024 \text{ m}$$

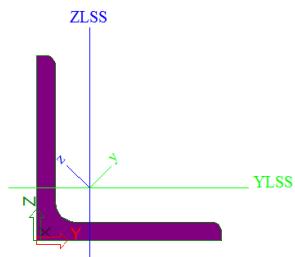
$$W_{y,el} = 6,8768 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 2,766 \text{ m (v rovině)}$$

$$L_{cr,z} = 2,766 \text{ m (z roviny)}$$

OBR. 42 - Průřez zavětrování v poli - L120x12



$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,766}{0,046} = 60,1$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2,766}{0,024} = 115,3 \rightarrow \text{rozhoduje}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{115,3}{93,9} = 1,23 \rightarrow \text{křivka } b \rightarrow \chi_z = \mathbf{0,462}$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = 0,462 \times \frac{2,75 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^3}{1,1}$$

$$= 271,43 \text{ kN} > N_{Ed} = 157,73 \text{ kN}$$

$$\frac{157,73}{271,43} = \mathbf{0,58} < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na interakci tahu a ohybu

$$N_{Ed} = 79,43 \text{ kN}$$

$$M_{y,e,Ed} = N_{Ed} \times e = 79,43 \times \frac{0,12}{2} = 4,77 \text{ kNm}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,75 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^3}{1,0} = 646,25 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{y,el} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6,8768 \times 10^{-5} \times 235 \times 10^3}{1,0} = 16,16 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,e,Ed}}{M_{y,Rd}} = \frac{79,43}{646,25} + \frac{4,77}{16,16} = \mathbf{0,41} < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Z výsledků výše je zřejmé, že rozhodující namáhání prutu v poli je tlakové se započítáním možnosti vzpěru.

Zatížitelnost

Zatížitelnost průřezu v poli bude určena pro tlakové namáhání pouze, protože účinky pohyblivého svislého železničního zatížení, charakterizované modelem 71, vytváří téměř nulové tahové síly v prutech podélného ztužení.

$$N_{rs,Ed} = 83,16 \text{ kN}$$

$$N_{LM71,Ed} = 74,58 \text{ kN}$$

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

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{83,16}{271,43} = 0,31$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{74,58}{271,43} = 0,27$$

$$Z_{LM71} = \frac{1 - 0,31}{0,27} = 2,6$$

3.4.3.2 Průřez u kraje

Posouzení na vzpěrný tlak

$$N_{Ed} = 167,11 \text{ kN}$$

Průřezové charakteristiky:

$$A = 3,724 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$i_y = 0,054 \text{ m}$$

$$i_z = 0,028 \text{ m}$$

$$W_{y,el} = 1,1121 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 2,766 \text{ m (v rovině)}$$

$$L_{cr,z} = 2,766 \text{ m (z roviny)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,766}{0,054} = 52,2$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2,766}{0,028} = 98,79 \rightarrow \text{rozhoduje}$$

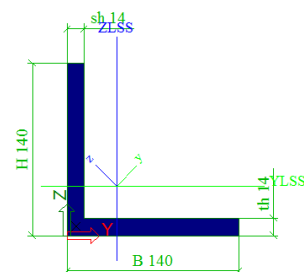
$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{98,79}{93,9} = 1,05 \rightarrow \text{křivka } b \rightarrow \chi_z = 0,566$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \times \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = 0,566 \times \frac{3,724 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^3}{1,1}$$

$$= 450,30 \text{ kN} > N_{Ed} = 167,11 \text{ kN}$$

$$\frac{167,11}{450,30} = 0,37 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

OBR. 43 - Průřez zavětrování u kraje - L140x14



Posouzení na interakci tahu a ohybu

$$N_{Ed} = 143,09 \text{ kN}$$

$$M_{y,e,Ed} = N_{Ed} \times e = 143,09 \times \frac{0,14}{2} = 10,02 \text{ kNm}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,724 \times 10^{-3} \times 235 \times 10^3}{1,0} = 875,14 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{y,el} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,1121 \times 10^{-4} \times 235 \times 10^3}{1,0} = 26,13 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,e,Ed}}{M_{y,Rd}} = \frac{143,09}{875,14} + \frac{10,02}{26,13} = \mathbf{0,55} < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

Z výsledků výše je zřejmé, že rozhodující namáhání prutu u kraje mostu je na interakci tahu s ohybem, což je jinak, než u prutu v poli.

Zatížitelnost

Zatížitelnost průřezu u kraje bude určena opět pouze pro tlakové namáhání, protože stejně jako u prutů v poli vytvoří účinky pohyblivého svislého železničního zatížení, charakterizované modelem 71, téměř nulové tahové síly.

$$N_{rs,Ed} = 108,41 \text{ kN}$$

$$N_{LM71,Ed} = 58,70 \text{ kN}$$

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

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{108,41}{450,30} = 0,24$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{58,70}{450,30} = 0,13$$

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \mathbf{0,24}}{\mathbf{0,13}} = \mathbf{5,8}$$

3.4.4 Přehled zatížitelnosti

TAB 20 - Přehled zatížitelnosti jednotlivých prvků

Prvek	Umístění	Namáhání	Dyn. souč. Φ_3	$\gamma_{M,i}$	$\gamma_{t,LM71}$	Zatížitelnost	
		(vnitřní síly)				Kategorie	Z_{LM71}
Hlavní nosník	Pravý/levý	Ohyb+klopení (N, My, Mz)	1,284	$\gamma_{M0} = 1,0$ $\gamma_{M1} = 1,1$	1,45	C2	1,25
Hlavní nosník	Pravý/levý	Smyk (Vz)	1,284	$\gamma_{M0} = 1,0$ $\gamma_{M1} = 1,1$	1,45	C2	1,60
Podélná ztužidla	Střední	Vzpěrný tlak (N)	1,284	$\gamma_{M0} = 1,0$ $\gamma_{M1} = 1,1$	1,45	C2	2,60
Podélná ztužidla	Krajní	Vzpěrný tlak (N)	1,284	$\gamma_{M0} = 1,0$ $\gamma_{M1} = 1,1$	1,45	C2	5,80

3.5 Posouzení stability polohy

V případě tohoto mostu se jedná o štíhlý, lehký most a mohlo by dojít k jeho převržení, působením větru s normovou rychlostí 25 m/s. Aby konstrukce vyhovovala z hlediska boční stability, musí splňovat podmínku rovnováhy stabilizujícího a destabilizujícího momentu:

$$M_{stab} \geq M_{kl}$$

kde

M_{stab} je moment stabilizující polohu konstrukce

M_{kl} je klopící moment.

Stabilizující moment tvoří celková tíha všech prvků mostní konstrukce a případně svislých pohyblivých zatížení, vztažená na rameni k jednomu z hlavních nosníků. Klopící moment je důsledkem působení příčných vodorovných sil, tj. v tomto případě větru, na ramenech uvažovaných ke spodnímu líci hlavních nosníků. V úvahu budeme brát případ, kdy svislé pohyblivé zatížení na konstrukci je nezatížený vlak o tíze 10 kN/m, působící po celé délce hlavní nosné konstrukce 17,20 m. Základní rychlost větru budeme pro oblast severních Čech uvažovat:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 25 = 25 \text{ m/s}$$

Zatížení větrem bereme z kapitoly 3.2.5 :

Zatížení větrem:

$$f_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C = 0,5 \times 1,25 \times 25^2 \times 4,05 = 1582,03 \text{ N/m}^2 = 1,582 \text{ kN/m}^2$$

Spojitě zatížení větrem po délce mostu:

$$w = f_w \times d_{tot} = 1,582 \times 5,197 = \mathbf{9,36 \text{ kN/m}}$$

Stabilizující zatížení

<i>Nosná konstrukce</i>	$4,663 \times 2 \times 17,2$	160,41 kN
<i>Příčná ztužidla</i>	$1,32 \times 2 + 1,00 \times 7$	9,64 kN
<i>Podélná ztužidla</i>	$4 \times 1,00 + 4 \times 0,76$	7,04 kN
<i>Chodníky</i>	$4,72 \times 18$	84,96 kN
<i>Mostnice</i>	$1,6 \times 29$	46,40 kN
<i>Kolejnice</i>	$0,5 \times 2 \times 17,2$	17,20 kN
<u><i>Nezatížený vlak</i></u>	<u>$10 \times 17,2$</u>	<u>172,00 kN</u>

$$G = 497,6 \text{ kN na rameni } 0,9 \text{ m}$$

Destabilizující zatížení

<u><i>Nezatížený vlak</i></u>	<u>$9,36 \times 17,2$</u>	<u>160,99 kN</u>
-------------------------------	--------------------------------------	------------------

$$H = 160,99 \text{ kN na rameni } \frac{d_{tot}}{2} = \frac{5,197}{2} \text{ m}$$

$$M_{stab} = 497,65 \times 0,9 = 447,89 \text{ kNm}$$

$$M_{kl} = 160,99 \times \frac{5,197}{2} = 416,23 \text{ kNm}$$

$$M_{stab} = 447,89 \text{ kNm} < M_{kl} = 416,23 \text{ kNm}$$

→ **PODMÍNKA STABILITY NEVYHOVUJE.**

Možným řešením je snížit základní rychlost větru na hodnotu odpovídající skutečným podmínkám v místě polohy mostu, která by byla získána statistickým vyhodnocením hodnot rychlostí větru naměřených přímo v místě objektu. Další variantou by mohlo být ukotvení ložisek.

4.ZÁVĚR

Provedenou prohlídkou nebyly zjištěny žádné závady, které by mohly ve větším měřítku ovlivnit zatížitelnost mostu. Největším problémem je dožívající protikorozní ochrana z roku 1989, která je na většinové ploše ocelové konstrukce zrezivělá či oloupaná. Vzhledem k faktu, že nátěry proti korozi na mostech mají životnost asi 30 let, jejich stav odpovídá danému předpokladu. Další vady vykazují jednotlivé mostnice, kde se buď objevuje začínající hniloba nebo nejsou dokonale uloženy na ocelových úložných lištách.

Z následného výpočtu zatížitelnosti bylo zjištěno, že nejmenší rezervu v zatížitelnosti pro model LM71 má hlavní nosník, jehož zatížitelnost je $Z_{LM71} = 1,25$. Dále byla vypočtená zatížitelnost hlavního nosníku ve smyku s hodnotou $Z_{LM71} = 1,60$ a zatížitelnosti prutů podélného ztužení, z nichž za zmínku stojí ty střední, o hodnotě $Z_{LM71} = 2,60$.

Hodnota zatížitelnosti zjištěná v tomto výpočtu může být dále ovlivněna únosnostmi dalších prvků např. příčných výztuh hlavních nosníků nebo únosností svarů a jejich únavy. Zatížitelnost s ohledem na únavovou únosnost nebyla stanovena z důvodu nízké intenzity provozu na trati.

SEZNAM FOTODOKUMENTACE

Foto 1	Pohle na celý most zprava
Foto 2	Pohled na ztužidlo a nosníky
Foto 3	Opěra O 01
Foto 4	Pilíř P 01
Foto 5	Opěra O 02
Foto 6	Uložení mostnic
Foto 7	Upevnění na pozednice
Foto 8	Pohled ve směru staničení
Foto 9	Pohled proti směru staničení
Foto 10	Rez podhledu
Foto 11	Rez u svaru
Foto 12	Rez na nosné konstrukci
Foto 13	Rez na ložisku
Foto 14	Odhalená výztuž na O 02
Foto 15	Pozednice na O 02 s chybějící podkladnicí
Foto 16	Mezera mezi mostnicových sedlem a ocelovou úložnou lištou
Foto 17	Chybějící mostnicový šroub
Foto 18	Hniloba mostnice, porušená drážebnost vrtulí
Foto 19	Vyklonění zábradlí
Foto 20	Mokřad a vegetace pod mostem

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 Výpočetní model prostorový v axiometrii
- Obr. 2 Výpočetní model střednicový v axiometrii
- Obr. 3 Výpočetní model prostorový - pohled zepředu
- Obr. 4 Výpočetní model střednicový - pohled zepředu
- Obr. 5 Výpočetní model prostorový - pohled z boku
- Obr. 6 Výpočetní model střednicový - pohled z boku
- Obr. 7 Výpočetní model prostorový - pohled shora
- Obr. 8 Výpočetní model střednicový - pohled shora
- Obr. 9 Geometrie krajního průřezu
- Obr. 10 Geometrie středního průřezu
- Obr. 11 Pohled na příčné ztužení
- Obr. 12 Pruty příčného ztužení
- Obr. 13 Pohled na skutečné připojení příčného a podélného ztužení
- Obr. 14 Pohled na podélné ztužení
- Obr. 15 Rozmístění prutů podélného ztužení - pohled shora
- Obr. 16 Pohled na mostnice
- Obr. 17 Detail uložení mostnic
- Obr. 18 Průřez hlavního nosníku použitý pro výpočet vlastní tíhy
- Obr. 19 Půdorysné schéma chodníku
- Obr. 20 Vlastní tíha nosné konstrukce
- Obr. 21 Zatížení krajními příčnými ztužidly
- Obr. 22 Zatížení středními příčnými ztužidly
- Obr. 23 Zatížení podélnými krajními ztužidly
- Obr. 24 Zatížení podélnými středními ztužidly
- Obr. 25 Zatížení chodníky
- Obr. 26 Zatížení mostnicemi
- Obr. 27 Zatížení kolejnicemi
- Obr. 28 Zatěžovací soustava UIC 71
- Obr. 29 Poloha jednotkového zatížení pro LM71 a Boční ráz
- Obr. 30 Impulzy jednotkového pohyblivého zatížení pro model LM71
- Obr. 31 Impulzy jednotkového pohyblivého zatížení pro Boční ráz
- Obr. 32 Poloha Rozjezdových a Brzdových sil
- Obr. 33 Excentricita svislého pohyblivého zatížení
- Obr. 34 Určení parametru $c_{fx,0}$

- Obr. 35 Určení parametru c_e
- Obr. 36 Zatížení větrem
- Obr. 37 Tlačený pás hlavního nosníku
- Obr. 38 Průřez horních pásů příčného ztužení - L100x10
- Obr. 39 Průřez diagonál příčného ztužení - L100x10
- Obr. 40 Průřez dolních pásů příčného ztužení v poli - L100x12
- Obr. 41 Průřez horních pásů příčného ztužení u podpor - 2xU160
- Obr. 42 Průřez zavětrování v poli - L120x12
- Obr. 43 Průřez zavětrování u kraje - L140x14

SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Dílčí součinitelé kombinací pro hlavní nosník
Tab. 2	Výpis kombinací pro maximální interakci M_y , M_z , N
Tab. 3	Výpis kombinací pro maximální posouvající sílu
Tab. 4	Výsledky vnitřních sil na hlavním nosníku
Tab. 5	Kombinace pro určení zatížitelnosti HN v ohybu - ostatní zatížení
Tab. 6	Kombinace pro určení zatížitelnosti HN v ohybu - model 71
Tab. 7	Výsledky vnitřních sil pro určení zatížitelnosti HN v ohybu
Tab. 8	Kombinace pro určení zatížitelnosti HN ve smyku - ostatní zatížení
Tab. 9	Kombinace pro určení zatížitelnosti HN ve smyku - model 71
Tab. 10	Výsledky vnitřních sil pro určení zatížitelnosti ve smyku
Tab. 11	Dílčí součinitelé zatížení pro kombinace pro ztužidla
Tab. 12	Kombinace pro maximální tlakovou sílu ve ztužidlech
Tab. 13	Výsledky normálových sil pro pruty příčných ztužidel
Tab. 14	Výsledky tlakových normálových sil pro podélná ztužidla
Tab. 15	Kombinace pro maximální tahovou sílu v prutech ztužidel
Tab. 16	Výsledky tahových normálových sil pro podélná ztužidla
Tab. 17	Kombinace pro určení zatížitelnosti podélného ztužení - ostatní zatížení
Tab. 18	Kombinace pro určení zatížitelnosti podélného ztužení - model 71
Tab. 19	Výsledky normálových sil pro určení zatížitelnosti podélných ztužidel
Tab. 20	Přehled zatížitelnosti jednotlivých prvků

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

ČSN EN 1990-1: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1991-1-4: Zatížení větrem

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-5: Navrhování ocelových konstrukcí - Boulení stěn

ČSN EN 1993-1-8: Navrhování ocelových konstrukcí - Navrhování styčnicků

ČSN EN 1993-2: Navrhování ocelových konstrukcí - Ocelové mosty

Novelizace směrnice pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů, SŽDC

Studnička, J.: Ocelové konstrukce, ČVUT, Praha 2004, s. 144, ISBN 80-01-02942-5

Vraný, T. - Wald. F.: Ocelové konstrukce, Tabulky, ČVUT Praha, 2010

Dolejš, J. - Ryjáček, P.: Ocelové mosty, Cvičení, ČVUT Praha, 2013

Rotter, T. - Studnička, J.: Ocelové mosty, ČVUT Praha 2001

Protokol o podrobné prohlídce, SŽDC, 2015

Archivní výkresová dokumentace TÚ 1141 Česká Lípa - Liberec, evd. km 108,493 z října roku 1987

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1

Příčný řez