



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce

Prohlídka a posouzení železničního mostu v Suchdole nad Odrou

The inspection and the assessment of the railway bridge in Suchdol nad Odrou

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

5/2023

Jan Ruttner



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Ruttner Jméno: Jan Osobní číslo: 494178

Zadávací katedra: K134

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Prohlídka a posouzení železničního mostu v Suchdole nad Odrou

Název bakalářské práce anglicky: The inspection and the assesment of the railway bridge in Suchdol nad Odrou

Pokyny pro vypracování:

Předmětem BP je prohlídka mostu s ohledem na zjištění geometrických charakteristik, stavu a poškození.

Na jejím základě pak vytvoření série 2D rovinných modelů pro K2-K11, sestavení rozboru zatížení a získání namáhání na hlavních nosnicích těchto mostu. V rozboru se zohlední vliv styků, převýšení koleje a příčných účinků a teploty. Na základě posouzení v tabulkovém procesoru pak stanovení rozdílů v namáhání mezi mosty a volba rozhodující konstrukce.

Na základě posouzení se pro tyto 2 konstrukce na stejných modelech stanoví předběžná přechodnost.

Seznam doporučené literatury:

- ČSN EN 1991-2
- ČSN EN 1993-2
- S5/I

Jméno vedoucího bakalářské práce: prof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 1.3.2023 Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2023

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“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

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

V Praze, dne 22. května 2023

Jan Ruttner

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat panu prof. Ing. Pavlu Ryjáčkovi, Ph.D. za vedení této práce. Díky jeho pomoci, připomínkám, trpělivosti a zkušenostem jsem byl schopen práci vypracovat. Dále děkuji všem svým kolegům za veškerou výpomoc a asistenci. Jmenovitě Milanu Machovi, který mi pomáhal při stylistické úpravě a zpětné kontrole práce. V neposlední řadě děkuji své rodině za veškerou podporu.

Anotace

Cílem této práce je stanovení namáhání hlavních nosníků a na základě namáhání výběr rozhodující konstrukce mostu pro finální posouzení, kdy je most tvořen několika typovými sekcemi. Typové sekce se skládají z daného počtu konstrukcí. Pro nejvíce namáhanou konstrukci se stanovila zatížitelnost hlavního nosníku. Součástí práce byla vizuální prohlídka, která se uskutečnila v Suchdolu nad Odrou. Dále byla stanovena předběžná přechodnost hlavních nosníků pro rozhodující konstrukce tohoto železničního mostu. V rámci prohlídky byl zjištěn a zdokumentován stav mostního objektu, dále vady a poruchy. Na základě prohlídky byly zpracovány výpočetní modely a byla vybrána nejvíce zatížená konstrukce každé typové sekce.

Výpočty a posouzení byly provedeny v souladu se systémem evropských norem zavedených do systému českých státních norem ČSN EN.

Klíčová slova

Namáhání, zatížitelnost, most, hlavní nosník, přechodnost, prohlídka, výpočetní model

Annotation

The aim of this thesis is the inspection and the load capacity assessment of the main girders of the single-track railway bridge in Suchdol nad Odrou. Based on the assessment the most loaded and therefore critical structures were selected. Furthermore, the preliminary transience of these critical structures was determined. The inspection documented the condition of the railway bridge, including the defects and imperfections. Based on the inspection a series of planar computational models were created. Consequently, the most crucial structure was selected.

The calculations and the assessments were carried out in compliance with the European standards adopted in the National standards of the Czech Republic.

Keywords

Load, main girder, transience, inspection, computational model

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Zpráva o prohlídce mostu.....	8
2.1 Identifikační údaje mostu.....	8
2.2 Popis objektu.....	9
2.2.1 Základní údaje o mostním objektu.....	9
2.2.2 Základní popis mostního objektu.....	10
2.2.3 Typová sekce 0 (K01).....	10
2.2.3.1 Základní parametry sekce.....	10
2.2.3.2 Hlavní nosná konstrukce.....	10
2.2.3.3 Mostovka.....	11
2.2.3.4 Ložiska.....	11
2.2.3.5 Spodní stavba.....	11
2.2.4 Typová sekce A (K02 – K05).....	12
2.2.4.1 Základní parametry sekce.....	12
2.2.4.2 Nosná konstrukce.....	12
2.2.4.3 Ložiska.....	12
2.2.4.4 Spodní stavba.....	12
2.2.5 Typová sekce B (K06 – K08).....	13
2.2.5.1 Základní parametry sekce.....	13
2.2.5.2 Hlavní nosná konstrukce.....	13
2.2.5.3 Mostovka.....	14
2.2.5.3 Ložiska.....	14
2.2.5.5 Spodní stavba.....	14
2.2.6 Typová sekce A (K09 – K11).....	15
2.2.6.1 Základní parametry sekce.....	15
2.2.6.2 Nosná konstrukce.....	15
2.2.6.3 Ložiska.....	15
2.2.6.4 Spodní stavba.....	15
2.2.7 Železniční svršek.....	16
2.2.7.1 Železniční svršek typové sekce „0“.....	17
2.2.7.2 Železniční svršek typové sekce „A“.....	17
2.2.7.3 Železniční svršek typové sekce „B“.....	17
2.2.8 Mostní vybavení.....	17
2.3 Popis závad a poruch.....	19

2.3.1	Poruchy a závady nosné konstrukce a spodní stavby	19
2.3.1.1	Závady a poruchy typové sekce „0“	19
2.3.1.2	Závady a poruchy typové sekce „A“(K02 – K05).....	21
2.3.1.3	Závady a poruchy typové sekce „B“	23
2.3.1.4	Závady a poruchy typové sekce „A“(K09 – K11).....	25
2.3.2	Poruchy a závady železničního svršku a mostního vybavení	26
2.3.2.1	Závady a poruchy železničního svršku.....	26
2.3.2.2	Závady a poruchy mostního vybavení.....	27
2.4	Hodnocení celkového stavu objektu	29
3.	Zatížení.....	30
3.1	Stálé zatížení	30
3.1.1	Vlastní tíha	30
3.1.2	Ostatní stálé zatížení	30
3.2	Proměnné zatížení	33
3.2.1	Model zatížení LM 71	33
3.2.2	Dynamický součinitel.....	36
3.2.3	Odstředivé síly	37
3.2.4	Boční ráz	39
3.2.5	Zatížení od rozjezdu a brzdění.....	40
3.2.6	Zatížení od teploty.....	41
3.2.6.1	Rovnoměrná složka teploty.....	41
3.2.6.2	Nerovnoměrná složka teploty.....	41
3.2.7	Zatížení větrem.....	42
3.3	Kombinace zatížení.....	45
3.3.1	Dílčí součinitele zatížení	45
3.3.2	Sestavy zatížení.....	46
3.3.3	Kombinace zatížení.....	46
3.4	Materiál	47
3.5	Boulení.....	47
3.6	Smyk	49
3.7	Výpočetní modely.....	50
3.7.1	Zatěžovací stavy.....	51
3.7.2	Výsledné namáhání hlavních nosníků	55
3.7.3	Zatížitelnost	56
4.	Předběžné určení přechodnosti	58

4.1 Dynamický součinitel	58
4.2 Zatížení.....	58
5.Závěr	62
Seznam tabulek	63
Seznam obrázků.....	64
Použité programy	66
Seznam použité literatury a zdrojů	67

1. Úvod

Tato práce má za cíl stanovení namáhání hlavních nosníků a na základě namáhání výběr rozhodujících konstrukcí mostu pro finální posouzení. Jedná se o železniční ocelový jednokolejný most, který se nachází v širé trati na traťovém úseku TÚ 1991 v km 1,222 v Suchdole nad Odrou v okrese Nový Jičín v Moravskoslezském kraji. Namáhání a zatížitelnost hlavních nosníků je provedena v souladu s předpisem SŽ S5/1 „Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů“.

Nejprve byla provedena prohlídka mostu. Během prohlídky proběhlo zaměření geometrických charakteristik, stavu a poškození. K tomu byla pořízena příslušná fotodokumentace.

Na základě prohlídky byla vytvořena série rovinných modelů v programu Dlubal RFEM pro konstrukce K2 až K11. Byl sestaven rozbor zatížení a získáno namáhání hlavních nosníků tohoto mostu. Výsledkem bylo stanovení rozhodující konstrukce každé typové sekce pro přepočítání nosné konstrukce. Pro nejnamáhanější konstrukci se určila zatížitelnost hlavního nosníku.

Závěrem se na základě namáhání hlavních nosníků určila pro nejvíce zatížené hlavní nosníky každé typové sekce jejich předběžná přechodnost.

Tato práce vznikla jako součást zakázky pro diagnostiku a přepočty strategických přemostění v obvodu OŘ Ostrava – I. etapa.

2. Zpráva o prohlídce mostu

Prohlídka mostu byla provedena současně s diagnostickým průzkumem prováděným Katedrou ocelových a dřevěných konstrukcí Fakulty stavební ČVUT v Praze. Pro popis stavu konstrukce byly využity vlastní poznatky autora práce a podklady a informace uvedené v [1],[2] a [3].

2.1 Identifikační údaje mostu

- Železniční most na traťovém úseku TÚ 1991 Suchdol nad Odrou (mimo) – Nový Jičín město (včetně), v km 1,222
- Definiční úsek DÚ 02 Suchdol nad Odrou – Šenov u Nového Jičín
- Katastrální území Suchdol nad Odrou [759163], obec Suchdol nad Odrou a Kunín [677281], obec Kunín
- Traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí C3/40
- Správce objektu: Správa železnic, státní organizace OŘ Ostrava



Obrázek 1: Pohled na konstrukce K01 – K06 [2]

2.2 Popis objektu

2.2.1 Základní údaje o mostním objektu

Objekt je ocelový železniční jednokolejný most. Nachází se v extravilánu v Suchdole nad Odrou na traťovém úseku TÚ 1991 v km 1,222 jednokolejně neelektrifikované trati Suchdol nad Odrou (mimo) – Nový Jičín město (včetně) s traťovou rychlostí 40 km/hod. Most slouží k přemostění trvalého vodního toku Odra a přilehlého inundačního území. Kolej na mostu je vedena v přímé a na konci mostu přechází pomocí přechodnice do levostranného oblouku. Niveleta stoupá ve směru staničení. Most je přístupný po drážním tělese. Vlastníkem objektu je Správa železnic, státní organizace – Oblastní ředitelství Ostrava.

Nosné konstrukce byly vyměněny v rámci rekonstrukce ve dvou etapách, a to v letech 1957 (K02 – K05, K09 – K11) a 1965 (K01, K06 – K08). Konstrukce prochází pravidelnými prohlídkami. Poslední oprava proběhla roku 2010. Proběhla výměna mostnic, úprava podlah na mostnicích, nátěry ocelových konstrukcí, sanace konstrukcí spodní stavby a nové zálivky ložisek.

Základní číselné údaje:

- Délka mostu: 114,131 m
- Úhel křížení: 90°
- Délka přemostění: 108,459 m
- Počet nosných konstrukcí: 11
- Maximální šířka mostu: 6,650 m
- Počet otvorů: 11

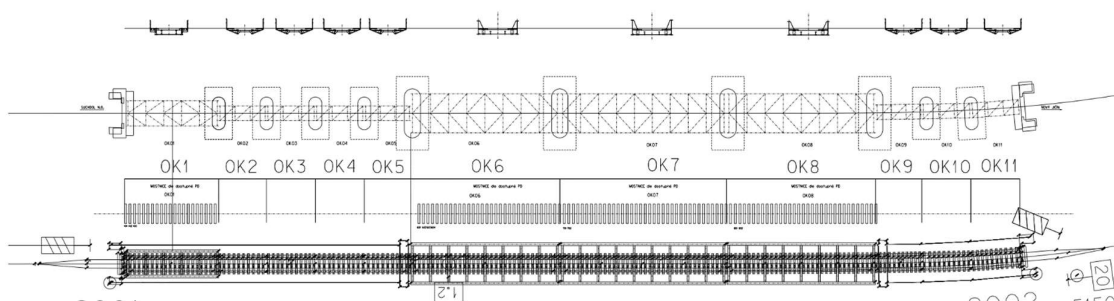


Obrázek 2: Satelitní snímek mostního objektu [4]

2.2.2 Základní popis mostního objektu

Mostní objekt je navržen jako trémový most a skládá z celkem 11 konstrukcí (značených K01 – K11) proměnných typových sekcí (celkem 3). Konstrukce jsou ze statického hlediska prosté nosníky. Typové sekce jsou řazeny následovně:

1. K01 – typová sekce 0
2. K02 až K05 – typová sekce A
3. K06 až K08 – typová sekce B
4. K09 až K11 – typová sekce A



Obrázek 3: Dispoziční schéma mostního objektu [5]

2.2.3 Typová sekce 0 (K01)

2.2.3.1 Základní parametry sekce

- Délka konstrukce: 11,400 m
- Rozpětí: 11,000 m
- Šířka: 4,850 m

2.2.3.2 Hlavní nosná konstrukce

Hlavní nosná konstrukce se skládá ze dvou plnostěnných svařovaných nosníků tvaru I s proměnnou tloušťkou pásnic o celkové výšce 770-806 mm, šířky pásnic 350 mm a osové vzdálenosti nosníků 3100 mm. Horní a dolní pásnice je zesílena plechy tloušťky 18 mm a šířky 320 mm. Dolní podélné vodorovné ztužení hlavních nosníků je tvořeno zdvojenými rovnoramennými ocelovými profily L 70x8 mm.

2.2.3.3 Mostovka

Mostovka je zapuštěná prvková tvořená příčnicíky a podélníky. Příčnicíky jsou plnostěnné svařované nosníky profilu I výšky 545 mm, šířky pásnic 240 mm a osová vzdálenost příčnicíků je 2200 mm. Příčnicíky jsou připojeny pomocí svaru. Podélníky jsou plnostěnné nosníky profilu I výšky 360 mm, šířky pásnic 200 mm a osová vzdálenost podélníků je 1800 mm.

2.2.3.4 Ložiska

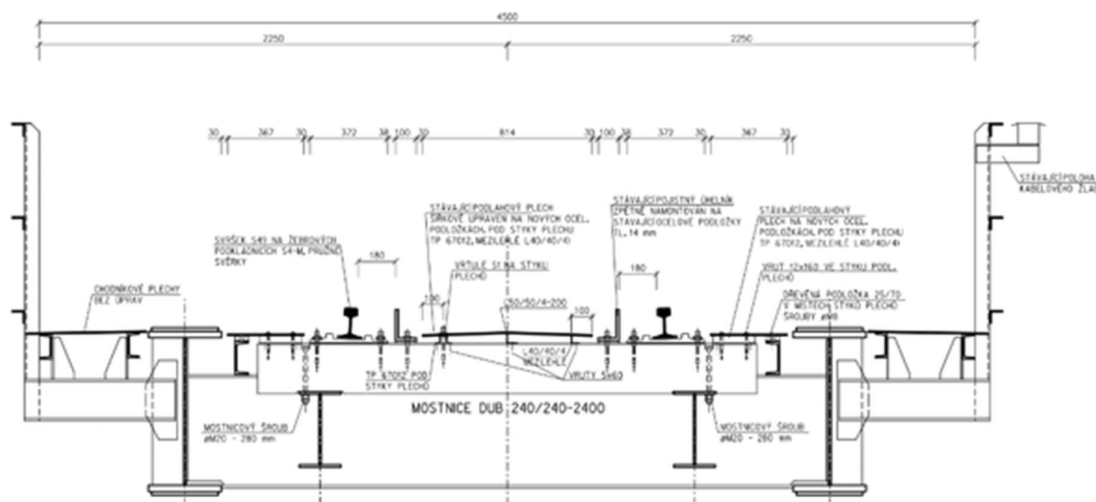
Konstrukce K01 je podepřena ocelovými vahadlovými ložisky. Ložiska jsou umístěna na opěře O01 a pilíři P01. Na opěře se nachází dvojice pevných ložisek a na pilíři dvojice podélně posuvných ložisek.

2.2.3.5 Spodní stavba

Spodní stavba konstrukce je tvořena opěrou O01 a pilířem P01. Opěra je kamenná, řádkování čisté. Úložný práh a závěrná zeď jsou z železobetonu. Šířka opěry je 4,60 m s viditelnou výškou 1,48 m. Křídla jsou rovnoběžná, železobetonová. Přejížděná zeď po obou stranách je rovnoběžná. Přejížděná zeď je gabionová. Svah u mostního objektu po obou stranách je kuželový, kamenný, spárovaný. Opěra je plošně založena.

Pilíř je kamenný, řádkování čisté. Úložný práh je železobetonový. Šířka pilíře je 4,15 m, s viditelnou výškou 1,65 m. Pilíř má oválný půdorysný tvar a je plošně založený.

Poznámka: Vzhledem k tomu, že je typová sekce 0 jen jedna a provádí se plnohodnotný přepočítatelnosti, není typová sekce 0 předmětem dalšího řešení.



Obrázek 4: Příčný řez typovou sekci „0“ [3]

2.2.4 Typová sekce A (K02 – K05)

2.2.4.1 Základní parametry sekce

- Délky konstrukcí: 5,762 – 6,000 m
- Rozpětí konstrukcí: 5,475 – 5,700 m
- Max. šířka konstrukcí: 4,810 m

2.2.4.2 Nosná konstrukce

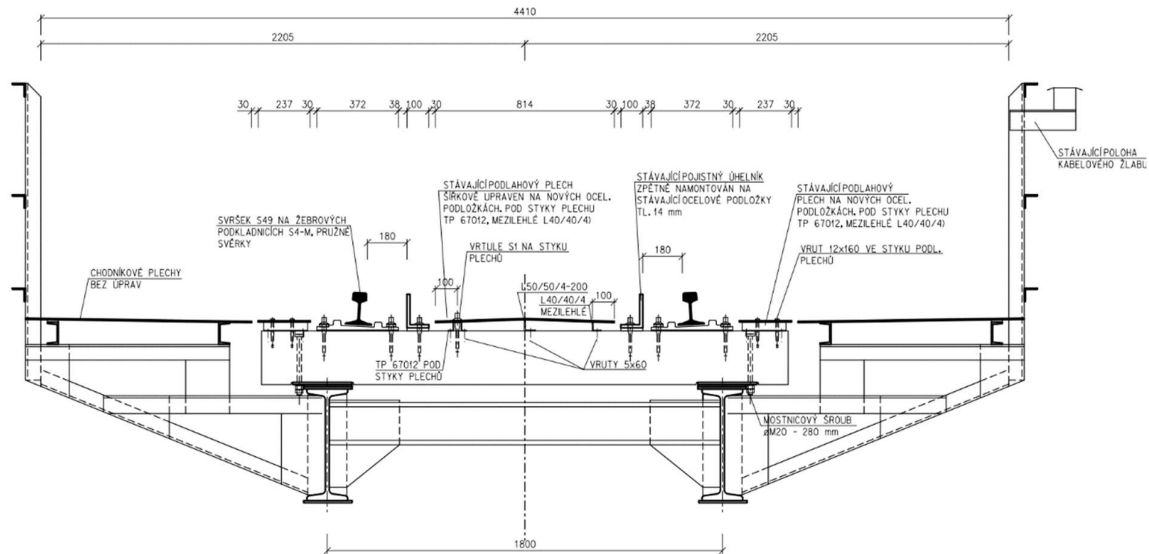
Nosná konstrukce se skládá ze dvou plnostěnných nosníků bez mostovky. Nosníky jsou profilu I výšky 500 mm, šířky pásnic 185 mm a osová vzdálenost nosníků 1800 mm. Horní pásnice je zesílena plechem tloušťky 20 mm a šířky 200 mm a přídavným plechem tloušťky 10 mm a šířky 250 mm. Přídavný plech slouží k ukotvení mostnic. Dolní pásnice je zesílena plechem tloušťky 20 mm a šířky 200 mm. Podélné příhradové ztužení hlavních nosníků je tvořeno ocelovými profily L 90x10 mm u krajních polí konstrukcí a L 80x10 mm u prostředního pole konstrukce. Příčné ztužení hlavních nosníků je tvořeno z ocelových profilů U 160 o osovou vzdálenost 1900 mm. Spoje jsou svařované a nýtované.

2.2.4.3 Ložiska

Konstrukce K02 – K04 jsou podepřeny ocelovými tangenciálními ložisky po obou stranách. Ložiska jsou umístěna na pilířích P01 – P04. Konstrukce K05 je na pilíři P04 podepřena tangenciálními ložisky a na pilíři P05 je K05 podepřena dvojicí podélně posuvných vahadlových ložisek.

2.2.4.4 Spodní stavba

Spodní stavba konstrukcí je tvořena pilíři (P01 – P05). Pilíře jsou z kamenného řádkového zdiva. Úložné kvádry pod ložisky jsou žulové. Šířka pilířů je 3,55 m, viditelná výška pilířů je 1,95 m. Pilíře mají oválný půdorysný tvar a jsou plošně založeny.



Obrázek 5: Příčný řez typovou sekcí „A“ K02 – K05 [3]

2.2.5 Typová sekce B (K06 – K08)

2.2.5.1 Základní parametry sekce

- Délky konstrukcí: 18,270 – 20,300 m
- Rozpětí konstrukcí: 17,840 – 19,890 m
- Šířka konstrukcí: 5,150 m

2.2.5.2 Hlavní nosná konstrukce

Hlavní nosná konstrukce se skládá ze dvou plnostěnných svařovaných nosníků tvaru I, které mají rozdílnou geometrii pro konstrukce K06, K08 a konstrukci K07. Hlavní nosníky konstrukcí K06 a K08 mají z obou krajů v délce 3450 mm výšku 1640 mm, tloušťku pásnic 20 mm, tloušťku stěny 12 mm a šířku pásnic 350 mm. V poli mají nosníky výšku 1668 mm, ta je způsobena zesílením horní a dolní pásnice plechem 14 mm. Hlavní nosníky konstrukce K07 mají z obou krajů v délce 2900 mm výšku 1790 mm, tloušťku pásnic 20 mm, tloušťku stěny 12 mm a šířku pásnic 350 mm. V poli mají tyto nosníky výšku 1830 mm, ta je způsobena zesílením horní a dolní pásnice plechem tloušťky 20 mm. Osová vzdálenost hlavních nosníků K06 – K08 je 3100 mm. Hlavní nosníky typové sekce „B“ jsou opatřeny příčnými výztuhami. Dolní podélné vodorovné ztužení hlavních nosníků je tvořeno zdvojenými rovnoramennými ocelovými profily

L 70x8 mm. Uprostřed rozpětí konstrukcí se nachází brzdné ztužení, které je tvořeno sestavou rovnoramenných úhelníků.

2.2.5.3 Mostovka

Mostovka je dolní prvková tvořená příčnicí a podélníky. Příčnicí jsou plnostěnné svařované nosníky profilu I výšky 585 mm, šířky pásnic 260 mm a osová vzdálenost příčnicí je 2210 mm. Příčnicí jsou připojeny pomocí svaru. Podélníky jsou plnostěnné nosníky profilu I výšky 360 mm, šířky pásnic 200 mm a osová vzdálenost podélníků je 1800 mm. Stabilita podélníků je zajištěna ocelovými válcovanými profily U 160 umístěných v polovině rozpětí podélníků.

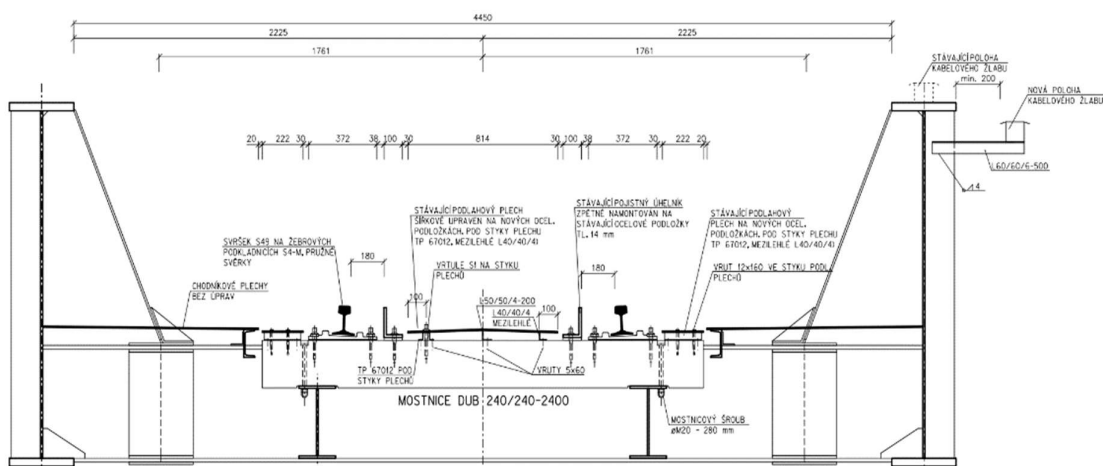
2.2.5.3 Ložiska

Konstrukce K06 – K08 jsou podepřeny ocelovými vahadlovými ložisky. Konstrukce K06 je podepřena na pilíři P05 dvojicí podélně posuvných ložisek a na pilíři P06 dvojicí pevných ložisek. Konstrukce K07 je podepřena na pilíři P06 dvojicí pevných ložisek a na pilíři P07 dvojicí podélně posuvných ložisek. Konstrukce K08 je podepřena na pilíři P07 dvojicí pevných ložisek a na P08 dvojicí podélně posuvných ložisek.

2.2.5.5 Spodní stavba

Spodní stavba konstrukcí je tvořena pilíři (P05 – P08). Pilíře jsou kamenné, řádkování čisté. Úložné prahy jsou železobetonové. Šířka pilířů je v rozmezí 6,15 – 6,35 m, viditelná výška pilířů je v rozmezí 1,60 – 2,70 m. Pilíře mají oválný půdorysný tvar a jsou plošně založeny. Pilíře P06 a P07 jsou chráněny pomocí Larsenových stěn.

NA KONSTRUKCI OK 06 - OK 08 M 1:15



Obrázek 6: Příčný řez typovou sekcí „B“ [3]

2.2.6 Typová sekce A (K09 – K11)

2.2.6.1 Základní parametry sekce

- Délky konstrukcí: 5,757 – 6,000 m
- Rozpětí konstrukcí: 5,420 – 5,725 m
- Šířka konstrukcí: 4,940 m

Typová sekce „A“ pro konstrukce K09 – K11 je z hlediska nosné konstrukce totožná s typovou sekcí „A“ pro konstrukce K02 – K05. Konstrukce K09 a K10 jsou umístěny v přechodnici a konstrukce K11 v přechodnici a oblouku.

2.2.6.2 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce se skládá ze dvou plnostěnných nosníků bez mostovky. Nosníky jsou profilu I výšky 500 mm, šířky pásnic 185 mm a osové vzdálenosti nosníků 1800 mm. Horní pásnice je zesílena plechem tloušťky 20 mm a šířky 200 mm a přídatným plechem tloušťky 10 mm a šířky 250 mm. Přídatný plech slouží k ukotvení mostnic. Dolní pásnice je zesílena plechem tloušťky 20 mm a šířky 200 mm. Podélné příhradové ztužení hlavních nosníků je tvořeno ocelovými profily L 90x10 mm u krajních polí konstrukcí a L 80x10 mm u prostředního pole konstrukce. Příčné ztužení hlavních nosníků je tvořeno z ocelových profilů U 160 o osové vzdálenost 1900 mm. Spoje jsou svařované a nýtované.

2.2.6.3 Ložiska

Konstrukce K09 – K11 jsou podepřeny ocelovými tangenciálními ložisky na obou stranách. Ložiska jsou umístěna na pilířích P08 – P10 a na opěře O02.

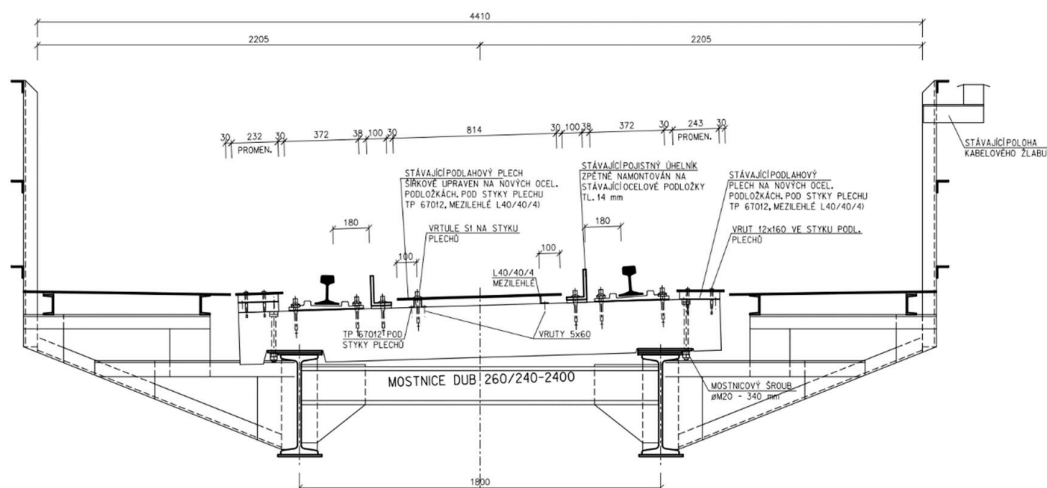
2.2.6.4 Spodní stavba

Spodní stavba konstrukcí je tvořena pilíři a opěrou (P09 – O02). Pilíře jsou kamenné, řádkování čisté. Úložné kvádry pod ložisky jsou žulové. Šířka pilířů je 3,55 m, viditelná výška pilířů je 1,60-2,05 m. Pilíře mají oválný půdorysný tvar a jsou plošně založeny.

Opěra je kamenná, nepravidelné řádkování. Úložné kvádry pod ložisky žulové. Závěrná zeď železobetonová. Šířka opěry je 4,30 m s viditelnou výškou 1,99 m. Křídla jsou rovnoběžná,

železobetonová. Přechodová zeď je gabionová a po obou stranách rovnoběžná. Svah u mostního objektu po obou stranách je kuželový, kamenný, spárovaný.

NA KONSTRUKCI OK 09 - OK 11 M 1:15



Obrázek 7: Příčný řez typovou sekcí „A“ K09 – K11 [3]

2.2.7 Železniční svršek

Přes most je vedena jednokolejná trať. Směrové vedení koleje po délce mostu je v přímé a na konci přechází pomocí přechodnice do levostranného oblouku. Železniční svršek je tvořen kolejnicemi S49 upevněných na dubových mostnicích. Podkladnice jsou žebrové S4. Kolejnice jsou připevněny pomocí pružných svěrek Skl 24. Před a za mostem jsou po celé délce umístěny pojistné úhelníky. Pojistné úhelníky jsou profilu L 150x100x10 mm, uložené na ocelových podložkách a připevněny pomocí vrtulí. Vzdálenost od vnitřní hrany kolejnice po obou stranách se pohybuje v rozmezí 180–185 mm. Celková délka pojistných úhelníku je cca. 125 m. Před a za mostem je otevřené kolejové lože s dřevěnými pražci.

Kolejnice na mostě je stykovaná a kolejnicové styky jsou po délce mostu umístěny následovně:

- Před opěrou O01, max. spára 12 mm
- 2905 mm od začátku K03, max. spára 4 mm
- Na pilíři P05, styk K05 a K06, max. spára 14 mm
- 3110 mm od začátku K09, max. spára 8 mm

2.2.7.1 Železniční svršek typové sekce „O“

Železniční svršek sekce se skládá z dubových dřevěných mostnic s protištěpnými sponami v počtu 21 kusů. Uložení mostnic je plošné se svislými zajišťovacími šrouby. Mostnice mají rozměry 240/240/2450 mm s výškou v uložení 230 mm. Světlost mezi mostnicemi dosahuje hodnoty až 330 mm. Rozdělení mostnic se pohybuje v rozmezí 520–560 mm. Dřevěná pozednice s protištěpnými sponami je umístěna na opěře (O01), uložená na závěrné zdi. Pozednice má rozměry 205/260/2420 mm.

2.2.7.2 Železniční svršek typové sekce „A“

Železniční svršek sekce se skládá z dubových dřevěných mostnic s protištěpnými sponami v počtu 73 kusů. Uložení mostnic je plošné s vertikálními zajišťovacími šrouby. Mostnice mají rozměry 240/240/2450 mm s výškou v uložení 230 mm. Světlost mezi mostnicemi dosahuje hodnoty až 330 mm. Rozdělení mostnic se pohybuje v rozmezí 520–560 mm. Dřevěná pozednice s protištěpnými sponami je umístěna na opěře (O02), uložená na závěrné zdi. Pozednice má rozměry 240/240/2260 mm. V přechodnici a oblouku jsou použity mostnice průřezu 240/260 mm. Mostnice jsou uloženy přímo na hlavních nosnících.

2.2.7.3 Železniční svršek typové sekce „B“

Železniční svršek sekce se skládá z dubových dřevěných mostnic s protištěpnými sponami v počtu 108 kusů. Uložení mostnic je plošné s vertikálními zajišťovacími šrouby. Mostnice mají rozměry 240/240/2400 mm s výškou v uložení 225 mm. Rozdělení mostnic se pohybuje v rozmezí 520–560 mm. V přechodnici jsou použity mostnice průřezu 240/260 mm. Mostnice jsou uloženy na podélnících.

2.2.8 Mostní vybavení

Podlahy – po obou stranách mostu jsou umístěny chodníkové podlahy ze slízkových a rýhovaných plechů tloušťky 6 mm, které jsou připevněné šrouby. Stejně tak v koleji a na hlavách mostnic, kde jsou plechy připevněné vrtulemi.

Zábradlí – na konstrukcích K06 a K08 je zábradlí tvořeno přesahy plnostěnných hlavních nosníků s výškou horních pásnic od podlahy 950 mm, na K07 je zábradlí tvořeno obdobně s výškou horních pásnic od podlahy 1110 mm. Na zbytku konstrukcí je ocelové zábradlí z ocelových „L“ profilů s výškou 1020–1080 mm, spoje na ocelovou konstrukci jsou nýtové a ve výběžích svarové. Ocelové zábradlí je tvořeno 1 madlem a 2 příčlemi. Počet sloupků po

délce mostu činí oboustranně 42. Sloupky jsou ve výběžích zalité v římse, na ocelové konstrukci jsou přinýtované k chodníkovým konzolám.

Jiná a cizí zařízení – na vnější straně pravého zábradlí vede kabelový žlab.



Obrázek 8: Typová sekce „B“ [2]

2.3 Popis závad a poruch

2.3.1 Poruchy a závady nosné konstrukce a spodní stavby

2.3.1.1 Závady a poruchy typové sekce „0“

Mostní konstrukce – dolní pásnice a stojiny hlavních nosníků, příčníků a podélníků jsou důlkovitě oslabené o 2-3 mm. Na horním povrchu dolních pásnic hlavních nosníků jsou usazeniny a nečistoty. Profily vodorovného ztužení jsou po délce pokryty korozními zplodinami, které mohou způsobovat degradaci PKO. Styčnickové plechy podélného vodorovného ztužení hlavních nosníků jsou důlkovitě oslabené až o 2 mm. Hlavy nýtů jsou v těchto místech podstatně oslabeny korozi. Některé úhelníky podélného ztužení hlavních nosníků jsou v pravé části v délce až 150 mm deformovány směrem dolů až do 10 mm. Dolní pásnice obou podélníků jsou ve 2. až 5. poli v délce až 350 mm deformované směrem nahoru až o 30 mm. Korozní produkty stékají po stěnách podélníků. Dolní pásnice levého a pravého podélníku je místy plasticky zdeformována, tato deformace vznikla s největší pravděpodobností při manipulaci s konstrukcí při osazování. Dále jsou dolní pásnice podélníků lokálně pokryty korozními zplodinami.



Obrázek 9: Plastická deformace dolní pásnice levého podélníku [2]



Obrázek 10: Důlkovité oslabení pravého hlavního nosníku [2]

Ložiska – u pevných ložisek umístěných na opěře O01 je patrná důlková a štěrbinová koroze, dále je také lokálně poškozená PKO. U posuvného ložiska je patrná důlková a štěrbinová koroze, dále je také lokálně poškozená PKO. Obetonování ložisek je popraskané a degradované. Na pilířích jsou ložiska prosedlá až o 10 mm.



Obrázek 11: Pevné ložisko na opěře O01 [2]

Opěra a pilíř – v dolní části opěry O01 jsou viditelné stopy po průsacích vody. Na hranách jsou samostatně popraskané kameny. Na horním lící úložného prahu opěry jsou trhliny. Na pilíři P01 jsou patrné stopy po stékající vodě, korozních zplodinách a nachází se na něm drobná vegetace. Některé kameny jsou popraskané a degradované. Spárování je v dolní části opěry popraskané a místy vypadané. Křídla a svahy jsou bez zjevných závažných závad.



Obrázek 12: Pilíř P01 [2]

2.3.1.2 Závady a poruchy typové sekce „A“ (K02 – K05)

Mostní konstrukce – vnější líc horní a vnitřní líc dolních pásnic hlavních nosníků jsou znečištěné, tyto nečistoty mohou způsobovat degradaci PKO. Na přechodu konstrukce K03/K04 je natočen pravý hlavní nosník, pravděpodobně vlivem sedání podpor. U některých svislých mostnicových šroubů je špatně provedený PKO nátěr. Na pilířích P03 (vpravo), P04 (vpravo) se konstrukce dotýkají nebo jsou tak blízko, že se v letních (vyšších) teplotách dotýkají. Důsledkem mohou být přídavné síly způsobené vlivem neumožnění volné deformace. Na K04 je patrná důlková koroze profilu. Na příčnicích je patrná viditelná přetřená koroze. Dále na příčníky stékají nečistoty ze železničního svršku, které mohou způsobit degradaci PKO.



Obrázek 13: Sdružené ložisko K04/K05 [2]



Obrázek 14: Znečištěný hlavní nosník konstrukce K04 [2]

Ložiska – hlavní závadou ložisek je nedostatečná délka šroubů. Dále také lokálně odlupující se nátěr PKO a následná koroze. Na levém ložisku K02 je nedostatečná výška nadložiskových plechů způsobující kontakt dolní pásnice s podložiskovým blokem.



Obrázek 15: Podélně posuvné ložisko K05 [2]

Pilíře – Na pilířích jsou patrné stopy po stékající vodě, korozních zplodinách a nachází se na nich drobná vegetace.

2.3.1.3 Závady a poruchy typové sekce „B“

Mostní konstrukce – dolní pásnice a stojiny hlavních nosníků a příčníků jsou důlkovitě oslabené o 2-3 mm. Dále se na vnějším líci hlavních nosníků nachází nečistoty, které mohou způsobovat degradaci PKO. Lokálně je PKO hlavních nosních nosníků nesprávně provedena. V úrovni chodníkových podlahových plechů jsou stojiny hlavních nosníků důlkovitě oslabené až o 2 mm v délce 200 mm. Horní pásnice příčníků jsou v místech připojení k hlavním nosníkům důlkovitě oslabené až o 2 mm v délce 200 mm. Horní i dolní pásnice podélníků jsou v místech připojení k příčníkům důlkovitě oslabené až o 2 mm v délce 300 mm. Korodující svislé mostnicové šrouby způsobují ztékání korozních zplodin po stěnách podélníků, což může způsobovat degradaci PKO. Dále je nátěr PKO podélníků lokálně nesprávně nanesený. Stojiny koutových výztuh hlavních nosníků jsou v úrovni chodníkových podlahových plechů důlkovitě oslabené až o 2 mm, na výšku 60 mm. Diagonála vodorovného ztužení na K06 je částečně

plasticky zdeformovaná. Dále na K06 je plasticky zdeformovaný styčníkový plech vodorovného ztužení.



Obrázek 16: Plastická deformace vodorovného ztužení na K06 [2]

Ložiska – na pohyblivých ložiskách na pilíři P05 je mírné posuvné zkřivení. Na posuvném ložisku na P06 je nekvalitně provedený nátěr PKO a nátěr se místy odlupuje. Na P07 chybí v místě upevnění vahadla levého pevného ložiska šrouby. Na pevném ložisku P07 je vlivem špatného provedení detailu šterbinová koroze v místě kontaktu plechů. Ložiska konstrukcí jsou obecně mírně znečištěná a pokryta drobnou vegetací, důsledkem může být degradace PKO.



Obrázek 17: Odlupující se nátěr PKO na pohyblivém ložisku P06 [2]

Pilíře – na pilířích jsou patrné stopy po stékání vody. Pilíře místy prorůstají mechem. Ochranné profily založení pilíře P06 na tzv. „Larsenové“ stěně korodují. Povrch obsypu základu P06 je pokrytý mechem.



Obrázek 18: Dřík a ochrana pilíře P06 [2]

2.3.1.4 Závady a poruchy typové sekce „A“ (K09 – K11)

Mostní konstrukce – vnější líc horní a vnitřní líc dolních pásnic hlavních nosníků jsou znečištěné, tyto nečistoty mohou způsobovat degradaci PKO. U některých svislých mostinových šroubů je špatně provedený PKO nátěr. Na pilíři P10 (vpravo) se konstrukce dotýkají nebo jsou tak blízko, že se v letních teplotách dotýkají. Důsledkem mohou být přídavné síly způsobené vlivem neumožnění volné deformace. Na příčnicích je patrná viditelná přetřená koroze. Dále na příčnících stékají nečistoty ze železničního svršku, které mohou způsobit degradaci PKO.

Ložiska – hlavní závadou ložisek je nedostatečná délka šroubů. Dále také lokálně odlupující se nátěr PKO a následná koroze.

Pilíře a opěra – na pilířích jsou patrné stopy po stékání vody. Pilíře místy prorůstají mechem. Úložný práh opěra O02 je zanesený a znečištěný. Na opěře jsou mírné stopy po průsacích vody. Některé kameny jsou popraskané a degradované. Spárování je v dolní části opěry popraskané a místy vypadané. Křídla a svahy jsou bez zjevných závažných závad.



Obrázek 19: Pohled na znečištěné a zkorodované tangenciální ložisko [2]

2.3.2 Poruchy a závady železničního svršku a mostního vybavení

2.3.2.1 Závady a poruchy železničního svršku

Mostnice – mostnice jsou slabě popraskané. Některé mostnicové šrouby jsou zkorodované a uvolněné. Mostnice na K02 je napadená dřevokaznou houbou. Některé mostnice mají vypadané protištěpné spony.

Pozednice – na obou opěrách jsou mírně popraskané.

Pojistné úhelníky – mají plošně povrchově degradovanou PKO. Na úhelnících prostupuje koroze a šrouby v montážních spojích jsou místy deformované nebo uvolněné.

Kolejnicové styky – na K09 je deformovaná hlava kolejnice v místě kolejnicového styku vlivem průjezdu vlaků. Umístění kolejnicových styků na K03 a K09 je nevhodné, neboť při průjezdu vlaků dochází k rázovému zatížení kolejnicových pásů způsobující přidavné zatížení na tyto konstrukce.

2.3.2.2 Závady a poruchy mostního vybavení

Podlahy – na povrchu je degradovaný, místy mechem prorůstající nátěr, který je znečištěný od brzdného prachu. Některé podlahové plechy jsou zdeformované a prohnuté, což způsobuje místy koncentraci a zadržování vody. Na konstrukcích K06 – K08 jsou podlahové plechy důlkovitě oslabené až o 3 mm. Na hlavách mostnic je sešlý, místy mechem prorůstající nátěr, který je znečištěný od brzdného prachu. Podlahové plechy jsou vlnovitě deformované a mírně prohnuté. Upevnění podlahových plechů je místy nedotažené. V koleji jsou nátěry podlahových plechů sešlé, místy prorůstají mechem a jsou znečištěny brzdným prachem. Některé plechy jsou vlnovitě zdeformované a prohnuté, v prohnutých místech se koncentruje a zdržuje voda. Upevnění plechů je místy nedotažené.

Zábradlí – nátěr prorůstá mechem a je znečištěné od brzdného prachu. Na levé straně K03 jsou horní a dolní příčle u 4. zábradelního sloupku uvolněné. Na pravé straně K03 jsou příčle u 2. a 4. sloupku uvolněné. Na K04 je horní příčle vlevo u 3. sloupku uvolněná. Na K05 vlevo je 6. zábradelní sloupek deformovaný. Na K09 je dolní příčle vlevo u 5. a 6. sloupku uvolněná. Dále je vlevo u 6. zábradelního sloupku uvolněné madlo. Na K10 je dolní příčle vlevo u 2. zábradelní sloupku uvolněná. Vlevo je 3. a 4. zábradelní sloupek deformovaný ve směru staničení. Na opěře O02 je zdeformované levé madlo.

Kabelové žlaby – spojovací materiál žlabů má nedostatečnou PKO a koroduje. Lokálně je viditelná deformace kabelové žlabu.



Obrázek 20: Podélná deformace zábradlí [2]



Obrázek 21: Mostnice napadená dřevokaznou houbou [2]



Obrázek 22: Znečištěné mostní vybavení [2]

2.4 Hodnocení celkového stavu objektu

Z globálního hlediska je stav všech nosných konstrukcí dobrý. V rámci prohlídky nebyly zjištěny žádné kritické závady ohrožující provoz či spolehlivost mostu. Zjištěné poruchy mohou ale mít určitý omezený vliv na únosnost. Na konstrukci nebylo zjištěno takové korozní oslabení ovlivňující globální namáhání nosné konstrukce a je bez vlivu na posouzení únosnosti.

Železniční svršek a mostní vybavení jsou globálně v uspokojivém stavu. Pouze kolejnicové styky na K03 a K09 způsobují při průjezdu vlaku dodatečné rázové zatížení hlavních nosníků.

Stav spodní stavby lze globálně považovat za uspokojivý s ohledem na nedávnou sanaci.

3. Zatížení

Z hlediska zatížení byly vybrány následující zatěžovací stavy, které jsou rozhodující pro volbu nejvíce namáhané nosné konstrukce.

3.1 Stálé zatížení

3.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha hlavních nosníků konstrukcí je generována automaticky ve statickém softwaru a bude zadána jako samostatný zatěžovací stav.

3.1.2 Ostatní stálé zatížení

Požadavkem v rámci pokynů pro vypracování bakalářské práce je vytvoření 2D (rovinných) modelů. Vzhledem ke skutečnosti, že typové sekce mají prvkovou mostovku (nebo mostovku nemají, ale skládají se z osamělých prvků), je kromě vlastní tíhy hlavních nosníků nutné provést výpočet ostatního stálého zatížení ručně. Ostatní stálé zatížení je v modelech uvažováno jako osamělá břemena, která jsou v modelech umístěna na základě geometrie mostu. Konstrukce typové sekce „A“ jsou osazeny chodníkovými konzolami nesoucími primárně podlahové plechy a bezpečnostní zařízení. Tyto prvky jsou v modelu zahrnuty jako osamělá břemena spočítána na základě příčných a podélných řezů typové sekce „A“. Prvky působící v příčném směru (např. příčníky, podélné výztuhy atd.) jsou v modelech též uvaženy jako osamělá břemena. Změna zatěžovací šířky u krajních konzol není uvažována, jejím zanedbáním je výpočet na straně bezpečnosti. Chodníkové konzoly ve skutečnosti způsobují kroutící momenty. Tyto momenty se však přenáší do příčníků, tudíž se tyto momenty zohlední jako svislé zatížení.

Typová sekce „B“ je spočtena identickým způsobem.

Železniční svršek je po celé délce mostu uvažován jako liniové zatížení. Všechny typové sekce (vyjma železničního svršku) se vynásobí konstrukčním součinitelem $\gamma_{kčni}$, který zohledňuje prvky nezahrnuté v hlavním rozboru, například styčnickové plechy, spoje apod.

Rozbor ostatního stálého zatížení je uveden v tabulkách 1 a 2.

Tabulka 1: Rozbor stálého zatížení typové sekce „A“

Rozbor stálého zatížení typové sekce "A"							
Nosná konstrukce	A [m ²]	ρ [kN/m ³]	f _k [kN/m]	L [m]	F [kN]	γ _{kčn}	F _k [kN]
Příčník U 200	-	-	0.25	0.900	0.23	1.3	0.30
Podélná výztuha krajního pole L 90x10	-	-	0.11	1.309	0.16	1.3	0.20
Podélná výztuha středního pole L 80x10	-	-	0.12	1.309	0.15	1.3	0.19
Chodníkové konzoly	A [m ²]	ρ [kN/m ³]	f _k [kN/m]	L [m]	F [kN]	γ _{kčn}	F _k [kN]
Dolní konzola L 70x8	-	-	0.08	1.315	0.11	1.3	0.14
Horní konzola L 70x8	-	-	0.08	0.995	0.08	1.3	0.11
Horní konzola nesoucí podlahové plechy 2*L 70x8	-	-	0.17	0.930	0.16	1.3	0.20
Podpora podlahových plechů 2*U 100	-	-	0.21	1.900	0.40	-	0.40
Pochozí plechy - tl. 6mm	0.006	78.5	0.49	1.900	0.92	-	0.92
Zábradlí 3*L 60x6	-	-	0.14	1.900	0.26	-	0.26
Sloupek L 70x8	-	-	0.08	1.330	0.11	-	0.11
					ΣF _k	=	2.15
Železniční svršek	A [m ²]	ρ [kN/m ³]	f _k [kN/m]				
Kolejnice - S49	-	-	0.49				
Mostnice - dub	-	-	1.6				
Pojistné úhelníky	-	-	0.23				
Pochozí plechy svršku	0.00476	78.5	0.37				
		Σf _k	=	2.69			

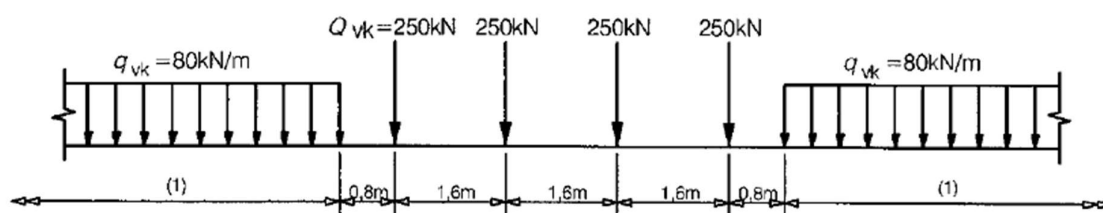
Tabulka 2: Rozbor stálého zatížení typové sekce „B“

Rozbor stálého zatížení typové sekce "B"							
Nosná konstrukce	A [m ²]	ρ [kN/m ³]	f _k [kN/m]	L [m]	F [kN]	γ _{kčn}	F _k [kN]
Příčník I 585	0.016	78.5	1.23	2.400	2.96	1.3	3.85
Podélná výztuha 2*L 75X8	-	-	0.18	1.400	0.25	1.3	0.33
Výztuhy hlavních nosníků tl.10mm	1.084	78.5	-	-	0.85	1.3	1.11
Příčné ztužení podélníků U 160X75	-	-	0.19	0.788	0.15	1.3	0.19
Podélník - I 360	0.008	78.5	0.64	2.210	1.42	1.3	1.85
Mostní vybavení	A [m ²]	ρ [kN/m ³]	f _k [kN/m]	L [m]	F [kN]	γ _{kčn}	F _k [kN]
Pochozí plechy tl. 6mm	0.007	78.5	0.53	2.210	1.16	1.30	1.51
					ΣF _k	=	1.51
Železniční svršek	A [m ²]	ρ [kN/m ³]	f _k [kN/m]				
Kolejnice - S49	-	-	0.49				
Mostnice - dub	-	-	1.6				
Pojistné úhelníky	-	-	0.23				
Pochozí plechy svršku	0.005	78.5	0.37				
		Σf _k	=	2.69			

3.2 Proměnné zatížení

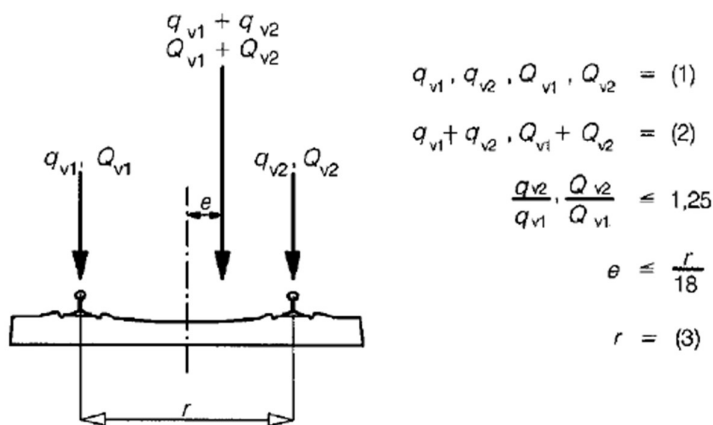
3.2.1 Model zatížení LM 71

Zatížení železniční dopravou na tratích s normálním rozchodem je uvedeno v [7], 6.3.2. Geometrické uspořádání a charakteristické hodnoty svislých zatížení se uvažují dle obrázku 23. Zatěžovací vlak LM 71 se na konstrukce umístí tak, aby vyvolal nejnepříznivější účinky zatížení. Ve výpočetním modelu byl vlak posouván po 0,25 m ve i proti směru staničení. Zatěžovací vlak působí na každou kolejnici polovinou svého charakteristického svislého zatížení s uváženou excentricitou.



Obrázek 23: Model zatížení 71 a charakteristické hodnoty svislého zatížení [7]

Výpočet excentricity svislého zatížení se stanoví dle [7], 6.3.5. Kolejová doprava působí s excentricitou uvedenou na obrázku 24. Excentricita se v modelu LM71 projeví příčným roznosem sil v poměru 1,25 : 1. Tato excentricita může působit na obě strany a vypočítá se podle (1) .



Obrázek 24: Excentricita svislého zatížení [7]

$$e = \frac{r}{18} = \frac{1500}{18} = 83 \text{ mm} \quad (1)$$

Tento fakt má za následek nutnost odlišit varianty jízdy vlaku – jde tedy v zásadě o tvorbu kombinací zatížení, vystihujících provoz na mostě. První varianta zohledňuje jízdu vlaku traťovou rychlostí. Důsledkem je pro konstrukce K08 – K11 vznik odstředivé síly podle [7], 6.5.1, a tudíž posun excentricity podle [7], 6.3.5 vodorovně vpravo ve směru jízdy, tedy přitížení pravého hlavního nosníku. Druhou variantou je velmi pomalá jízda či úplně zastavení vlaku na kterékoliv konstrukci, tedy odstředivá síla nevzniká. Tato varianta má za důsledek posun excentricity podle [7], 6.3.5 vodorovně vlevo, a tudíž přitížení levého hlavního nosníku.

Dále je nutné zohlednit excentricitu koleje vůči ose mostu. Z měření polohy osy koleje v rámci prohlídky vyplynulo, že osa koleje je vůči ose mostu vychýlena vyjma K07 vlevo po celé délce mostu. Pro každou z konstrukcí jsou tyto naměřené hodnoty excentricit a procentuálního rozdělení svislého zatížení LM71 uvedeny v tabulkách 3 a 4. Kladné hodnoty v tabulkách značí posun excentricity vodorovně vlevo a záporné vodorovně vpravo vůči ose mostu ve směru staničení. Výsledkem je určení procentuálního zatížení od modelu LM71 pro levý a pravý hlavní nosník v tabulkách 3 a 4.

Tabulka 3: Procentuální zatížení hlavních nosníků – pomalá jízda vlaku

Odstředivá síla nevzniká					
Konstrukce	$e_{\text{ČSN EN 1991-2, 6.3.5.}}$ [mm]	e_{koleje} [mm]	Σe [mm]	P_L [%]	P_P [%]
K02	-83	-21	-104	56,9	43,1
K03	-83	-21	-104	56,9	43,1
K04	-83	-19	-102	56,8	43,2
K05	-83	-13	-96	56,4	43,6
K06	-83	-5	-88	55,9	44,1
K07	-83	3	-86	55,7	44,3
K08	-83	-43	-126	58,4	41,6
K09	-83	-58	-141	59,4	40,6
K10	-83	-58	-141	59,4	40,6
K11	-83	-27	-110	57,3	42,7

Tabulka 4: Procentuální zatížení hlavních nosníků – vznik odstředivé síly

Vznik odstředivé síly podle ČSN EN 1991-2, kap. 6.5.1.					
Konstrukce	$e_{\text{ČSN EN 1991-2, 6.3.5.}}$ [mm]	e_{koleje} [mm]	Σe [mm]	P_L [%]	P_P [%]
K08	83	-43	40	47,3	52,7
K09	83	-58	25	48,3	51,7
K10	83	-58	25	48,3	51,7
K11	83	18	101	43,3	56,7

Závěrečným krokem je vyčíslení hodnot Q_{vk} a q_{vk} pro každou konstrukci na základě procentuálního rozdělení z tabulek 3 a 4. Tyto hodnoty jsou uvedené v tabulce 5 a 6 .

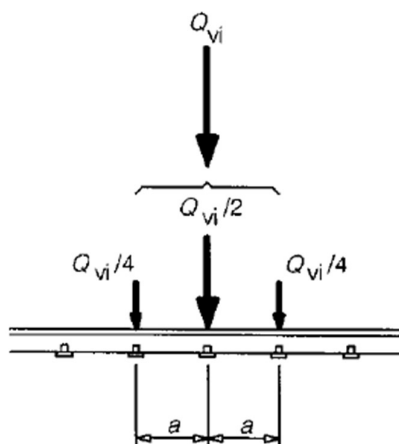
Tabulka 5: Působení svislého zatížení LM71 na hlavní nosníky – pomalá jízda vlaku

Model zatížení LM 71 - odstředivá síla nevzniká								
Konstrukce	Q_{vk} [kN]	q_{vk} [kN/m]	P_L [%]	P_P [%]	$Q_{vk,L}$ [kN]	$Q_{vk,P}$ [kN]	$q_{vk,L}$ [kN/m]	$q_{vk,P}$ [kN/m]
K02	250	80	56,9	43,1	142,3	107,8	45,5	34,5
K03			56,9	43,1	142,3	107,8	45,5	34,5
K04			56,8	43,2	142,0	108,0	45,4	34,6
K05			56,4	43,6	141,0	109,0	45,1	34,9
K06			55,9	44,1	139,8	110,3	44,7	35,3
K07			55,7	44,3	139,3	110,8	44,6	35,4
K08			58,4	41,6	146,0	104,0	46,7	33,3
K09			59,4	40,6	148,5	101,5	47,5	32,5
K10			59,4	40,6	148,5	101,5	47,5	32,5
K11			57,3	42,7	143,3	106,8	45,8	34,2

Tabulka 6: Působení svislého zatížení LM71 na hlavní nosníky – vznik odstředivé síly

Model zatížení LM 71 - vznik odstředivé síly podle ČSN EN 1991-2, kap. 6.5.1.								
Konstrukce	Q_{vk} [kN]	q_{vk} [kN/m]	P_L [%]	P_P [%]	$Q_{vk,L}$ [kN]	$Q_{vk,P}$ [kN]	$q_{vk,L}$ [kN/m]	$q_{vk,P}$ [kN/m]
K08	250	80	47,3	52,7	118,3	131,8	37,8	42,2
K09			48,3	51,7	120,8	129,3	38,6	41,4
K10			48,3	51,7	120,8	129,3	38,6	41,4
K11			43,3	56,7	108,3	141,8	34,6	45,4

Podélný roznos osamělých sil Q_{vk} v modelu zatížení 71 se roznáší do tří podporových bodů kolejnice dle obrázku 25. Tento roznos je aplikován při modelování zatížení LM71 na hlavní nosníky.



Obrázek 25: Podélný roznos osamělých sil Q_{vk} [7]

kde Q_{vi} je osamělá síla na každé kolejnici od modelu zatížení 71. Vzdálenost mezi podporovými body kolejnice a je zvolena 550 mm.

3.2.2 Dynamický součinitel

Dynamický součinitel pro jednotlivé konstrukce se stanoví dle [7], 6.4.5 jako $\phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,73$, kde L_ϕ je definována jako „náhradní délka“ definovaná v [7], tabulka 6.2. „Náhradní délka“ L_ϕ je pro prostě podepřené nosníky rovna rozpětím jednotlivých konstrukcí ve směru hlavních nosníků. Dále je nutné zohlednit vliv kolejnicových styků umístěných na konstrukcích K03 a K09. Tyto styky při průjezdu vlaků způsobují dodatečné rázové zatížení hlavních nosníků. Toto dodatečné zatížení se zohlední v dynamických součinitelích těchto konstrukcí dle [15], 7.6.5 podle vzorce (2). Pro tyto konstrukce tedy vzniká dynamický součinitel $\sup \delta$, který je aplikován na celou nosnou konstrukci.

$$\sup \delta = \delta + 0,20 * (\delta - 1,00) \quad (2)$$

Dynamické součinitele jednotlivých konstrukcí jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Hodnoty dynamických součinitelů

Konstrukce	Náhradní délka L_ϕ [m]	Dynamický součinitel ϕ_3	$\sup \delta$
K02	5,6	1,73	-
K03	5,705	1,72	1,86
K04	5,7	1,72	-
K05	5,475	1,74	-
K06	17,84	1,27	-
K07	19,89	1,24	-
K08	17,84	1,27	-
K09	5,42	1,74	1,89
K10	5,7	1,72	-
K11	5,725	1,72	-

3.2.3 Odstředivé síly

Vliv odstředivé síly působící na mostní objekt se stanoví dle [7], 6.5.1. Odstředivé síly působí vodorovným směrem ven z oblouku (resp. přechodnice) ve výšce 1,80 m nad temenem kolejnice. Výpočet odstředivých sil se provede dle rovnic (3) a (4).

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f * Q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f * Q_{vk}) \quad (3)$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f * q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f * q_{vk}) \quad (4)$$

Vzhledem ke skutečnosti, že se konstrukce K08 až K10 nachází plně v přechodnici, lze zvolit střední hodnotu poloměru r . Vztah pro výpočet této hodnoty vychází z rovnice (5) uvedené v [11].

$$A^2 = R * L_k = rl \quad (5)$$

Úpravou této rovnice se vyjádří neznámá r

$$r = \frac{RL_k}{l} \quad (6)$$

Konstrukce K11 se je umístěna v přechodnici a oblouku. Hodnoty odstředivých sil Q_{tk} a q_{tk} vznikajících na konstrukcích K08 – K11 jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Hodnoty odstředivých sil pro K08 – K11

Výpočet odstředivé síly dle ČSN EN 1991-2, kap 6.5.1									
Konstrukce	L_k [m]	l [m]	R [m]	v_n [km/hod]	r [m]	Q_{vk} [kN]	q_{vk} [kN/m]	Q_{tk} [kN]	q_{tk} [kN/m]
K08	23.022	4.455	168	40	868	250	80	3.63	1.16
K09	23.022	11.61			333	250	80	9.45	3.03
K10	23.022	17.16			225	250	80	13.97	4.47
K11	23.022	23.022			168	250	80	18.75	6.00

Vliv odstředivé síly se do rovinných modelů zavede jako svislé zatížení působící na hlavní nosníky. Toto zatížení je získáno z momentových podmínek pro zmíněné konstrukce uvedené v tabulce 9. Kladné hodnoty zatížení v tabulkách značí přitížení hlavních nosníků a záporné odtížení hlavních nosníků.

Tabulka 9: Svislé působení odstředivých sil na hlavní nosníky K08 – K11

Svislé působení odstředivé síly na hlavní nosníky							
Konstrukce	Q _{tk} [kN]	q _{tk} [kN/m]	Rameno "r" [m]	F _{tk} [kN]		f _{tk} [kN/m]	
				F _{tk,LHN}	F _{tk,PHN}	f _{tk,LHN}	f _{tk,PHN}
K08	3.63	1.16	1.705	-1.289	1.289	-0.412	0.412
K09	9.45	3.03	2.493	-13.09	13.09	-4.19	4.19
K10	13.97	4.47	2.506	-19.45	19.45	-6.23	6.23
K11	18.75	6.00	2.511	-26.15	26.15	-8.37	8.37

3.2.4 Boční ráz

Boční ráz uvedený v [7], 6.5.2. reprezentuje vodorovné osamělé zatížení silou $Q_{sk} = 100$ kN, která je rovnoměrně rozdělena na obě kolejnice, působí tedy 2×50 kN. Směr působení bočního rázu respektuje úvahu zahrnutou v kapitole 3.2.1. V případě vzniku odstředivé síly působí boční ráz ve stejném směru jako odstředivá síla. V případě, že vlak pojíždí přes most pomalou rychlostí, působí boční ráz vlevo. Do modelu je boční ráz zaveden jako svislé zatížení působící na hlavní nosník. Toto zatížení je získáno na základě momentových podmínek. Výsledné hodnoty svislého působení bočního rázu na hlavní nosníky je uvedeno v tabulkách 10 a 11. Kladné hodnoty zatížení v tabulkách značí přitížení hlavních nosníků a záporné odtížení hlavních nosníků. S ohledem na působiště sil a charakter konstrukce není pro konstrukce K06 – K08 uvažován vliv bočního rázu.

Tabulka 10: Svislé působení bočního rázu na hlavní nosníky – vznik odstředivé síly

Výpočet účinků bočního rázu - vznik odstředivé síly				
Konstrukce	Q_{sk} [kN]	Rameno "r" [m]	F_{sk} [kN]	
			$F_{sk,LHN}$	$F_{sk,PHN}$
K09	100	0.703	-39.06	39.06
K10	100	0.706	-39.22	39.22
K11	100	0.713	-39.61	39.61

Tabulka 11 : Svislé působení bočního rázu na hlavní nosníky – pomalá jízda vlaku

Výpočet účinků bočního rázu - pomalá jízda vlaku				
Konstrukce	Q_{sk} [kN]	Rameno "r" [m]	F_{sk} [kN]	
			$F_{sk,LHN}$	$F_{sk,PHN}$
K02	100	0.684	38.00	-38.00
K03	100	0.684	38.00	-38.00
K04	100	0.684	38.00	-38.00
K05	100	0.684	38.00	-38.00
K09	100	0.703	39.06	-39.06
K10	100	0.706	39.22	-39.22
K11	100	0.713	39.61	-39.61

3.2.5 Zatížení od rozjezdu a brzdění

Dle [7], 6.5.3 působí rozjezdové a brzdné síly vodorovně v úrovni temene kolejnic. Brzdné a rozjezdové síly se uvažují rovnoměrně rozložené po přičinující délce $L_{a,b}$. Přičinující délka $L_{a,b}$ je pro jednotlivé konstrukce rovna jejich délkám. Pro model zatížení 71 je rozjezdová síla $Q_{lak} = 33 \text{ (kN/m)} \times L_{a,b} \text{ (m)}$ a její horní mez musí být $\leq 1000 \text{ kN}$. Brzdná síla $Q_{lb,k} = 20 \text{ (kN/m)} \times L_{a,b} \text{ (m)}$ a její horní mez musí být $\leq 6000 \text{ kN}$. Rozjezdové a brzdné síly působící na jednotlivé konstrukce jsou uvedeny v tabulkách 12 a 13.

Tabulka 12: Hodnoty rozjezdových sil působících na konstrukce

Rozjezdové síly		
Konstrukce	Přičinující délka $L_{a,b}$ [m]	Q_{lak} [kN]
K02	6	198
K03	6	198
K04	6	198
K05	5.762	190
K06	18.25	602
K07	20.3	670
K08	18.25	602
K09	5.757	190
K10	6	198
K11	6	198

Tabulka 13 : Hodnoty brzdných sil působících na konstrukce

Brzdné síly		
Konstrukce	Přičinující délka $L_{a,b}$ [m]	$Q_{lb,k}$ [kN]
K02	6	120
K03	6	120
K04	6	120
K05	5.762	115
K06	18.25	365
K07	20.3	406
K08	18.25	365
K09	5.757	115
K10	6	120
K11	6	120

3.2.6 Zatížení od teploty

3.2.6.1 Rovnoměrná složka teploty

Za normálních okolností by u sdružených ložisek mohlo docházet ke styku konstrukcí, a tím k jejich vzájemnému ovlivnění. Kontakt konstrukcí by vnášel do hlavních nosníků přídatné namáhání. Toto namáhání lze vyčíslit na základě zatížení od rovnoměrného oteplení dle [8], 6.1.3 vyvozující protažení konstrukce. Výsledná deformace vyvozující vnitřní síly by se stanovila z rozdílu hodnot konstrukční vůle, která umožní deformaci bez vyvození vnitřních sil a z protažení konstrukce od rovnoměrné teploty. Z této deformace by se vyčíslily hodnoty sil, které by vnášely do hlavních nosníků přídatné tlakové napětí. Konstrukce typové sekce „B“ jsou uloženy na pevných a posuvných ocelových ložiscích s jednoznačnou dilatací. Tato ložiska jsou na mostě rozmístěna tak, že vzájemný dotek konstrukcí nehrozí. Konstrukce typové sekce „A“ jsou uloženy na tangenciálních ložiscích. Tangenciální ložiska jsou u této typové sekce všude stejná, respektive z vizuální prohlídky nebylo možné určit, zda byla provedena konstrukční úprava znemožňující vodorovný posun. Předpokládá se tedy kluzné uložení všech tangenciálních ložisek, přičemž tření v tangenciálních ložiscích je zanedbáno. I v případě vzájemného kontaktu je umožněna dilatace konstrukce, což eliminuje silové účinky od teploty na nosné konstrukce. Vzhledem k této skutečnosti není jednoznačná dilatace konstrukcí, a z tohoto důvodu není zatížení od rovnoměrné složky teploty předmětem dalšího řešení.

3.2.6.2 Nerovnoměrná složka teploty

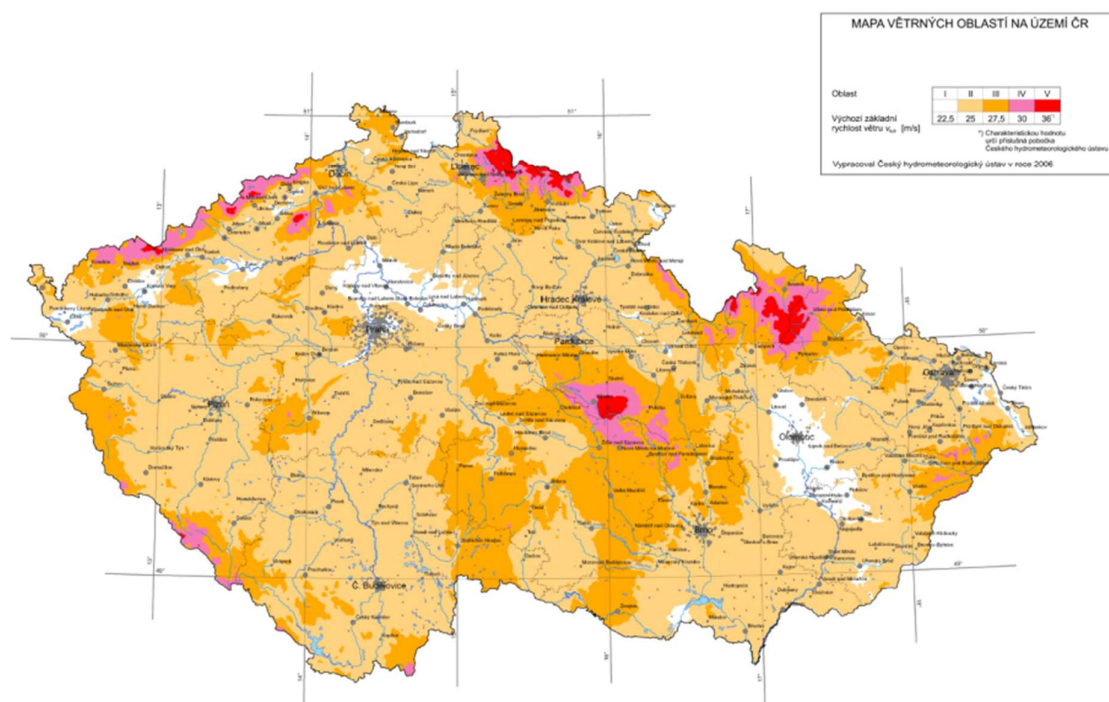
Nerovnoměrná složka teploty uvedená v [8], není pro účely této práce uvažována z důvodu minimálního vlivu na namáhání konstrukce.

3.2.7 Zatížení větrem

Zatížení větrem se stanoví na základě [9]. Toto zatížení je uváženo jako vodorovné zatížení působící příčně na výšku vlakové soupravy 4 m, důsledkem je zatížení ve svislém směru, které působí v úrovni temene kolejnice. Most se nachází v oblasti, která je podle tabulky 14 zařazena do kategorie terénu III. Zatížení větrem nezatíženého mostu je zanedbáno, neboť nerozhoduje.

Tabulka 14 : Kategorie terénu a příslušné parametry [12]

Kategorie terénu	z_0 (m)	z_{min} (m)
0 moře a přímořské oblasti	0,003	1
I jezera nebo plochá krajina bez překážek	0,01	1
II oblasti s nízkou vegetací, jako je tráva nebo izolované překážky (stromy, budovy)	0,05	2
III oblasti rovnoměrně pokryté vegetací, budovami nebo překážkami (vesnice, lesy)	0,3	5
IV alespoň 15 % povrchu je pokryto budovami o průměrné výšce přes 15 m.	1	10



Obrázek 26: Mapa větrných oblastí ČR [12]

Dále je nutné určit výchozí základní rychlost větru. Tato rychlost se stanoví na základě mapy větrných oblastí s výchozími základními rychlostmi $v_{b,0}$, které jsou pro území České republiky znázorněny na obrázku 26.

Povětrnostní podmínky dané oblasti jsou vyjádřeny základní rychlostí větru v_b , tato rychlost je dána vztahem

$$v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 25 = 25,0 \text{ m/s} \quad (7)$$

kde c_{dir} je součinitel směru větru a c_{season} součinitel ročního období.

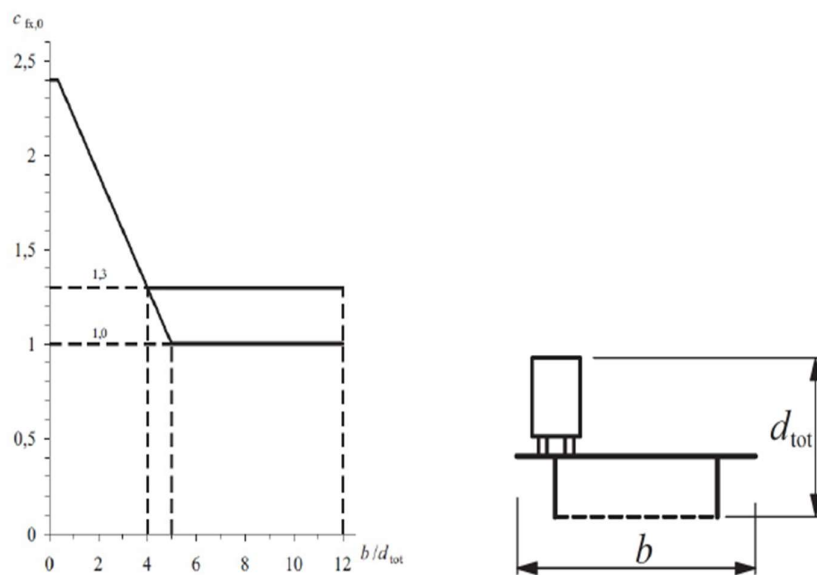
Při zatížení větrem je u železničních mostů dána výška vagonu 4 m od temene kolejnic. Stavební výška h_s a šířka mostu včetně chodníků b jsou uvedeny v příčném řezu. Součinitel síly $c_{fx,0}$ se stanoví dle poměru b/d_{tot} pomocí obrázku 27, kde

$$d_{tot,A} = h_s + 4,0 = 0,8 + 4,0 = 4,8 \text{ m} \quad (8)$$

$$d_{tot,B} = h_s + 4,0 = 1,83 + 4,0 = 5,83 \text{ m} \quad (9)$$

$$\frac{b}{d_{tot,A}} = \frac{4,8}{4,8} = 1,00 \quad (10)$$

$$\frac{b}{d_{tot,B}} = \frac{5,15}{5,83} = 0,883 \quad (11)$$



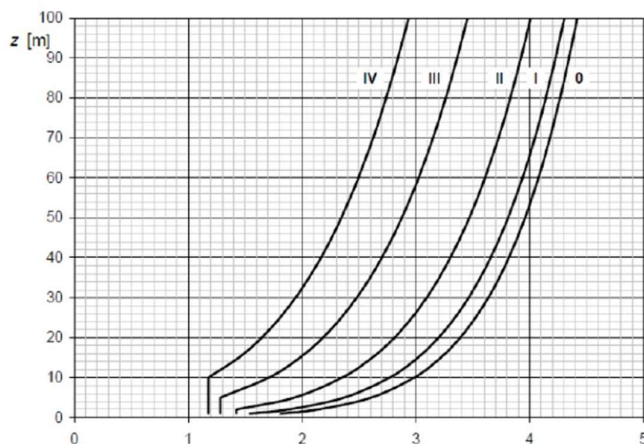
Obrázek 27: Součinitel síly $c_{fx,0}$ v závislosti na b/d_{tot} [13]

Součinitel síly C je pak

$$C_A = c_e c_{f_{x,0}} = 1,4 \times 2,2 = 3,08 \quad (12)$$

$$C_B = c_e c_{f_{x,0}} = 1,4 \times 2,3 = 3,22 \quad (13)$$

kde hodnotu součinitele expozice c_e lze odečíst z obrázku 28 na základě výšky mostu nad terénem z a kategorie terénu.



Obrázek 28: Stanovení parametru c_e [13]

Zatížení větrem se spočítá dle rovnic (14) a (15)

$$f_{w,A} = 0,5 \rho v_b^2 C_A = 0,5 \times 1,25 \times 25^2 \times 3,08 = 1,20 \text{ kN/m}^2 \quad (14)$$

$$f_{w,B} = 0,5 \rho v_b^2 C_B = 0,5 \times 1,25 \times 25^2 \times 3,22 = 1,26 \text{ kN/m}^2 \quad (15)$$

Spojité zatížení větrem po délce mostu se vypočítá dle rovnic (16) a (17)

$$w_A = f_{w,A} d_{tot,A} = 1,20 \times 4,8 = 5,8 \text{ kN/m} \quad (16)$$

$$w_B = f_{w,B} d_{tot,B} = 1,26 \times 5,83 = 7,3 \text{ kN/m} \quad (17)$$

Přítížení, resp. odtížení hlavních nosníků se vypočítá z momentové podmínky v rovnicích (18) a (19).

$$f_A = \frac{w_A \times 2,060}{1,5} = 7,97 \text{ kN/m} \quad (18)$$

$$f_B = \frac{w_B \times 2,000}{1,5} = 9,73 \text{ kN/m} \quad (19)$$

3.3 Kombinace zatížení

3.3.1 Dílčí součinitele zatížení

Dílčí součinitele zatížení jsou stanoveny dle [16], který je pro posuzování železničních mostů závazným dokumentem, a odvíjí se od stáří konstrukce. Mostní objekt je starší než 30 let.

Stálé zatížení

Dílčí součinitel účinků stálé zatížení γ_G je dle [16], 4.3.6 vzhledem ke stáří konstrukcí stanoven $\gamma_G = 1,20$.

Zatížení železniční dopravou

Dílčí součinitel proměnného zatížení železniční dopravou $\gamma_{Q,LM71}$ je dle [16], 4.3.13 vzhledem k stáří konstrukcí stanoven $\gamma_{Q,LM71} = 1,30$.

Odstředivá síla

Odstředivá síla se musí vždy kombinovat se svislým zatížením dopravou. Dílčí součinitel zatížení odstředivou silou je dle [16], 4.3.13 obdobně jako u zatížení železniční dopravou stanoven $\gamma_{Q,LM71} = 1,30$.

Boční ráz

Boční ráz se musí vždy kombinovat se svislým proměnným zatížením železniční dopravou. Dílčí součinitel zatížení bočním rázem je dle [16], 4.3.13 obdobně jako u zatížení železniční dopravou stanoven $\gamma_{Qs} = 1,30$.

Zatížení od rozjezdu a brzdění

Zatížení od rozjezdu a brzdění musí být kombinováno se svislým proměnným zatížením železniční dopravou. Dílčí součinitel zatížení rozjezdovými a brzdnými γ_{Qab} je dle [16], 4.3.13 stanoven jako $\gamma_{Q,ab} = 1,30$.

Zatížení větrem

Podle předpisu [16], 4.3.30 je dílčí součinitel zatížení větrem pro mostní objekty starší než 30 let roven $\gamma_Q = 1,35$.

3.3.2 Sestavy zatížení

Proměnná zatížení železniční dopravou, reprezentována modelem zatížení LM71, včetně zatížení bočním rázem, rozjedovými a brzdnými silami a odstředivou silou jsou ve výpočtu uvažovány jako skupinové vícesložkové zatížení železniční dopravou s pravidly tvoření skupin podle [7], 6.11. Sestava uvažovaná pro vyvození maximálního účinku svislých sil je sestava zatížení gr12. Pro vyvození maximálního účinku podélných sil účinků je uvažována soustava gr13. Pro vyvození maximálního bočního účinku sil je uvažována soustava gr14.

3.3.3 Kombinace zatížení

Kombinování zatížení pro železniční mosty se řídí pravidly [6], A2.2.4. Doporučené hodnoty kombinačních součinitelů ψ pro proměnná zatížení se stanoví dle [6] tabulky A2.3, ČSN EN 1990. Redukční součinitel pro stálá zatížení ξ se stanoví dle [6] tabulky A1.2, POZNÁMKA 2. Výpočet návrhových hodnot stálých a proměnných zatížení se provede dle kombinací 6.10a a 6.10b uvedených v [6], 6.4.3.2. V tabulce 15 se jsou uvedeny všechny hodnoty uvažovaných součinitelů pro kombinace. Dynamický součinitel není z důvodu proměnnosti uvedený v této tabulce. Hodnoty dynamický součinitelů jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 15: Dílčí součinitele zatížení a součinitele kombinací

Sestava	Stálé zatížení		Model LM71				Odstředivá síla		Rozjedové a brzdné síly		Boční ráz		Vítr	
	ξ	γ_G	$\gamma_{Q,LM71}$	ψ_0	k.s.	ϕ_3	$\gamma_{Q,LM71}$	k.s.	$\gamma_{Q,ab}$	k.s.	$\gamma_{Q,s}$	k.s.	γ_Q	ψ_0
gr 12														
6.10a	-	1.20	1.30	0.80	1.00	Prom	1.30	1.00	1.30	0.50	1.30	1.00	1.35	0.75
6.10b	0.95	1.20		1.00	1.00	ěnné	1.30	1.00	1.30	0.50	1.30	1.00	1.35	0.75
gr13														
6.10a	-	1.20	1.30	0.80	1.00	Prom	1.30	0.50	1.30	1.00	1.30	0.50	1.35	0.75
6.10b	0.95	1.20		1.00	1.00	ěnné	1.30	0.50	1.30	1.00	1.30	0.50	1.35	0.75
gr14														
6.10a	-	1.20	1.30	0.80	1.00	Prom	1.30	1.00	1.30	0.50	1.30	1.00	1.35	0.75
6.10b	0.95	1.20		1.00	1.00	ěnné	1.30	1.00	1.30	0.50	1.30	1.00	1.35	0.75

3.4 Materiál

Z přístupné archivní dokumentace nebylo možné zjistit žádné údaje o použitém materiálu pro hlavní nosníky konstrukcí. Dle [16], tabulka A.1 lze pro konstrukce, které byly vyrobeny v letech 1951-1968 předpokládat použití oceli pevnostní třídy S235 s příslušnými dílčími součiniteli. Vlastnosti a dílčí součinitele spolehlivosti jsou uvedeny v tabulce 16. Materiálové vzorky odebrané z mostu nebyly v době sepsání práce ještě vyhodnoceny.

Tabulka 16: Vlastnosti oceli a dílčí součinitele spolehlivosti materiálu

Veličina	Hodnota	Jednotka
f_y	230	MPa
f_u	360	MPa
γ_{M0}	1,1	-
γ_{M1}	1,2	-
γ_{M2}	1,3	-

3.5 Boulení

Pro konstrukce typové sekce „B“, tedy konstrukce K06 – K08 lze vzhledem k výšce hlavních nosníků a tloušťce stěny předpokládat vyboulení stěny. Prvním krokem je zařídění stojiny. Stojina je 4. třídy, pokud splňuje podmínku uvedenou v (20)

$$\frac{c}{t} > 124\varepsilon \quad (20)$$

kde c je vzdálenost mezi zaobleními, t je tloušťka stojiny a ε je materiálový součinitel. Zařídění pro konstrukce K06 a K08 je uvedeno v (21) a pro K07 v (22).

$$\frac{c}{t} = \frac{1600}{12} = 133 > 124\varepsilon = 124 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 124 \sqrt{\frac{235}{230}} = 125,3 \quad (21)$$

$$\frac{c}{t} = \frac{1750}{12} = 145 > 124\varepsilon = 124 \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 124 \sqrt{\frac{235}{230}} = 125,3 \quad (22)$$

Dále je nutné stanovit efektivní průřez. Prvním krokem je určení poměrné štíhlosti stěny λ_p^- dle (23) uvedené v [10].

$$\lambda_p^- = \frac{\frac{b^-}{t}}{28,4\varepsilon\sqrt{k_\sigma}} \quad (23)$$

kde b^- je příslušná šířka, t je tloušťka stojiny, ε je materiálový součinitel a k_σ je součinitel kritického napětí odpovídající poměru tahové a tlakové napětí, který je dle [10], tab. 4.1 pro $\psi = -1$ roven $k_\sigma = 23,9$.

V dalším kroku se stanoví součinitel boulení ρ , který se vypočítá dle (24) uvedené v [10].

$$\rho = \frac{\lambda_p^- - 0,055 \times (3 + \psi)}{\lambda_p^{-2}} \leq 1,0 \quad (24)$$

kde λ_p^- je poměrná štíhlosti stěny a ψ je poměr tahového a tlakového napětí.

Závěrečným krokem je určení efektivní šířky tlačené části stojiny $b_{\text{eff}} = \rho \cdot b^-$, která se rozdělí na šířky b_{e1} a b_{e2} , kde $b_{e1} = 0,4b_{\text{eff}}$ a $b_{e2} = 0,6b_{\text{eff}}$ dle [10], tab. 4.1.

Výsledkem je určení efektivní plochy A_{eff} , nové polohy těžišťové osy pro efektivní průřez a stanovení efektivního modulu průřezu $W_{y,eff}$ k horním a dolním vláknům. Efektivní průřezové charakteristiky byly vypočteny pomocí programu AutoCAD. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 17.

Tabulka 17: Efektivní průřezové charakteristiky

Efektivní průřezové charakteristiky		
Konstrukce	K06/K08	K07
ϵ	1	1
k_{σ}	23,9	23,9
λ_p	0,957	1,047
b [mm]	1594	1744
ρ	0,925	0,855
b_c [mm]	800	875
b_{eff} [mm]	740	748
b_{e1} [mm]	296	299
b_{e2} [mm]	444	449
A_{eff} [mm ²]	42 292	47 478
$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	19 822 584 963	27 383 759 401
$z_{t,d}$ [mm]	842	897
$z_{t,h}$ [mm]	826	933
$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	23 542 262	30 528 160
$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	23 998 287	29 350 224

Z výsledků je patrné, že pro konstrukce K06 a K08 budou rozhodující dolní vlákna, tedy tahové napětí. Pro konstrukci K07 budou rozhodující horní vlákna, tedy tlakové napětí.

3.6 Smyk

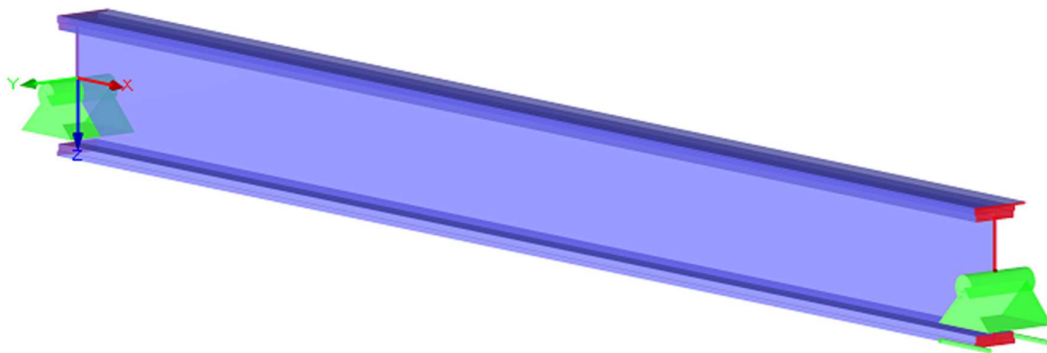
Vliv smyku byl při výběru rozhodující konstrukce zanedbán. Pro úplnost je v rámci vykreslení vnitřních sil smyk prezentován.

3.7 Výpočetní modely

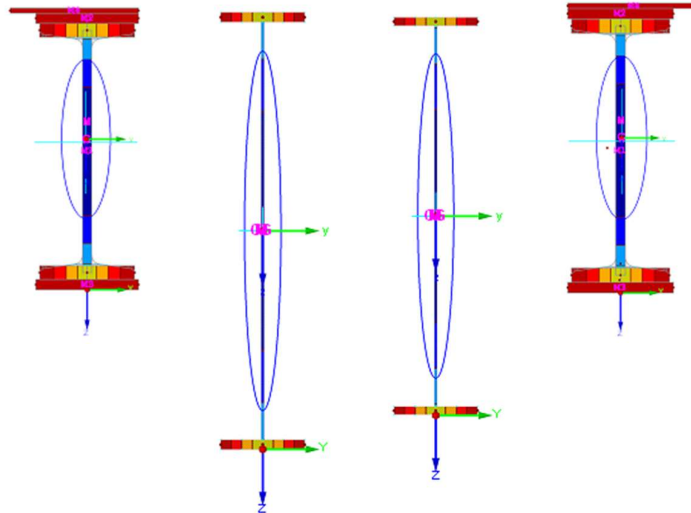
Modely nosných konstrukcí byly vytvořeny v programu Dlubal RFEM. Výpočetní modely jsou provedeny jako rovinné, s ohledem na srovnání jednotlivých polí mostu. Vymodelovány byly tedy pouze hlavní nosníky pro vygenerování vlastní tíhy. Hlavní nosníky jsou zobrazeny pouze v pohledu. Ostatní stálé zatížení je v modelech rozmístěno na základě půdorysu a podélného řezu mostu.

Vzhledem k různým variantám rozmístění a působení stálých a proměnných zatížení bylo nutné pro konstrukce v přechodnici a v oblouku, tedy K08 – K11 vytvořit dva modely. Dohromady bylo vytvořeno 14 rovinných modelů. Konstrukce podepřené tangenciálními ložisky byly vymodelovány jako prosté nosníky s pevnou a podélně posuvnou podporou. Pro takto podepřené konstrukce se pevná podpora se vytvoří samovolně na ložisku s větším třením.

Profily hlavních nosníků byly vymodelovány pomocí programu Dlubal SHAPE-THIN.



Obrázek 29: Model levého hlavního nosníku K02



Obrázek 30 : Příčné řezy typové sekce „A“ a „B“

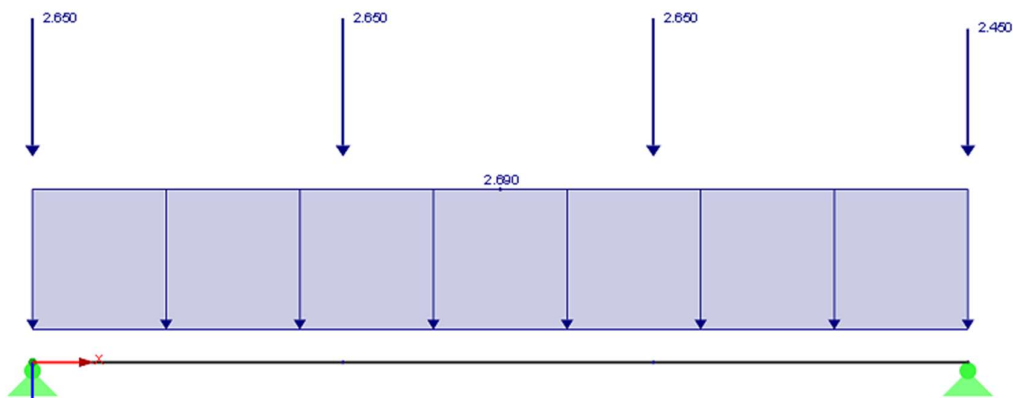
3.7.1 Zatěžovací stavy

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny zatěžovací stavy s jejich aplikací na rovinném modelu. Pro demonstraci byla zvolena K11 za předpokladu vzniku odstředivé síly. Všechny ostatní modely byly vytvořeny identickým způsobem a zatížení bylo umístěno stejnou metodikou. Zatížení modelu konstrukce K11 je zobrazeno v charakteristických hodnotách.

Vlastní tíha konstrukce

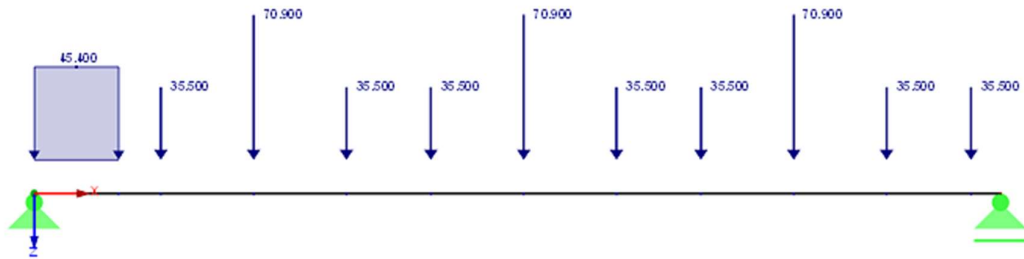
Vlastní tíha hlavních nosníků konstrukce byla vygenerována pomocí statického softwaru.

Ostatní stálé zatížení



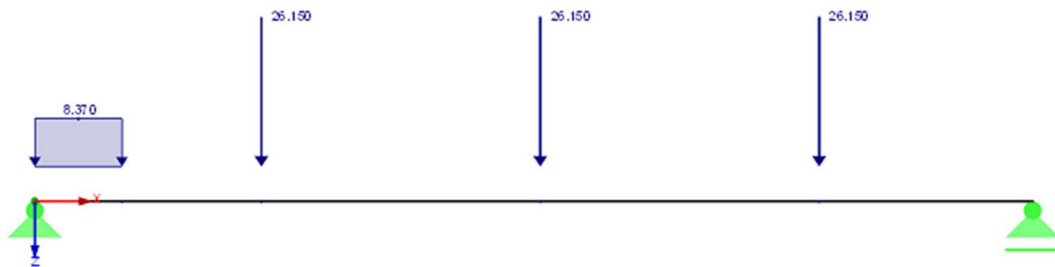
Obrázek 31 : Aplikace ostatního stálého zatížení na model

Zatěžovací model LM 71



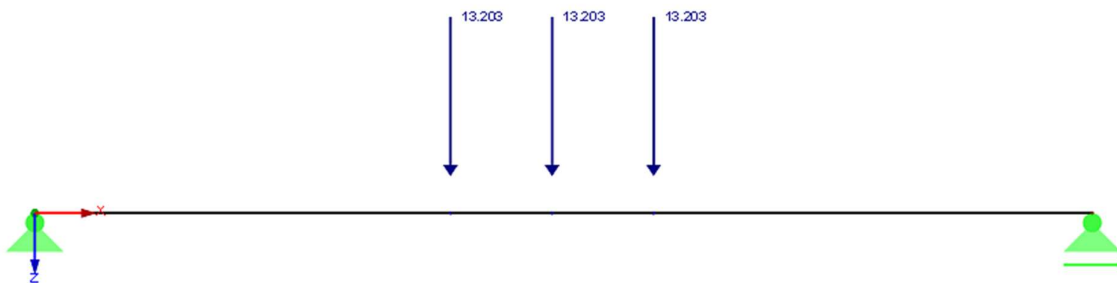
Obrázek 32 : Aplikace zatěžovacího vlaku 71 na model

Odstředivé síly



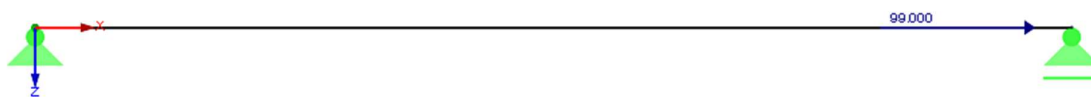
Obrázek 33 : Aplikace odstředivých sil na model

Boční ráz



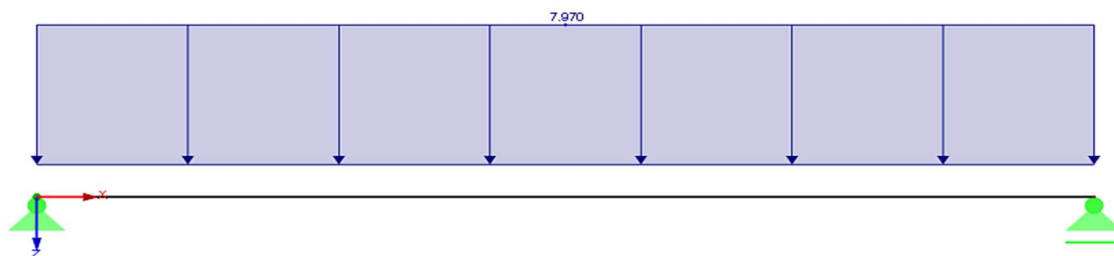
Obrázek 34: Aplikace bočního rázu na model

Rozjezdové síly



Obrázek 35: Aplikace rozjezdové síly na model

Vítr



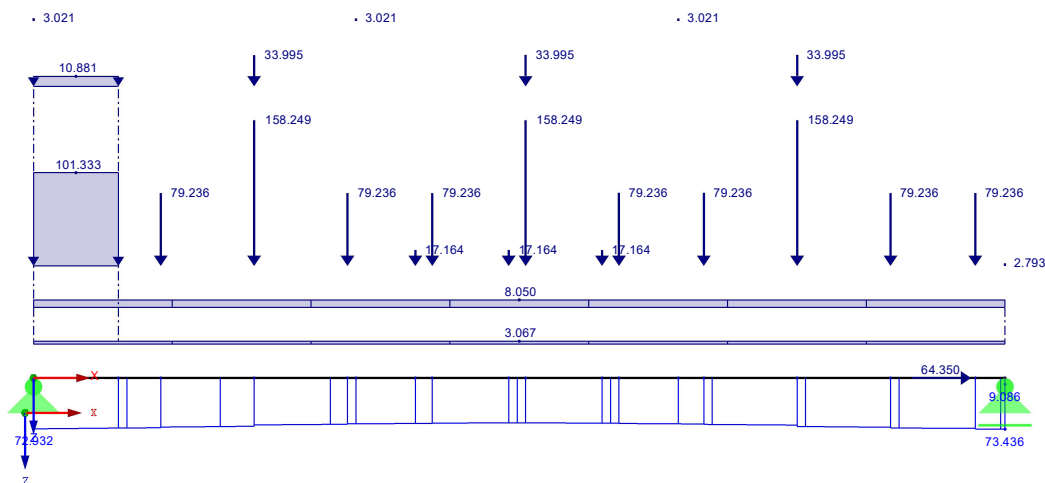
Obrázek 36 : Aplikace zatížení větrem

Výsledná kombinace

Výsledné hodnoty pro K11 jsou zobrazeny na obrázcích 37,38 a 39. Hodnoty zatížení jsou uvedeny v návrhových hodnotách pro sestavu zatížení gr12 v kombinační větě 6.10b, která vyvolala největší zatížení. Pro účely této práce byl pro konstrukce typové sekce „B“ posuzován průřez ve středu rozpětí. Průřez v místě zesílení pásnic nebyl pro účely této práce vyšetřován.

KZ1 : gr12 6.10b
Zatížení [kN/m], [kN]
Vnitřní síly N

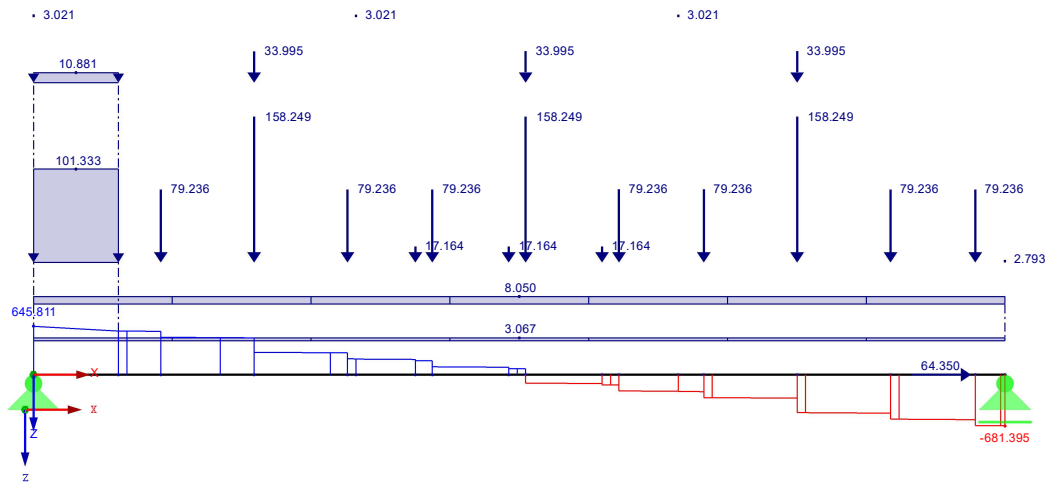
Proti směru osy Y



Obrázek 37: Hodnoty normálové síly

KZ1 : gr12 6.10b
 Zatížení [kN/m], [kN]
 Vnitřní síly V-z

Proti směru osy Y

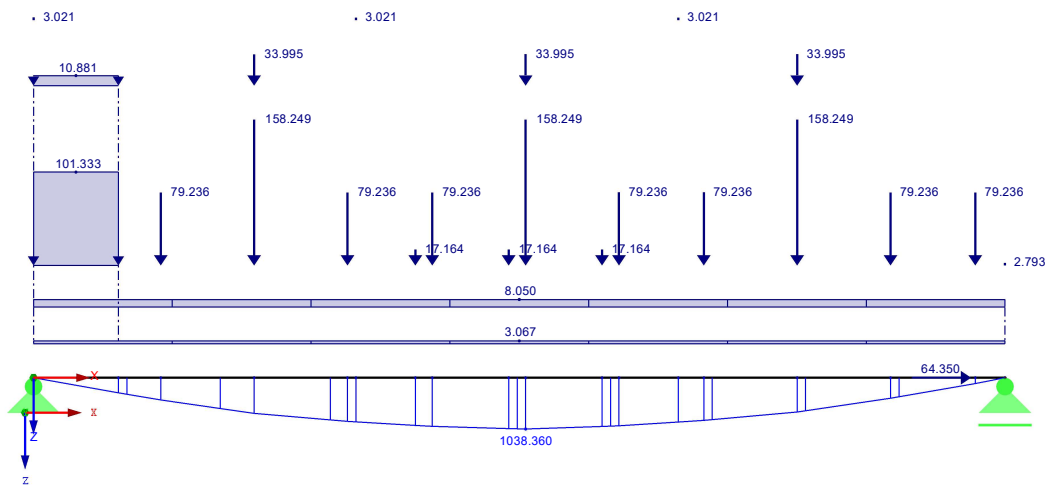


Max V-z: 645.811, Min V-z: -681.395 [kN]

Obrázek 38 : Hodnoty posouvajících sil

KZ1 : gr12 6.10b
 Zatížení [kN/m], [kN]
 Vnitřní síly M-y

Proti směru osy Y



Max M-y: 1038.356, Min M-y: 0.000 [kNm]

Obrázek 39 : Hodnota maximálního ohybového momentu ve středu rozpětí

3.7.2 Výsledné namáhání hlavních nosníků

Výsledné namáhání nosníků konstrukcí je uvedeno v tabulkách 18 a 19. Z výsledků vyplývá, že rozhodujícími konstrukcemi z hlediska namáhání hlavních nosníků jsou K08 a K11.

Tabulka 18 : Namáhání hlavních nosníků typové sekce „A“

Namáhání hlavních nosníků typové sekce "A"										
Konstrukce	K02	K03	K04	K05	K09		K10		K11	
Hlavní nosník	Levý	Levý	Levý	Levý	Levý	Pravý	Levý	Pravý	Levý	Pravý
Rozpětí [m]	5,6	5,705	5,7	5,475	5,42		5,7		5,725	
e [mm]	-104	-104	-102	-96	-141	25	-141	25	-110	101
Kolejnicový styk	-	ANO	-	-	ANO		-		-	
ϕ_3 (sup δ)	1,73	1,86	1,72	1,74	1,89		1,72		1,72	
R (r) [m]	-	-	-	-	333		225		168	
M_G [kNm]	10,3	10,3	10,3	9,5	9,3	9,3	10,3	10,3	10,4	10,4
$M_{G,ost}$ [kNm]	17,5	18,2	18,2	17,0	16,6	16,6	18,2	18,2	18,4	18,4
M_{LM71} [kNm]	825,0	890,7	816,3	762,8	856,8	746,6	853,7	743,1	830,0	822,9
M_w [kNm]	32,7	32,7	32,7	30,2	29,6	29,6	32,7	32,7	33,0	33,0
$M_{ráz}$ [kNm]	60,6	61,4	61,4	58,5	60,6	60,6	63,3	63,3	64,2	64,2
$M_{odstr.}$ [kNm]	-	-	-	-	-	42,0	-	68,1	-	89,6
ΣM [kNm]	946	1013	939	878	973	905	978	936	956	1039
W_y [mm ³]	4 762 515	4 762 515	4 762 515	4 762 515	4 762 515		4 762 515		4 762 515	
$\Sigma \sigma_M$ [MPa]	199	213	197	184	204	190	205	196	201	218
N [kN]	64	64	99	62	62	62	64	64	64	64
A [mm ²]	28 400	28 400	28 400	28 400	28 400		28 400		28 400	
σ_N [MPa]	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
Interakce N+M [MPa]	201	215	201	187	206	192	208	199	203	220

Tabulka 19 : Namáhání hlavních nosníků typové sekce „B“

Namáhání hlavních nosníků typové sekce "B"				
Konstrukce	K06	K07	K08	
Hlavní nosník	Levý	Levý	Levý	Pravý
Rozpětí [m]	17,84	19,89	17,84	
e [mm]	-88	-80	-126	40
Kolejnicový styk	-	-	-	-
ϕ_3	1,27	1,24	1,27	
r [m]	-	-	868	
M_G [kNm]	153	217	153	153
$M_{G,ost}$ [kNm]	303	374	303	303
M_{LM71} [kNm]	4587	5352	4790	4330
M_w [kNm]	391	487	391	391
$M_{ráz}$ [kNm]	-	-	-	-
$M_{odstr.}$ [kNm]	-	-	-	23
ΣM [kNm]	5434	6430	5636	5199
$W_{y,eff}$ [mm ³]	23 542 262	29 350 224	23 542 262	
$\Sigma \sigma_M$ [MPa]	231	-219	239	221
N [kN]	391	-435	391	391
A_{eff} [mm ²]	42 292	47 478	42 292	
σ_N [MPa]	9	-9	9	9
Interakce N+M [MPa]	240	-228	249	230

Namáhání hlavních nosníků je pro rozhodující konstrukce K08 a K11 posouzeno na základě posudku (25), pro K08 je uvedeno v (26) a pro K11 v (27).

$$\sigma \leq f_{yd} \quad (25)$$

$$\sigma_{K08} = 249 \text{ MPa} > f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{230}{1,10} = 209 \text{ MPa} \quad (26)$$

$$\sigma_{K11} = 220 \text{ MPa} > f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{230}{1,10} = 209 \text{ MPa} \quad (27)$$

Obě rozhodující konstrukce posudek (25) nesplňují. Pro nejvíce namáhanou konstrukci, tedy K08 se dále v kapitole 3.7.3 stanoví zatížitelnost hlavního nosníku.

Závěrem je třeba upozornit, že zvolený model zanedbává příčné ohybové momenty, ty lze stanovit jen na prostorovém modelu, který ale není předmětem této práce. Současně je zanedbáno posouzení v místě montážního styku a ve smyku nad podporou, předpokládá se, že rozhodující je střed rozpětí a ohybová únosnost, což se s ohledem na vytipování rozhodující NK jeví jako dostatečné. Všechny tyto efekty je ale na zvolené NK třeba posoudit v rámci prostorového modelu.

3.7.3 Zatížitelnost

Výpočet zatížitelnosti prvku vychází z [16], 4.7.7. Podle [16] budou účinky zatížení rozděleny na účinek vyvolaný LM71 a účinkem vyvolaným ostatním zatížením působícím současně se svislým zatížením železniční dopravou. Zatížitelnost Z_{LM71} je pro jednotlivé prvky nosné konstrukce stanovena obecně dle vztahu (28).

$$Z_{LM71} = (R_d - \sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,E_d,i}) / E_{LM71,E_d} \quad (28)$$

kde R_d je návrhová hodnota únosnosti prvku mostního objektu, $\sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,E_d,i}$ jsou návrhové, kombinační nebo skupinové hodnoty účinků ostatních zatížení, působících současně se zatížením železniční dopravou a E_{LM71,E_d} je návrhová hodnota účinků svislého proměnného zatížení železniční dopravou, a to včetně dynamických vlivů. Zatížitelnost hlavního nosníku se stanoví pro nejnamáhanější konstrukci, tedy konstrukci K08.

Únosnost v ohybu

$$M_{y,Rd,K08} = \frac{W_{el,y,eff} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (29)$$

$$M_{y,Rd,K08} = \frac{23\,542\,262 \times 230 \times 10^{-6}}{1,10} = 4923 \text{ kNm} \quad (30)$$

Únosnost v tahu

$$N_{t,Rd,K08} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (31)$$

$$N_{t,Rd,K08} = \frac{42\,292 \times 230 \times 10^{-3}}{1,10} = 8843 \text{ kN} \quad (32)$$

Zatížitelnost hlavního nosníku K08 – kombinace osově síly a ohybového momentu

Účinek od modelu LM71

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{M_{y,Rd}} \quad (33)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{391}{8843} + \frac{4790}{4923} = 1,017 \quad (34)$$

Účinek od ostatních zatížení

$$\eta_{1,rs} = \frac{M_{y,rs,Ed}}{M_{y,Rd}} \quad (35)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{847}{4923} = 0,172 \quad (36)$$

Zatížitelnost hlavního nosníku

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (37)$$

$$Z_{LM71} = \frac{1 - 0,172}{1,017} = 0,814 \quad (38)$$

Výsledná a rozhodující zatížitelnost hlavního nosníku je pro konstrukci K08 $Z_{LM71} = 0,814$.

4. Předběžné určení přechodnosti

Předběžná přechodnost hlavních nosníků se určí pro hlavní nosníky rozhodujících konstrukcí typové sekce „A“ a „B“, tedy pro hlavní nosníky konstrukcí K08 a K11. Dle pokynů od objednatele zakázky se má prověřit nejdříve předběžná přechodnost pro traťovou třídu zatížení D4 při rychlosti 40 km/h a pokračovat níže, pokud nevyhoví.

Předběžná přechodnost hlavních nosníků se stanoví identickým způsobem jako jejich namáhání. Proměnnými parametry jsou dynamický součinitel a model zatěžovacího vlaku. Hodnoty stálých zatížení, bočního rázu a větru jsou pro předběžné určení přechodnosti uvažovány stejně jako při zatížitelnosti. Hodnoty odstředivých sil jsou uvažovány pro zatěžovací vlak LM71, tento postup je na straně bezpečné. Hodnoty dílčích součinitelů zatížení a kombinace jsou stejné jako v případě stanovení zatížitelnosti hlavních nosníků. Dílčí součinitel provozního zatížení γ_T je dle [16], 5.1.12 $\gamma_T = 1,30$.

4.1 Dynamický součinitel

Dynamický součinitel pro předběžnou přechodnost, značený ϕ_{T1} se stanoví dle [16], 5.2 pro provozní zatížení. Dynamický součinitel je zvolen pro mostní objekty se standardně udržovanou jízdní dráhou a značí se ϕ_{T1} . ϕ_{T1} je uvedený v [16], tabulka 5 a bylo nutné jej pro obě konstrukce iterovat. Dle [16], tabulka 5 je dynamický součinitel závislý na rychlosti a na L_ϕ , kde L_ϕ je definována jako „náhradní délka“, která je pro prosté nosníky rovna rozpětím jednotlivých konstrukcí ve směru hlavních nosníků. Hodnoty dynamických součinitelů ϕ_{T1} pro K08 a K11 jsou uvedeny v tabulce 20.

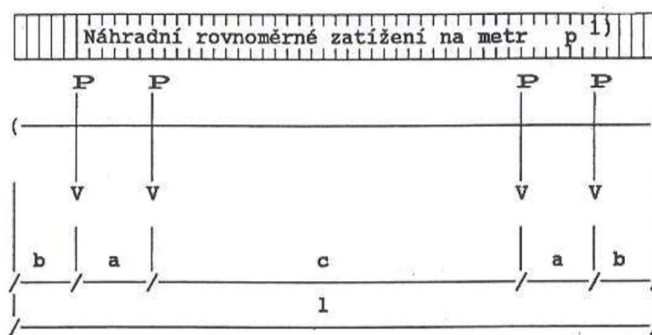
Tabulka 20: Hodnoty dynamických součinitelů pro předběžnou přechodnost

Konstrukce	Náhradní délka L_ϕ [m]	Rychlost [km/h]	Dynamický součinitel ϕ_{T1}
K08	17,84	40	1,21
K11	5,7		1,44

4.2 Zatížení

Pro určení předběžné přechodnosti hlavních nosníků byl výpočtový model konstrukcí K08 a K11 zatížen sestavou čtyřnápravového vozu podle obrázku 40. Hodnoty nápravových sil a jejich rozmístění jsou pro traťovou třídu zatížení D4 uvažovány dle tab. 21.

ZÁKLADNÍ SCHÉMA ČTYŘNÁPRAVOVÉHO VOZU



Obrázek 40: Schéma čtyřnápravového vozu pro přechodnost [15]

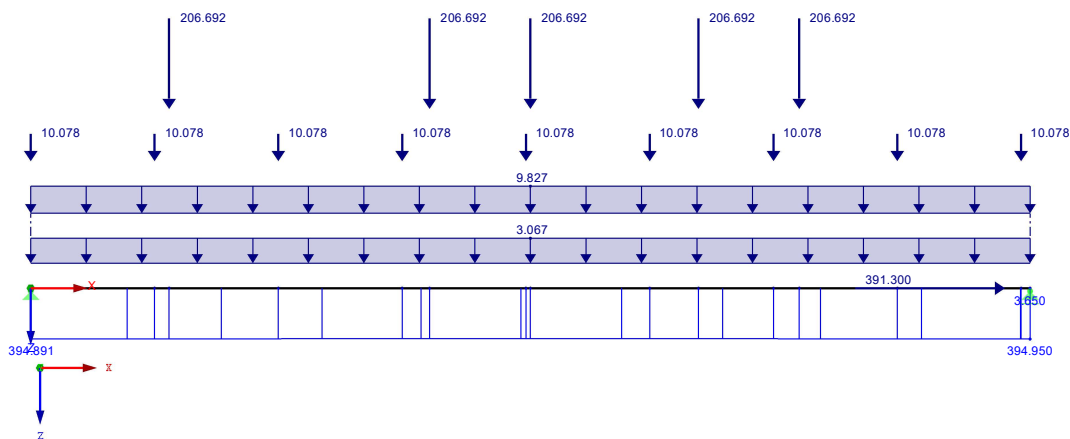
Traťová třída	P [kN]	p [kN/m]	a [m]	b [m]	c [m]	l [m]
D4	225	80	1,8	1,5	4,65	11,25

Tabulka 21: Hodnoty sil a vzdálenost náprav pro traťovou třídu D4 [15]

Zatížení od provozního zatížení je zobrazeno na obrázcích 41,42,43 a je demonstrováno pro konstrukci K08. Zatížení je rozmístěno tak, aby vyvolalo maximální ohybový účinek ve středu rozpětí. Hodnoty zatížení jsou uvedeny v návrhových hodnotách.

KZ3 : D4/40 6.10b
Zatížení [kN/m], [kN]
Vnitřní síly N

Protí směru osy Y

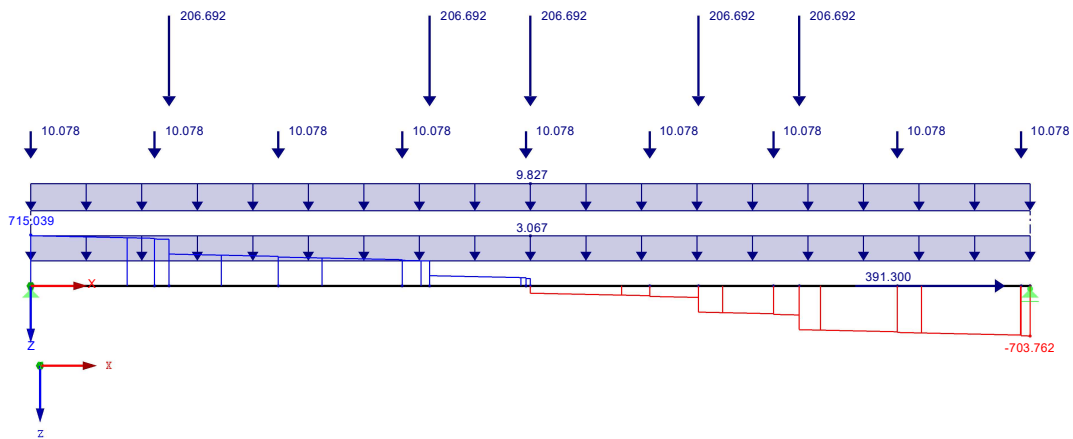


Max N: 394.950, Min N: 3.650 [kN]

Obrázek 41 : Hodnoty normálové síly pro D4/40

KZ3 : D4/40 6.10b
Zatížení [kN/m], [kN]
Vnitřní síly V-z

Proti směru osy Y

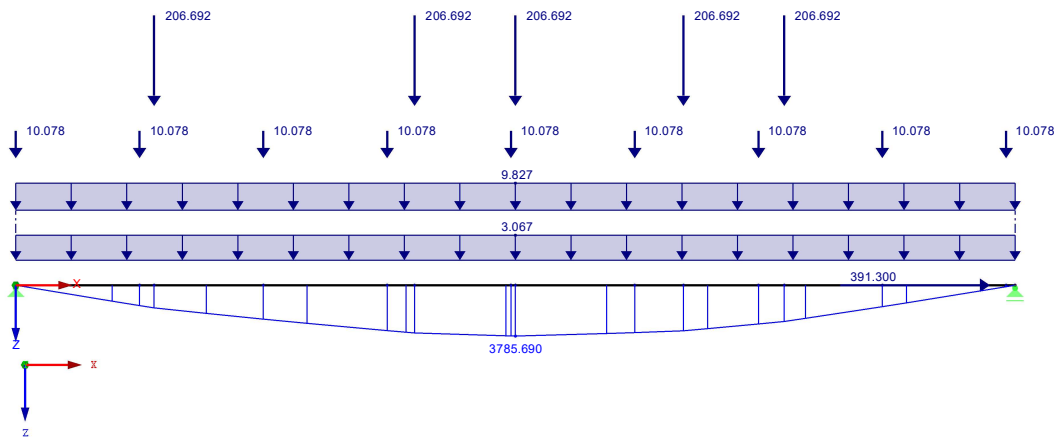


Max V-z: 715.039, Min V-z: -703.762 [kN]

Obrázek 42 : Hodnoty posouvajících sil pro D4/40

KZ3 : D4/40 6.10b
Zatížení [kN/m], [kN]
Vnitřní síly M-y

Proti směru osy Y



Max M-y: 3785.689, Min M-y: 0.000 [kNm]

Obrázek 43: Hodnota max. ohybového momentu – středu rozpětí pro D4/40

Výsledné hodnoty napětí pro předběžnou přechodnost hlavních nosníků jsou uvedeny v tabulce 22.

Tabulka 22: Namáhání hlavních nosníků pro přechodnost D4/40

Přechodnost D4/40		
Konstrukce	K08	K11
Hlavní nosník	Levý	Pravý
Rozpětí [m]	17,84	5,725
e [mm]	-126	101
Kolejnicový styk	-	-
Φ_{T1}	1,21	1,44
R (r) [m]	868	168
M_{G0} [kNm]	153,1	10,4
$M_{G,ost}$ [kNm]	303,0	18,4
$M_{D4/40}$ [kNm]	2938,2	485,0
M_w [kNm]	391,0	33,0
$M_{ráz}$ [kNm]	-	64,2
$M_{odstr.}$ [kNm]	-	92,3
ΣM [kNm]	3785	703
$W_y (W_{y,eff})$ [mm ³]	23 542 262	4 762 515
$\Sigma \sigma_M$ [MPa]	161	148
N [kN]	391	64
A (A_{eff}) [mm ²]	42 292	28 400
σ_N [MPa]	9	2
Interakce N+M [MPa]	170	150

Předběžná přechodnost hlavních nosníků konstrukcí K08 a K11 je splněna, pokud je splněna podmínka uvedená v rovnici (39).

$$\sigma \leq f_{yd} \quad (39)$$

$$\sigma_{D4/40-K08} = 170 \text{ MPa} < f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{230}{1,10} = 209 \text{ MPa} \quad (40)$$

$$\sigma_{D4/40-K11} = 150 \text{ MPa} < f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{230}{1,10} = 209 \text{ MPa} \quad (41)$$

Podmínka je splněna pro obě rozhodující konstrukce. Předběžná přechodnost hlavních nosníků konstrukcí K08 a K11 vyhovuje pro třídu zatížení D4 při rychlosti $V = 40$ km/h. Rezerva ukazuje, že pravděpodobně bude D4/40 dosažitelná i při zohlednění příčného namáhání na prostorových modelech.

5. Závěr

Tato bakalářská práce vznikla jako součást zakázky pro diagnostiku a přepočty strategických přemostění v oblasti OŘ Ostrava – I. etapa. Práce měla za cíl prohlídku a výpočet namáhání hlavních nosníků konstrukcí K02 – K11 železničního mostu na traťovém úsek TÚ 1991 Suchdol and Odrou (mimo) – Nový Jičín město (včetně), ve staničení km 1,222. V závěrečné fázi se určila předběžná přechodnost hlavních nosníků nejvíce namáhaných konstrukcí obou typových sekcí.

Při prohlídce nebyly zjištěny žádné závažnější závady či poruchy ohrožující provoz či spolehlivost mostu. Nejčastější závadou bylo odlupování protikorozní ochrany a lokální důlkovité korozní oslabení nosných prvků. Při uvážení stáří těchto prvků se však jedná o očekávatelné poruchy.

Při určování namáhání hlavních nosníků byl nejdříve proveden rozbor zatížení a byly zohledněny všechny kritické vlivy ovlivňující toto namáhání. Modely konstrukcí K02 – K11 byly vytvořeny v programu Dlubal RFEM. Z výsledků namáhání hlavních nosníků vyplynul závěr, že nejvíce namáhané konstrukce jsou konstrukce K11 pro typovou sekci „A“ a konstrukce K08 pro typovou sekci „B“. Pro nejvíce namáhanou konstrukci mostu, tedy K08 se určila zatížitelnost levého hlavního nosníku.

Závěrečným krokem bylo určení předběžné přechodnosti rozhodujících hlavních nosníků. Tato přechodnost se určila pro nejzatíženější konstrukce, tedy konstrukce K08 a K11. Objednatelem zakázky bylo požadováno ověření předběžné přechodnosti pro traťovou třídu zatížení D4 při rychlosti 40 km/h. Obě konstrukce tuto předběžnou přechodnost splnily.

Na toto posouzení pak navazují podrobné přepočty zvolených konstrukcí, které zohlední i další vlivy v této práci zanedbané.

Seznam tabulek

Tabulka 1: Rozbor stálého zatížení typové sekce „A“	31
Tabulka 2: Rozbor stálého zatížení typové sekce „B“	32
Tabulka 3: Procentuální zatížení hlavních nosníků - pomalá jízda vlaku	34
Tabulka 4: Procentuální zatížení hlavních nosníků - vznik odstředivé síly	34
Tabulka 5: Působení svislého zatížení LM71 na hlavní nosníky – pomalá jízda vlaku..	35
Tabulka 6: Působení svislého zatížení LM71 na hlavní nosníky – vznik odstředivé síly	35
Tabulka 7: Hodnoty dynamických součinitelů.....	36
Tabulka 8: Hodnoty odstředivých sil pro K08 – K11.....	37
Tabulka 9: Svislé působení odstředivých sil na hlavní nosníky K08 – K11.....	38
Tabulka 10: Svislé působení bočního rázu na hlavní nosníky – vznik odstředivé síly ..	39
Tabulka 11: Svislé působení bočního rázu na hlavní nosníky – pomalá jízda vlaku	39
Tabulka 12: Hodnoty rozjezdových sil působících na konstrukce	40
Tabulka 13: Hodnoty brzdných sil působících na konstrukce	40
Tabulka 14: Kategorie terénu a příslušné parametry [12]	42
Tabulka 15: Dílčí součinitele zatížení a součinitele kombinací.....	46
Tabulka 16: Vlastnosti oceli a dílčí součinitele spolehlivosti materiálu	47
Tabulka 17: Efektivní průřezové charakteristiky	49
Tabulka 18: Namáhání hlavních nosníků typové sekce „A“	55
Tabulka 19: Namáhání hlavních nosníků typové sekce „B“	55
Tabulka 20: Hodnoty dynamických součinitelů pro předběžnou přechodnost	58
Tabulka 21: Hodnoty sil a vzdálenost náprav pro traťovou třídu D4 [15].....	59
Tabulka 22: Namáhání hlavních nosníku pro přechodnost D4/40.....	61

Seznam obrázků

Obrázek 1: Pohled na konstrukce K01 - K06 [2]	8
Obrázek 2: Satelitní snímek mostního objektu [4]	9
Obrázek 3: Dispoziční schéma mostního objektu [5]	10
Obrázek 4: Příčný řez typovou sekci „0“ [3]	11
Obrázek 5: Příčný řez typovou sekci „A“ K02 - K05 [3].....	13
Obrázek 6: Příčný řez typovou sekci „B“ [3]	14
Obrázek 7: Příčný řez typovou sekci „A“ K09- K11 [3]	16
Obrázek 8: Typová sekce „B“ [2]	18
Obrázek 9: Plastická deformace dolní pásnice levého podélníku [2].....	19
Obrázek 10: Důlkovité oslabení pravého hlavního nosníku [2].....	20
Obrázek 11: Pevné ložisko na opěře O01 [2]	20
Obrázek 12: Pilíř P01 [2]	21
Obrázek 13: Sdružené ložisko K04/K05 [2].....	22
Obrázek 14: Znečištěný hlavní nosník konstrukce K04 [2]	22
Obrázek 15: Podélně posuvné ložisko K05 [2]	23
Obrázek 16: Plastická deformace vodorovného ztužení na K06 [2].....	24
Obrázek 17: Odlupující se nátěr PKO na pohyblivém ložisku P06 [2]	24
Obrázek 18: Dřík a ochrana pilíře P06 [2].....	25
Obrázek 19: Pohled na znečištěné a zkorodované tangenciální ložisko [2].....	26
Obrázek 20: Podélná deformace zábradlí [2]	27
Obrázek 21: Mostnice napadená dřevokaznou houbou [2]	28
Obrázek 22: Znečištěné mostní vybavení [2]	28
Obrázek 23: Model zatížení 71 a charakteristické hodnoty svislého zatížení [7]	33
Obrázek 24: Excentricita svislého zatížení [7]	33
Obrázek 25: Podélný roznos osamělých sil Q_{vk} [7]	35
Obrázek 26: Mapa větrných oblastí ČR [12].....	42
Obrázek 27: Součinitel síly $c_{fx,0}$ v závislosti na b/d_{tot} [13]	43
Obrázek 28: Stanovení parametru c_e [13]	44
Obrázek 29: Model levého hlavního nosníku K02	50
Obrázek 30: Příčné řezy typové sekce „A“ a „B“	51

Obrázek 31: Aplikace ostatního stálého zatížení na model.....	51
Obrázek 32: Aplikace zatěžovacího vlaku 71 na model.....	52
Obrázek 33: Aplikace odstředivých sil na model.....	52
Obrázek 34: Aplikace bočního rázu na model.....	52
Obrázek 35: Aplikace rozjezdové síly na model	53
Obrázek 36: Aplikace zatížení větrem	53
Obrázek 37: Hodnoty normálové síly	53
Obrázek 38: Hodnoty posouvajících sil	54
Obrázek 39: Hodnoty maximálního ohybového momentu ve středu rozpětí	54
Obrázek 40: Schéma čtyřnápravového vozu pro přechodnost [15].....	59
Obrázek 41: Hodnoty normálové síly pro D4/40.....	59
Obrázek 42: Hodnoty posouvajících sil pro D4/40	60
Obrázek 43: Hodnota max. ohybového momentu - střed rozpětí pro D4/40.....	60

Použité programy

- Autodesk AutoCAD 2022
- Dlubal RFEM 5.29
- Dlubal SHAPE-THIN 9.10
- Microsoft Excel 2021
- Microsoft Word 2021

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] CIKRYT, Jakub. *Protokol o podrobné prohlídce: TÚ 1991 Suchdol nad Odrou (mimo) - Nový Jičín město (včetně), evd. km 1,222. 2021.*
- [2] KRAMOLIŠ, Filip a Pavel RYJÁČEK. *Diagnostika a přepočty strategických přemostění v oblasti OŘ Ostrava - I. etapa: Diagnostický průzkum mostu na TÚ 1991, km 1.222 - Suchdol nad Odrou. A.2. 2022.*
- [3] KONEČNÝ, Pavel a Jan ŠEDIVÝ. *Opravné práce SMT OSTAVA 2010 MOST V KM 1,222 TRATI SUCHDOL N.O. - NOVÝ JIČÍN MĚSTO: PŘÍČNÉ ŘEZY OK. 2010.*
- [4] In: Google.com: maps [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/place/742+01+Suchdol+nad+Odrou/@49.6397699,17.9527899,417m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x4713c1d315763567:0xae795fe74520d5da!8m2!3d49.6557203!4d17.9281634!16zL20vMGM1OXZi?hl=cs>
- [5] DOKOUPIL. : *SUCHDOL n/O. - N. Jičín KM 1,222 PROVÁDĚCÍ PROJEKT SPODNÍ STAVBY. 1965.*
- [6] ČSN EN 1990: 2004 Eurokód: *Zásady navrhování konstrukcí.* Praha: ČNI.
- [7] ČSN EN 1991-2: 2005 Eurokód 1 : *Zatížení konstrukcí – Část 2 : Zatížení mostů dopravou.* Praha: ČNI.
- [8] ČSN EN 1991-1-5: 2005 Eurokód 1 : *Zatížení konstrukcí – Část 2-5 : Obecná zatížení – Zatížení teplotou.* Praha: ČNI.
- [9] ČSN EN 1991-1-4: 2007 Eurokód 1 : *Zatížení konstrukcí – Část 1-3 : Obecná zatížení – Zatížení větrem.* Praha: ČNI.
- [10] ČSN EN 1993-1-5: 2020 Eurokód 3 : *Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn.* Praha : ČNI.
- [11] KREJČÍŘÍKOVÁ, Hana. *Železniční stavby 1.* Praha : České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05672-1.
- [12] STUDNIČKA, Jiří, Milan HOLICKÝ a Jana MARKOVÁ: *Ocelové konstrukce 2: zatížení. 2. vydání.* Praha: ČVUT, 2018. ISBN 978-80-01-05815-2.

[13] RYJÁČEK, Pavel. *Ocelové mosty : cvičení*. Praha: České vysoké učení technické, 2017. ISBN 978-80-01-05672-1.

[14] SOKOL, Zdenek a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky. 2. dotisk 2. přepracovaného vydání*. Praha: CVUT, 2013. ISBN 978-80-01-04655-5.

[15] ČD SR 5: *URČOVÁNÍ ZATÍŽITELNOSTI ŽELEZNIČNÍCH MOSTŮ*. 1995.

[16] SŽ S5/1: *Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů*. Praha: Správa železnic, státní organizace, 2021.