

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Prohlídka a přechodnost železničního mostu v České
Lípě

Autor: Dominik Palášthy

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

Praha, 2016

Názov práce: Prehliadka a prechodnosť železničného mostu v Českej Lípe

Autor: Dominik Palášthy

Katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Vedúci bakalárskej práce: doc. Ing. Pavel Ryjáček Ph.D.

e-mail vedúceho: pavel.ryjacek@fsv.cvut.cz

Abstrakt Predložená práca sa venuje popisu technického a konštrukčného riešenia hlavnej nosnej konštrukcie ocelového železničného jednokoľajného mostu s dolnou mostovkou. Zložený je z dvoch jednoducho uložených nítovaných nosníkov, priečnikov, pozdĺžnikov a vodorovného pozdĺžneho stuženia, ktoré je v úrovni horných pásnic pozdĺžnikov a dolných pásnic hlavných nosníkov. Ďalej sa v práci nachádza popis väd a porúch, hodnotenie stavebného stavu objektu, tvorba výpočtového modelu, posúdenie jednotlivých prvkov, ich zaťažiteľnosti Z_{LM71} a prechodnosti. V závere práce sa uvádza posúdenie stability polohy.

Kľúčové slová: most, železničný, ocelový, zaťažiteľnosť, prechodnosť

Title: The inspection and load capacity assesment of the railway bridge in Česká Lípa

Author: Dominik Palášthy

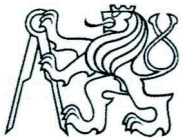
Department: Department of Steel and Timber Structures

Supervisor: doc. Ing. Pavel Ryjáček Ph.D.

Supervisor's e-mail address: pavel.ryjacek@fsv.cvut.cz

Abstract This thesis deals with the description of technical and structural solution of the main support structure steel monorail railway bridge with the rail track deck. It consists of two simple embedded riveted beams, crossbeams, girder spar and horizontal longitudinal bracing, which is abreast of the girder top flanges and bottom flanges of the main beams. Further, we describe defects and failures, evaluate the building state of the object, create a analysis model to assess the individual elements and the determination of their carrying capacity Z_{LM71} and transience. Finally, we present assessing the stability of the position.

Keywords: bridge, railway, steel, capacity, transience



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Palášthy Jméno: Dominik Osobní číslo: 410784

Zadávací katedra: K134

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Prohlídka a přechodnost železničního mostu v České Lípě

Název bakalářské práce anglicky: The inspection and load capacity assesment of the railway bridge in Česká Lípa

Pokyny pro vypracování:

Prohlídka železničního mostu na na TU1131, km 82,204, studium archivní dokumentace a ověření základních rozměrů, vytvoření výpočetního modelu a stanovení přechodnosti pro traťovou třídu, prověření C3/60

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 nutné 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)

Veľmi rád by som sa chcel poďakovať doc. Ing. Pavlu Ryjáčkovi PhD. za množstvo rád, pripomienok a taktiež za výnimočnú ochotu konzultovať.

Prehlasujem, že som svoju bakalársku prácu napísal samostatne a výhradne s použitím citovaných prameňov. Súhlasím so zapožičiavaním práce a jej zverejňovaním.

V Prahe dňa 15.05.2016

Dominik Palášthy

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| Abstrakt | i |
| 1 Úvod | 1 |
| 2 Správa o prehliadke mostu | 2 |
| 2.1 Identifikačné údaje mostu | 2 |
| 2.2 Popis objektu | 3 |
| 2.2.1 Nosná konštrukcia | 4 |
| 2.2.2 Spodná stavba | 5 |
| 2.2.3 Železničný zvršok | 5 |
| 2.2.4 Vybavenie | 6 |
| 2.2.5 Priestorové usporiadanie na/pod objektom | 7 |
| 2.3 Popis väd a porúch | 7 |
| 2.3.1 Stav nosnej konštrukcie | 7 |
| 2.3.2 Stav spodnej stavby | 9 |
| 2.3.3 Stav železničného zvršku | 10 |
| 2.3.4 Stav vybavenia | 12 |
| 2.4 Návrh hodnotenia stavebného stavu | 12 |
| 3 Výpočtový model | 13 |
| 3.1 Prvky výpočtového modelu | 13 |
| 3.1.1 Hlavné nosníky | 14 |
| 3.1.2 Priečniky | 16 |
| 3.1.3 Pozdĺžniky | 17 |
| 3.1.4 Dolné stuženie | 17 |
| 3.1.5 Horné stuženie | 18 |
| 3.1.6 Tuhé väzby | 19 |
| 3.2 Zaťaženie výpočtového modelu | 19 |
| 3.2.1 Vlastná tiaha | 19 |
| 3.2.2 Chodníky | 20 |
| 3.2.3 Ostatné stálie - mostný zvršok | 20 |
| 3.2.4 Vietor | 21 |
| 3.2.5 Model LM71 | 23 |
| 3.2.6 Odstredivé sily | 24 |
| 3.2.7 Bočné nárazy | 25 |
| 3.2.8 Brzdne a rozjazdové sily | 25 |
| 3.3 Súčinitele a tvorba kombinácií | 26 |
| 3.3.1 Parciálne súčinitele účinkov stáleho a premenného zaťaženia | 26 |
| 3.3.2 Parciálne súčinitele a vlastnosti materiálu | 26 |
| 3.3.3 Dynamické súčinitele | 26 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.3.4 | Tvorba kombinácie zaťaženia pre MSÚ | 26 |
| 4 | Zaťažiteľnosť mostného objektu-bez uváženia porúch | 29 |
| 4.1 | Hlavný nosník | 30 |
| 4.1.1 | Rozhodujúci prierez | 30 |
| 4.1.2 | Návrhové vnútorné sily | 30 |
| 4.1.3 | Posúdenie hlavného nosníku | 31 |
| 4.2 | Pozdĺžnik | 35 |
| 4.2.1 | Rozhodujúci prierez | 35 |
| 4.2.2 | Návrhové vnútorné sily | 36 |
| 4.2.3 | Posúdenie pozdĺžniku | 37 |
| 4.2.4 | Redukovanie rozjazdových síl | 39 |
| 4.3 | Priečnik | 40 |
| 4.3.1 | Rozhodujúci prierez | 40 |
| 4.3.2 | Návrhové vnútorné sily | 40 |
| 4.3.3 | Posúdenie priečniku | 41 |
| 4.3.4 | Redukovanie rozjazdových síl | 42 |
| 4.4 | Dolné stuženie | 42 |
| 4.4.1 | Rozhodujúci prierez | 42 |
| 4.4.2 | Návrhové vnútorné sily | 43 |
| 4.4.3 | Posúdenie dolného stuženia | 44 |
| 4.5 | Horné stuženie | 44 |
| 4.5.1 | Rozhodujúci prierez | 44 |
| 4.5.2 | Návrhové vnútorné sily | 45 |
| 4.5.3 | Posúdenie horného stuženia | 45 |
| 5 | Zaťažiteľnosť mostného objektu-s uvážením porúch | 49 |
| 5.1 | Upravený výpočtový model | 49 |
| 5.1.1 | Fotodokumentácia porúch | 49 |
| 5.1.2 | Výpočtový model | 50 |
| 5.2 | Výpočet vnútorných síl a posúdenie prvkov | 50 |
| 5.3 | Hlavný nosník | 51 |
| 5.3.1 | Redukovanie rozjazdových síl | 51 |
| 5.4 | Pozdĺžnik | 52 |
| 5.4.1 | Rozhodujúci prierez | 52 |
| 5.4.2 | Návrhové vnútorné sily | 52 |
| 5.4.3 | Posúdenie pozdĺžniku | 52 |
| 5.4.4 | Redukovanie rozjazdových síl | 53 |
| 5.5 | Priečnik | 54 |
| 5.5.1 | Rozhodujúci prierez | 54 |
| 5.5.2 | Návrhové vnútorné sily | 54 |
| 5.5.3 | Posúdenie priečniku | 54 |
| 5.5.4 | Redukovanie rozjazdových síl | 55 |
| 5.6 | Dolné stuženie | 56 |
| 5.6.1 | Rozhodujúci prierez | 56 |
| 5.6.2 | Posúdenie dolného stuženia | 56 |
| 5.6.3 | Redukovanie rozjazdových síl | 56 |
| 5.7 | Horné stuženie | 56 |
| 5.7.1 | Rozhodujúci prierez | 56 |
| 5.7.2 | Posúdenie horného stuženia | 57 |
| 5.7.3 | Redukovanie rozjazdových síl | 57 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6 | Výsledná zaťažiteľnosť | 58 |
| 6.1 | Vstupné údaje | 58 |
| 6.2 | Výsledná zaťažiteľnosť | 58 |
| 7 | Určenie priechodnosti | 59 |
| 7.1 | Zaťaženie | 59 |
| 7.2 | Hlavný nosník | 60 |
| 7.2.1 | Návrhové vnútorné sily pre B2/60 | 60 |
| 7.2.2 | Posúdenie hlavného nosníku | 60 |
| 7.2.3 | Priechodnosť B2/60 | 61 |
| 7.2.4 | Návrhové vnútorné sily pre C3/60 | 61 |
| 7.2.5 | Priechodnosť C3/60 | 62 |
| 7.3 | Pozdĺžnik | 62 |
| 7.3.1 | Návrhové vnútorné sily B2/60 | 62 |
| 7.3.2 | Posúdenie pozdĺžniku | 63 |
| 7.3.3 | Redukovanie rozjazdových síl | 64 |
| 7.3.4 | Priechodnosť B2/60 | 64 |
| 7.3.5 | Návrhové vnútorné sily C3/60 | 64 |
| 7.3.6 | Posúdenie pozdĺžniku | 65 |
| 7.3.7 | Redukovanie rozjazdových síl | 66 |
| 7.3.8 | Priechodnosť C3/60 | 66 |
| 7.4 | Priečnik | 67 |
| 7.4.1 | Návrhové vnútorné sily B2/60 | 67 |
| 7.4.2 | Posúdenie priečniku | 67 |
| 7.4.3 | Redukovanie rozjazdových síl | 68 |
| 7.4.4 | Priechodnosť B2/60 | 68 |
| 7.4.5 | Návrhové vnútorné sily pre C3/60 | 68 |
| 7.4.6 | Posúdenie priečniku | 68 |
| 7.4.7 | Redukovanie rozjazdových síl | 69 |
| 7.4.8 | Priechodnosť C3/60 | 69 |
| 7.5 | Dolné stuženie | 69 |
| 7.6 | Horné stuženie | 69 |
| 8 | Redukovanie súčiniteľov zaťaženia | 70 |
| 8.1 | Pozdĺžnik | 70 |
| 8.1.1 | Návrhové vnútorné sily B2/20 | 71 |
| 8.1.2 | Posúdenie pozdĺžniku B2/20 | 71 |
| 8.1.3 | Priechodnosť B2/20 | 72 |
| 8.1.4 | Návrhové vnútorné sily C3/20 | 72 |
| 8.1.5 | Posúdenie pozdĺžniku C3/20 | 72 |
| 8.1.6 | Priechodnosť C3/20 | 73 |
| 8.2 | Priečnik | 73 |
| 8.2.1 | Návrhové vnútorné sily B2/20 | 73 |
| 8.2.2 | Posúdenie priečniku B2/20 | 73 |
| 8.2.3 | Priechodnosť B2/20 | 74 |
| 8.2.4 | Návrhové vnútorné sily C3/20 | 74 |
| 8.2.5 | Posúdenie priečniku C3/20 | 74 |
| 8.2.6 | Priechodnosť C3/20 | 75 |
| 9 | Posúdenie stability polohy | 76 |
| 9.1 | Teória | 76 |
| 9.2 | Posúdenie | 76 |

| | |
|-------------------|-----------|
| 10 Závěr | 79 |
| Literatura | 80 |
| Přílohy | I |

ÚVOD

Predložená práca sa venuje podrobnému popisu technického stavu mostného objektu na TÚ 1131 evd.km 82,204 Lovosice-Česká Lípa. Jedná sa o oceľový železničný jednokolejný most s dolnou prvkovou mostovkou. Jeho stav je hodnotený z pohľadu väd a porušení. Ďalej sa práca venuje posúdeniu a určeniu zaťažiteľnosti mostného objektu.

V 2. kapitole sa zoznámime s konštrukčným riešením hlavnej nosnej konštrukcie. Je tvorená dvomi plnostennými nítovanými nosníkmi, ktoré su jednoducho uložené na oceľových ložiskách. Ďalej máme prvky mostovky, ktorú tvoria priečniky a pozdĺžniky. Na nich spočíva mostný zvršok, ktorý tvoria mostnice a koľajnice s upevňovadlami. Stuženie je vodorovné - pozdĺžne v úrovni dolnej pásnice hlavných nosníkov a v úrovni hornej pásnice pozdĺžnikov. Pozornosť je venovaná taktiež spodnej stavbe a oporám.

Ďalšia časť 2. kapitoly obsahuje popis závad a porúch na moste. Na konci tejto kapitoly je návrh hodnotenia stavebného stavu jednotlivých častí a následne návrh hodnotenia stavebného stavu objektu.

Kapitola 3 sa venuje tvorbe výpočtového modelu v programe Scia Engineer 2014 a tiež zaťaženiu, súčiniteľom a tvorbe kombinácií.

V kapitole 4 riešime model bez uváženia porúch. Po stanovení návrhových vnútorných síl posúdime rozhodujúci prierez a nájdeme príslušnú zaťažiteľnosť.

Kapitola 5 je totožná s kapitolou 4 s jedným rozdielom, že riešime výpočtový model upravený tak, aby zahrňoval poruchy.

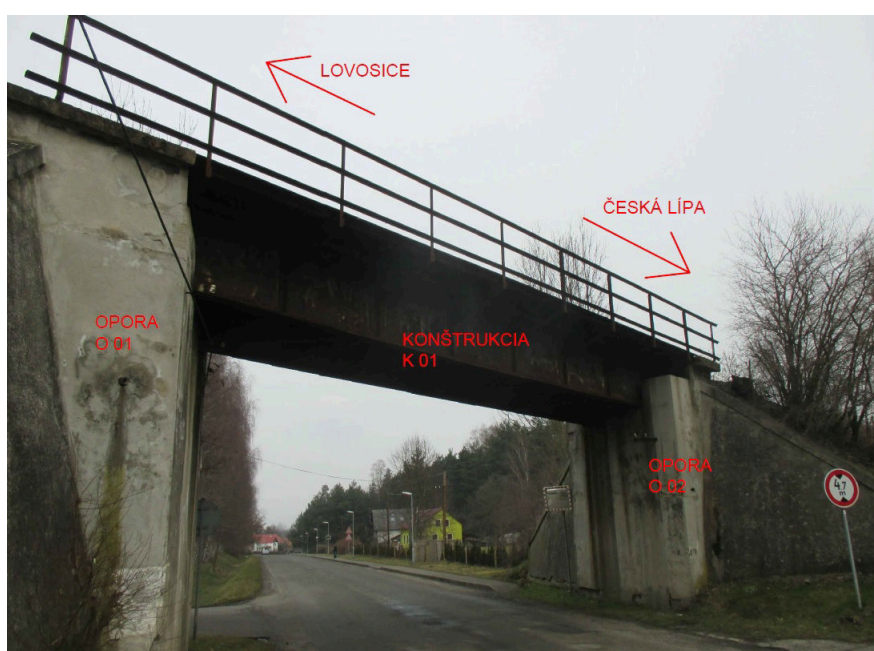
V kapitole 6 sú zhrnuté výsledky zaťažiteľnosti.

V kapitole 7 riešime prechodnosť. Pre prislúchajúcu traťovú triedu sme určili zaťaženie a následne sme zistili vnútorné sily. Vzhľadom k interakcii síl, posudzujeme prierez rovnako ako v predchádzajúcich častiach a nevyužívame teda už spočítanú zaťažiteľnosť z_{LM71} .

V kapitole 8 posudzujeme stratu stability polohy mostu.

Na záver práce uvádzame zhodnotenie výsledkov.

SPRÁVA O PREHLIADKE MOSTU



Obr. 2.1: Pohľad sprava

2.1 Identifikačné údaje mostu

| | |
|-------------------------------|--|
| Vžitý názov: | U Pecha |
| TÚ: | 1131 Lovosice (mimo)- Česká Lípa (vč.) |
| Evd.km.: | 82,204 |
| Súradnice stredu objektu GPS: | N50°39'12.747'' E14°31'58.944'' |
| Obec: | Česká Lípa |
| Kraj: | Liberecký kraj |
| Katastrálne územie: | Sosnová u České Lípy |

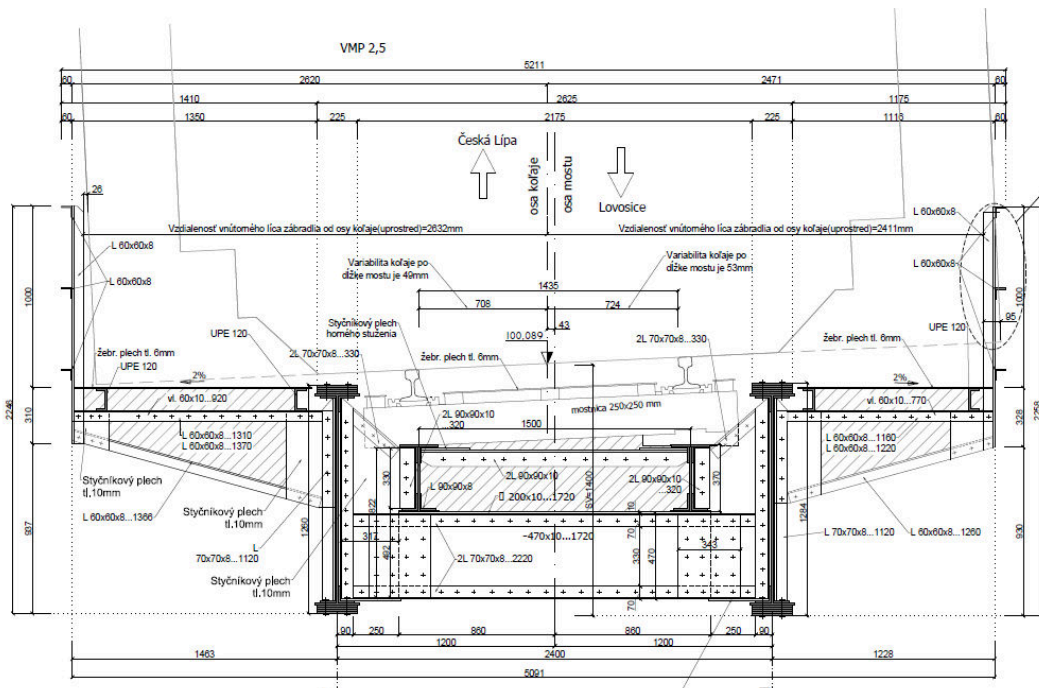
2.2 Popis objektu

Most sa nachádza na konci obce Sosnová, v smere od Českej Lípy na Záhradky. Na konci obce sa most podchádza a hneď vedľa neho je autobazár. Traťová trieda zaťaženia s pridruženou rýchlosťou je B2-60 a rozchod koľajníc je 1435mm. Most bol postavený v roku 1898 a naposledy rekonštruovaný v roku 1962. Pre predstavu toho, kde sa konkrétne most nachádza uvádzam na obr.2.2 odfotenú mapu s vyznačeným miestom, kde most stojí. Takisto pre predstavu konštrukcie mostu, uvádzam na obr.2.3 v pomere upravený rez mostom.

| | |
|-----------------------|----------------------|
| Dĺžka mostu: | 20,50m |
| Šírka mostu: | 5,30m |
| Výška objektu: | 6,06m |
| Dĺžka premostenia: | 11,70m |
| Uhol kríženia: | cca. 50° |
| Aktuálna prechodnosť: | B2 / 60 |
| Objekt: | šikmý - šikmost ľavá |
| Počet koľají: | 1 |
| Premostená prekážka: | cesta 3.triedy |



Obr. 2.2: Mapa



Obr. 2.3: Rez mostom

2.2.1 Nosná konštrukcia

K 01 - oceľ, trámová plnostenná, nítové spoje, mostovka dolná, ukončenie šikmé

Teoretické rozpätie mostu je 13m, čo je vzdialenosť od osy ložiska po osu ložiska. Hlavný nosník má teda teoretické rozpätie 13m, ale jeho dĺžka s presahmi tvorí 13,470m. Hlavný nosník je plnostenný, nítovaný. Výška nosníkov je premenlivá, no maximálnu výšku dosahuje pravý nosník a to 1,284m. Osová vzdialenosť nosníkov je 2,400m.

Priečniky sú plnostenné a nítované. Výška priečnikov je 0,470m s osovou vzdialenosťou 6x1,770m + 2x2,000m (počítané v ose mostu). Počet priečnikov na moste je 9, z toho 7 kolmých a 2 šikmé.

Pozdĺžniky sú opäť plnostenné, nítované a po dĺžke mostu sú priebežné. Výška pozdĺžniku je 0,370m a sú umiestnené v osovej vzdialenosti 1,500m.

Stuženie hlavných nosníkov sa nachádza v úrovni dolných pásnic hlavných nosníkov. Je tvorené uholníkmi typu L90x90 s hrúbkou 10mm, ktoré sú v 1., 2., 5. a 6. kolmom priečniku zdvojené. V ostatných priehradách sú uholníky jednoduché.

Mostovkové stuženie sa nachádza v úrovni horných pásnic pozdĺžnikov. Je tvorené zdvojenými znítovanými uholníkmi typu L90x90 s hrúbkou 10mm.

Most je uložený na oceľových ložiskách. Na opore O 01-pohyblivé a O 02-pevné.

Počas rekonštrukcie v roku 1962 sa pôvodný most skoro celý vymenil s použitím ocele S235. Pôvodné zostali iba hlavné nosníky, ktoré sú podľa doby výstavby zo "svárkového železa".



Obr. 2.4: Nosná konštrukcia

2.2.2 Spodná stavba

OPORA O 01

Materiálom opory je kamenný múr s povrchovou úpravou (obetónovanie + omietka) + železobetón, ktorý tvorí úložný prah a záverný múr s rímsami. Rozmery opory sú nasledovné: šírka= 5,50m, výška (driek a úložný prah)=4,95m a výška záverného múra= 1,25m. Rok výstavby opory je datovaný na 1898 a čiastočná prestavba bola zrealizovaná v roku 1962. Odvodnenie opory je riešené vývodom oceľovej trubky z čela opory. V krídlach sa nenašli žiadne otvory pre odvodnenie. Krídla sú postavené z rovnakého materiálu ako opora.

OPORA O 02

Opora O 02 je identická s O 01. Zmenila sa iba výška, uvádzame rozmery: šírka= 5,50m, výška (driek a úložný prah)=4,80m a výška záverného múra= 1,25m. O 02 bola taktiež rekonštruovaná v roku 1962 a má tiež takisto riešené odvodnenie. Krídla sú postavené z rovnakého materiálu ako opora.

2.2.3 Železničný zvršok

Tento most sa nachádza v prechodnici do ľavého oblúku. Po dĺžke objektu niveleta klesá. Tvar koľajníc je T. Podkladnice sú rebrové, uložené na mostniciach (pod podkladnicami sú podložky buď drevené alebo PE). Koľajnicové podpory - druh pražcov: na začiatku 3 a na konci 5 drevených pražcov, ostatné pražce sú betónové. Koľajnicové styky sú otvorené ústretové "vstřícne" styky, ktoré sa nachádzajú pred a za mostom do 10,00m od líca záverného múrika.

Počet mostníc na moste je 24ks s rozmermi 260(250)x240(250)x2100mm (dĺžka 1x2400mm, 21x2100mm, 1x2350mm a 1x2300mm). Svetlosť medzi mostnicami je 350-410mm a sú uložené na pozdĺžnikoch plošne s vodorovným šroubom. V pravo sa nachádzajú klinové drevené podložky.



Obr. 2.5: Opora O 02

2.2.4 Vybavenie

Podlaha

Podlahu medzi koľajnícami tvoria oceľové rebrové plechy s výrezmi pre podkladnice, ktoré sú pripojené vrtuľami bez podložiek do mostníc.

Podlahu na hlavách tvoria oceľové rebrové plechy s výrezmi pre podkladnice. Tieto plechy sú pripojené vrtmi bez podložiek.

Podlahu na chodníkoch tvoria oceľové rebrové plechy pripojené šroubami. Vľavo aj vpravo sú plechy uložené na 2 pozdĺžnych podlahových nosníkoch z U profilu, ktoré sú uložené na chodníkových konzolách.



Obr. 2.6: Podlaha na moste

Zábradlie vľavo/vpravo - na K 01, O 01, O 02

Zábradlie je oceľové a skladá sa z šroubovaných prvkov, ktoré sú profilu L. Výška zábradlia nad pochôdznou plochou je 1,06m. Dĺžka zábradlia vľavo aj vpravo je 16,58m. Počet stĺpikov, ktoré tvoria zábradlie vľavo aj vpravo je 10 a na rímsach vždy po 1 stĺpiku. Upevnenie stĺpikov je riešené nasledovne. Koncové stĺpiky sú zaliate v rímsach, na nosnej konštrukcii sú stĺpiky prinitované k mostným chodníkovým konzolám. Zábradlie má pódorysný tvar priamy.

Odvodňovacie a odpadné zariadenia

V oboch oporách je z čela po 1 vývode odvodnenia.

Bezpečnostné nátery

Bezpečnostný náter sa nachádza na oboch koncoch zábradlia vľavo aj vpravo (v miestach ríms).

Iné a cudzie zariadenia

K zábradliu vľavo je pripevnená plachta pútača AUTOBAZAR. Na rímse O 01 vpravo je zememeračský bod a u opory O 02 vľavo je dopravné zrkadlo.

2.2.5 Priestorové usporiadanie na/pod objektom

Na konci dediny Sosnová, v smere od Českej Lípy do Zahrádky sa most podchádza. V tejto časti je komunikácia cestou III triedy.

Priestorové usporiadanie na objekte

Tabuľka 2.1: Poloha osy koľaje k ose nosnej konštrukcie

| | | | |
|-------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| | medzi mostnicou 3 – 4 | medzi mostnicou 12 – 13 | medzi mostnicou 21 – 22 |
| posun | vpravo o 10mm | vpravo o 40mm | vpravo o 12mm |

Tabuľka 2.2: Vzďialenosť vnútorného líca zábradlia na NK od osy koľaje

| | | | |
|--------|---------------|---------------|---------------|
| | na začiatku | uprostred | na konci |
| vľavo | 2610mm | 2632mm | 2561mm |
| vpravo | 2461mm | 2411mm | 2464mm |

Tabuľka 2.3: Vzďialenosť vnútorného líca zábradlia na O 01 a O 02 od osy koľaje

| | | |
|--------|---------------|---------------|
| | na O 01 | na O 02 |
| vľavo | 2570mm | 2510mm |
| vpravo | 2459mm | 2482mm |

VMP 2,5 - Zábradlie vpravo zasahuje do voľného mostného prierezu

Priestorové usporiadanie pod objektom

Kolmá svetlosť pod mostom je 10m a šikmá je 11,70m. Voľná výška nad komunikáciou (pod hlavným nosníkom vpravo) je 4,80m. Pred mostom je umiestnené dopravné značenie, ktoré zakazuje vjazd vozidiel vyšších ako 4,70m.

2.3 Popis vád a porúch

2.3.1 Stav nosnej konštrukcie

Na začiatku ocelevej konštrukcie v pripojení ľavého pozdĺžniku na horný pás koncového šikmého priečniku chýba 1 nít. Ekvivalentne to vyzerá aj na konci pravého pozdĺžniku. Pásnice horných pásov pozdĺžnikov sú miestami oslabené o 1-2mm. Všeobecne v miestach s výraznou hrdzou sú prvky oslabené aj o 3mm. V dolných partiách konštrukcie, na oboch koncoch sú miesta výrazne zanesené nečistotami s narastenou hrdzou, ktorá oslabuje hlavy nítov. Pod mostom na dolných pásniciach oboch hlavných nosníkov sa našli vruby a poškodené hlavy jednotlivých nítov (pravdepodobne to spôsobila doprava). Na ľavom hlavnom nosníku v 3. kolmom priečniku sú odrazené 3ks nítov a v 5. kolmom priečniku odrazená hlava 1 ks

nítov. Na pravom hl. nosníku v 2. kolmom priečniku odrazené hlavy 2 ks nítov a v 3. kolmom priečniku odrazené hlavy 3 ks nítov. Všetky ložiská, sú silno zanesené vrstvou nečistôt. Chovanie konštrukcie pri prejazde vlaku je kľudné. Na obr.2.7 v pravej časti, je vidieť prípoj ľavého pozdĺžniku na hlavný nosník nad O 01. Pre porovnanie uvádzam na obr.2.8 prípoj pravého pozdĺžniku na hlavný nosník nad O 02.



Obr. 2.7: Zanesené ložiská a odstrelená hlava nítu-ľavý pozdĺžnik



Obr. 2.8: Prehrdzavené nity a chýbajúca hlava-pravý pozdĺžnik

Deformácie

Na začiatku ocelevej konštrukcie nad O 01 je deformovaná vodorovná príruha jedného z uhoľníkov dolného pásu, na ľavej strane šikmého priečniku. Obdobne je to aj na koncovom priečniku (nad O 02), kde sú tieto deformácie na oboch stranách (viď. kapitola 5). Taktiež je zdeformovaná vodorovná príruha pásového uhoľníka v 3. a 5. kolmom priečniku.

Stav PKO-povrchová korózna ochrana

Konštrukcia je pomerne hrdzavá. Množstvo náterov odpadáva. Odpadávanie náterov je na niektorých vodorovných plochách a v miestach zanesenia až na 100%. Zvislé plochy sú na hlavných nosníkoch z vonkajšej strany na cca. 60-70% a z vnútornej strany na cca. 30-40%. Priečniky sú na cca. 30-40% a u ostatných prvkov a plôch na cca. 10-20%.



Obr. 2.9: Pohľad na ľavý nosník



Obr. 2.10: Pohľad na pravý nosník z vnútra nad oporou



Obr. 2.11: Pohľad na priechnik

2.3.2 Stav spodnej stavby

Opora O 01

Povrch je lokálne popraskaný a tiež sú zviditeľnené pracovné škáry, opadaná omietka, degradácia betónu. Je to často spôsobené neodvodnením nosnej konštrukcie, čo spôsobuje kumulovanie vody v miestach uloženia a následné stekanie po líci opory. Na niektorých miestach, hlavne u krajov opory je obetónovanie

oddelené od podkladu (vpravo do výšky cca. 2,80m zvislá trhlinka šírky cca. 5mm). Na závernom múriku je povrchová degradácia betónu. Úložný prah opory je zanesený a betónová vrstva úpravy hornej plochy úložného prahu je oddelená od podkladu do 10mm. Vývod oceľových trubiek odvodnenia z čela opory je bez presahu. Voda steká po lícy opory a zanecháva značné miesta s povlakmi.

Opora O 02

Stav je podobný ako u O 01 s tým rozdielom, že v niektorých častiach je obetónovanie oddelené od podkladu a v dolných častiach, do výšky cca.250-300mm je opadaný betón a odhalený kamenný múr. Na podhlade betónu a ríms je odhalená výstuž. Betónová vrstva upravenej hornej plochy úložného prahu je oddelená od podkladu vpravo, až o cca. 20mm. Je tu aj dutina do hĺbky 200mm vid:obr.2.12. Vývod oceľových trubiek odvodnenia z čela opory je bez presahu.



Obr. 2.12: Prasknutá vrstva hornej plochy úložného prahu



Obr. 2.13: Vývod oceľovej trubky

2.3.3 Stav železničného zvršku

Upevňovadlá obsahujú radu uvoľnených svoriek. V mostnici č.2 nedirží vrtuľa, pretože je tam zhnitá mostnica. Mostnicové šrouby nie sú väčšinou dotiahnuté. Časť drevených podložiek pod podkladnicami je rozpraskaných, rozštiepaných. Mostnice sú pozdĺžne popraskané. Mostnica č.2 je vľavo zhnitá. Jednot-

livé mostnice vľavo ležia na vodorovných styčkových plechoch mostovkového stuženia. V koľajnicovom loži na začiatku a konci mosta, miestami narastá vegetácia.



Obr. 2.14: Zhnitá mostnica č. 2



Obr. 2.15: Drevené podložky a odpadnutá skrutka

2.3.4 Stav vybavenia

Podlahy

Podlaha medzi koľajnicami je na niektorých miestach nedostatočne pripojená. V mieste zvarov koncového plechu sú zvary porušené, prasknuté.

Stav PKO: plechy bez náterov 100% zkorodovaný povrch.

Podlahy na hlavách sú nedostatočne pripojené. Na konci vľavo chýba plech. Vpravo su jednotlivé plechy zdeformované.

Stav PKO: plechy bez náterov 100%.

Podlahy na chodníkoch - v pripojení 1. plechu vľavo a koncového plechu vpravo chýba časť šrobov.

Stav PKO: plechy bez náterov 100%.

Zábradlie vľavo / vpravo

Stav PKO - zábradlie bez náteru 100%.

Odvodňovacie a odpadné zariadenia

Presahy vývodov rúr z čela opor sú nedostatočné, alebo chýbajú. Voda steká po líci opor.

Bezpečnostné nátery a výstražné tabuľky

Zhrdzavenie bieleho náteru z 30-60%.

Iné a cudzie zariadenia v okolí objektu

Povrch premostenej komunikácie pod mostom je v poriadku.

2.4 Návrh hodnotenia stavebného stavu

Vzhľadom k vykonanej prehliadke súhlasím s hodnotením, vykonaným pracovníkmi SŽDC v roku 2015.

⇒ **nosná konštrukcia: K2**

na základe hodnotenia K 01

⇒ **spodná stavba: S2**

na základe hodnotenia O 01 a O 02

VÝPOČTOVÝ MODEL

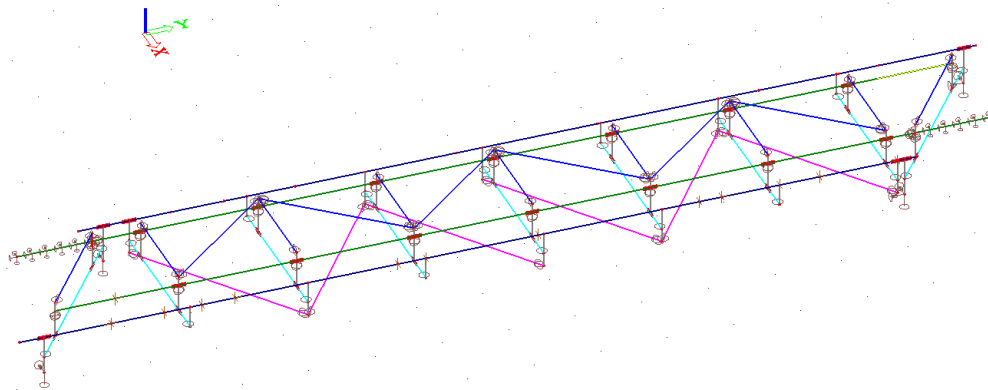
Celý výpočet mostu je vyhotovený v zmysle platných európskych noriem, známych pod názvom Eurokód. Ako doplnok k Eurokódu sme používali *Smernicu o určovaní zaťažiteľnosti železničných mostných objektov*.

3.1 Prvky výpočtového modelu

Model pre výpočet vnútorných síl bol vytvorený v programe Scia Engineer 2014 ako priestorový prútový model. Je zložený z prútov, ktoré reprezentujú jednotlivé konštrukčné prvky. Ďalej sa v modeli nachádzajú prvky, ktoré nám zabezpečujú tuhé spojenie medzi jednotlivými prútmi, ktoré na seba naväzujú. Tieto prvky nazývame tiež tuhé väzby a spájajú napr. os priečnika s osou hlavného nosníka. Tieto tuhé väzby sú nastavené bez hmotnosti.



Obr. 3.1: Rendrovaný model



Obr. 3.2: Prúťový model

3.1.1 Hlavné nosníky

Hlavné nosníky reprezentuje viac prúťových prvkov. Líšia sa hrúbkou pásnic, ktorá je po dĺžke mostu pri oboch nosníkoch premenná. Pravý nosník pozostáva zo 6 rôznych hrúbok pásnic a ľavý nosník z 5 rôznych hrúbok pásnic, ktoré majú na nosníku rôzne dĺžky.

| B288 | B286 | B285 | B283 | B282 | B281 | B280 | B279 | B278 | B289 | B277 | B276 | B290 | B275 | B287 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Obr. 3.3: Pravý nosník

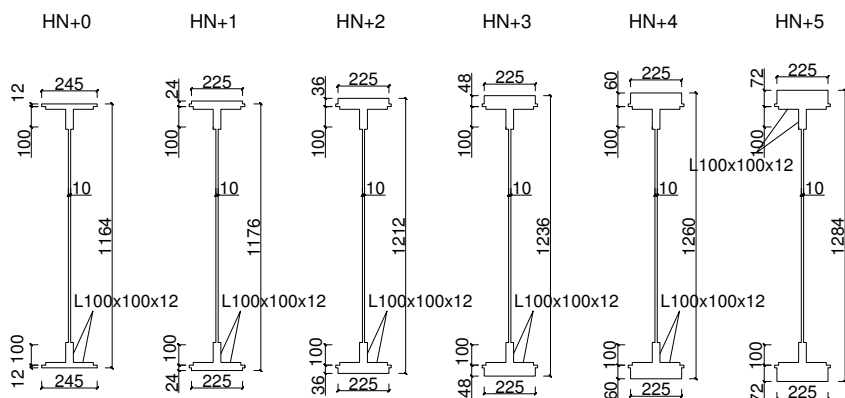
| B289 | B288 | B286 | B285 | B284 | B283 | B282 | B281 | B280 | B279 | B278 | B277 | B276 | B275 | B287 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Obr. 3.4: Ľavý nosník

Prierezy sú zostavené podľa pôvodnej dokumentácie a korešponujú s realitou. Skladajú sa z profilov L100x100, stojny o hrúbke 10mm a pásnic, ktorých hrúbka sa pohybuje v rozmedzí od 12 do 72mm. Hrúbka pásnic sa zväčšuje v smere od krajov do stredu nosníkov. Prierezy sú nitované. Dĺžky sme im priradili na základe vykonanej prehliadky a odmeraných rozmerov. Celková dĺžka oboch nosníkov je 13,47m a teoretické rozpätie je 13,00m. Osová vzdialenosť nosníkov je 2,40m. Prierezy sú popísane v tabuľke 3.1.

Tabuľka 3.1: Dĺžky jednotlivých prvkov hlavného nosníku

| Prvok | Dĺžka [mm] | Preirez | Poznámky |
|-------|------------|---------|--------------|
| B131 | 1375 | HN+0 | Pravý nosník |
| B38 | 795 | HN+1 | Pravý nosník |
| B37 | 390.7 | HN+2 | Pravý nosník |
| B36 | 174.3 | HN+2 | Pravý nosník |
| B35 | 500 | HN+3 | Pravý nosník |
| B34 | 1095.7 | HN+4 | Pravý nosník |
| B33 | 1349.3 | HN+4 | Pravý nosník |
| B32 | 420.7 | HN+5 | Pravý nosník |
| B31 | 1689.3 | HN+5 | Pravý nosník |
| B30 | 80.7 | HN+4 | Pravý nosník |
| B132 | 1770 | HN+4 | Pravý nosník |
| B27 | 569.3 | HN+4 | Pravý nosník |
| B26 | 335 | HN+3 | Pravý nosník |
| B133 | 865.7 | HN+2 | Pravý nosník |
| B22 | 599.3 | HN+1 | Pravý nosník |
| B127 | 1460 | HN+0 | Pravý nosník |
| B130 | 1380 | HN+0 | Ľavý nosník |
| B129 | 800 | HN+1 | Ľavý nosník |
| B14 | 345.1 | HN+2 | Ľavý nosník |
| B13 | 719.9 | HN+2 | Ľavý nosník |
| B12 | 1050.1 | HN+3 | Ľavý nosník |
| B11 | 1372.9 | HN+3 | Ľavý nosník |
| B10 | 397.1 | HN+4 | Ľavý nosník |
| B9 | 1719.9 | HN+4 | Ľavý nosník |
| B8 | 50.1 | HN+3 | Ľavý nosník |
| B7 | 1770 | HN+3 | Ľavý nosník |
| B6 | 609.9 | HN+3 | Ľavý nosník |
| B5 | 1160.1 | HN+2 | Ľavý nosník |
| B4 | 39.9 | HN+2 | Ľavý nosník |
| B3 | 595 | HN+1 | Ľavý nosník |
| B128 | 1460 | HN+0 | Ľavý nosník |



Obr. 3.5: Prierezy hlavných nosníkov

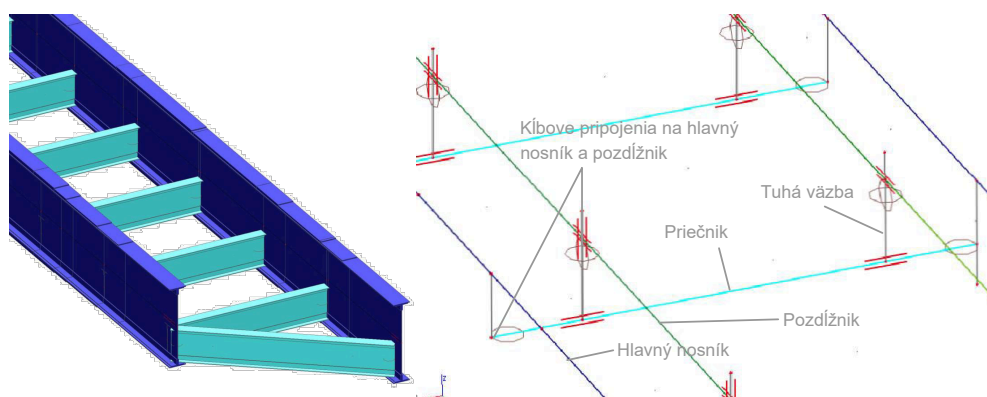
Podpory hlavných nosníkov

Na opore 01, kde sa nachádzajú pozdĺžne pohyblivé ložiská, sú podpory modelované ako kĺbové. Tieto kĺbové podpory sú v zvislom smere tuhé a v pozdĺžnom smere, podľa osy Y (GSS) sú voľné. V priečnom smere, ktorý odpovedá ose X (GSS), sú pružné. Tuhosť sme iteráčným postupom navrhli o hodnote 12 MN/m. Malý posun cca. 2-3mm je umožnený vplyvom technológie.

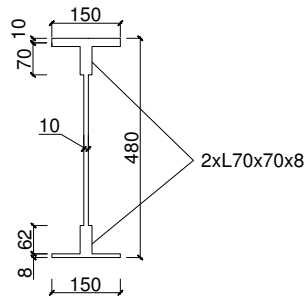
Na druhej strane u opory 02 máme pevné ložiská. Modelujeme ich opäť ako kĺbové podpory, ktoré sú v zvislom smere tuhé, v pozdĺžnom a priečnom pružné. V pozdĺžnom smere sme vyiterovali hodnotu 90 MN/m a v priečnom 12 MN/m. Uvedené tuhostné hodnoty odpovedajú posunom ložísk v smeroch X a Y (GSS) v rozmedzí 2-3mm, ktoré reprezentujú vŕhu týchto ložísk.

3.1.2 Priečniky

Priečniky sú pomocou tuhých väzieb pripojené na hlavný nosník. Dĺžka tuhej väzby odpovedá vzdialenosti ťažiskových os medzi hlavným nosníkom a priečnikom. Napojenie na tuhú väzbu je kĺbové a pootočené je možné iba vo vodorovnej rovine XY (GSS). Dĺžka priečniku je rovná vzdialenosti os hlavných nosníkov, čo je 2400mm. Krajné priečniky odpovedajú šikmosti mostu a ich dĺžka je 3003mm. Geometria prierezu ako aj napojenia sú vysvetlené na priložených obrázkoch.



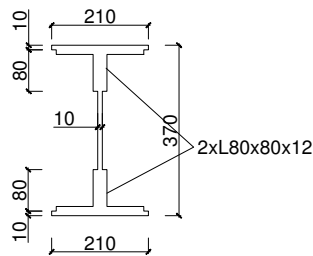
Obr. 3.6: Pohľad na priečnik



Obr. 3.7: Schématický rez priečnikom

3.1.3 Pozdĺžniky

Pozdĺžniky sú vložené do modelu ako jeden spojitý prút. Napojenie na priečnik funguje vďaka tuhej väzbe. Vzhľadom na to, že osa pozdĺžniku s osou priečniku sú v rôznych výškových hladinách, musíme použiť buď tuhú väzbu, alebo tuhé ramená. Využili sme možnosť tuhej väzby, ktorá nám umožňuje vytvoriť na koncoch prútu kĺb, ktorý potrebujeme. Pri tuhých ramenách sa kĺb vytvoriť nedá. Dĺžka tuhých väzieb opäť odpovedá vzdialenosti osy pozdĺžniku voči ose priečniku. Pozdĺžnik je pripojený kĺbovo s voľným pootočením v rovine XY a YZ (GSS). Pootočenie okolo vlastnej osy nie je umožnené. Geometrické parametre prierezu sú schématicky znázornené na obrázku 3.8.

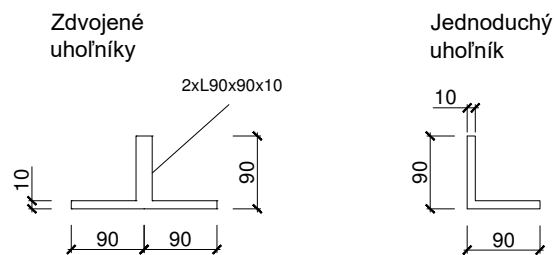


Obr. 3.8: Schématický rez pozdĺžnikom

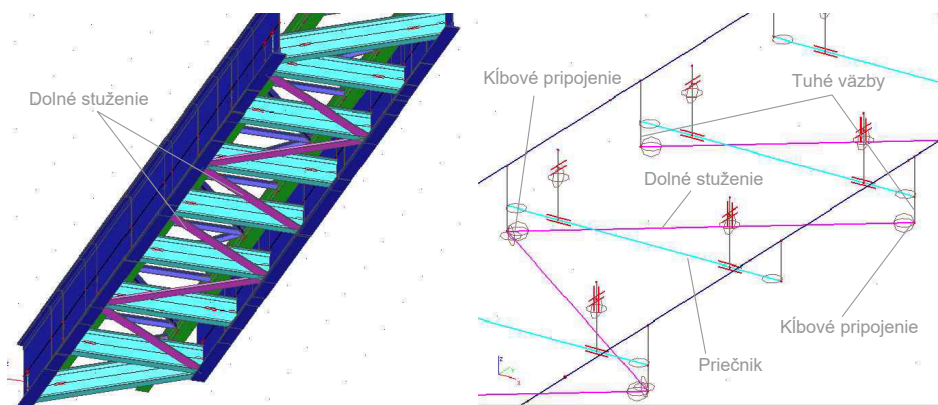
Za zmienku stojí spomenúť to, že na pozdĺžnik sme kĺbovo pripojili prút, aby sme vykryli rozdiely, ktoré vznikli šikmostou mostu. Dôvod, prečo sme tam vložili prídavné prúty je prostý. **Potrebovali sme určiť dráhu pohyblivého zaťaženia.** Tieto prídavné prúty sme uložili na spojitú podporu, ktorá je pružná v pozdĺžnom smere. Tuhosť odpovedá posunu konca pozdĺžniku pri pôsobení rozjazdových síl. To znamená, že sa nám tento prídavný prvok nepremietne do priebehu vnútorných síl. *Vid. obr.5.6*

3.1.4 Dolné stuženie

Dolné stuženie je umiestnené v úrovni dolných pásnic hlavných nosníkov. Tvoria ho diagonály, zdvojené uhoľníky s prierezom 2xL90x90 s hrúbkou 10mm, prípadne jednoduché uhoľníky. Dĺžka diagonál odpovedá dĺžke priesečníkov os diagonály a hlavných nosníkov. Dĺžka diagonály je teda 2982mm a je kĺbovo napojená na hlavný nosník. Opäť pomocou tuhých väzieb. Pootočenie týchto kĺbov je umožnené v rovinách XY a XZ (LSS). Geometrické parametre prierezu sú schématicky znázornené na obrázku 3.9.



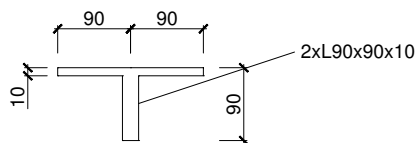
Obr. 3.9: Schématický rez dolným stužením



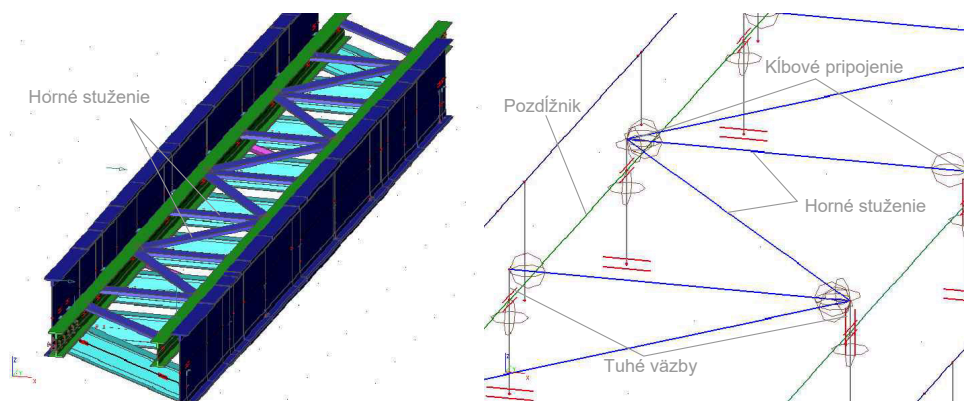
Obr. 3.10: Pohľad na dolné stuženie

3.1.5 Horné stuženie

Horné stuženie sa nachádza v úrovni horných pásov pozdĺžnikov. Tvoria ho diagonály a priečníky s prierezom $2 \times L90 \times 90$ s hrúbkou 10mm. Dĺžka diagonál zodpovedá dĺžke priesečníkov os diagonály a pozdĺžnikov. Podobne získame aj hodnotu priečníku. Dĺžka diagonály je teda 2320mm a priečníku 1500mm. Táto sústava je ohraničená z jednej aj druhej strany diagonálami, ktoré sú umiestnené nad koncovým respektíve začiatočným priečníkom. Sú s ním rovnobežné a ich dĺžka je 1877mm. Kĺbové pripojenie týchto prútov na pozdĺžnik je obdobné ako u pripojenia dolného stuženia na hlavný nosník. Rozmery sú na obr.3.11.



Obr. 3.11: Schématický rez horným stužením



Obr. 3.12: Pohľad na horné stuženie

3.1.6 Tuhé väzby

Ich zmysel už bol vysvetlený vyššie, no zopakujme si ho. Tieto väzby nám umožňujú v prútoch modeli pripojiť prúty, ktoré sa v priestore inak nepretínajú, čiže nemajú spoločný bod. Sú to prvky ako napr. priečnik - hlavný nosník, dolné stuženie - hlavný nosník ap. Vzhľadom na to, že potrebujeme, aby bol tento prvok dostatočne tuhý, zvolili sme komorový prierez štvorcového pôdorysu o vonkajších rozmeroch 414x414mm a hrúbke steny 15mm. Ako materiál sme použili oceľ, kvôli vysokému modulu pružnosti a triedu S450, kvôli vyššej únosnosti. Urobili sme tak z dôvodu bezproblémového prenosu síl medzi danými prvkami. Aby sme most nezaťažovali týmito prvkami, nastavili sme im nulovú hmotnosť.

3.2 Zaťaženie výpočtového modelu

3.2.1 Vlastná tiaha

Uvažovaný materiál

Z dobovej dokumentácie vieme povedať, že v roku 1962 boli rekonštruované priečniky, pozdĺžniky, stuženie a tiež podlaha na moste. Vzhľadom na výstavbu mostu v roku 1898 usudzujeme, že materiál, z ktorého sú hlavné nosníky, bude podľa Smernice pre určovanie zaťažiteľnosti železničných mostov, prílohy A, tab. A1 pravdepodobne "svárkové" železo. Keďže vieme, že na moste prebehla v roku 1962 rekonštrukcia a pôvodný zostal iba hlavný nosník, inak všetky ostatné konštrukčné časti boli vymenené, budeme pre tieto prvky uvažovať oceľ S235. Týka sa to pozdĺžniku, priečniku, dolného a horného stuženia.

Vlastná tiaha je počítaná automaticky v programe. Vo výpočtovom modeli sme nemodelovali prvky mostu ako sú styčnickové plechy, pochôdzne plechy, príložky, spojovací materiál ap. Tým pádom sme potrebovali použiť modifikovanú objemovú hmotnosť ρ_{mod} nami použitého materiálu vo výpočte. Učinili sme tak na základe výpočtu skutočnej hmotnosti hlavnej nosnej konštrukcie a hmotnosti nášho modelu.

$$\rho_{mod} = \frac{m_{skut}}{m_{esa}} \rho_{ocel},$$

$m_{skut} = 13689,932kg$. . . skutočná hmotnosť hlavnej nosnej konštrukcie,

$m_{esa} = 13759,3kg$. . . hmotnosť modelu,

$\rho_{ocel} = 7850kg/m^3$,

$$\rho_{mod} = 7810,42kg/m^3.$$

Daný výsledok je logický, pretože "stratená hmotnosť" je dohnaná tým, že prútový model uvažuje vzdialenosti jednotlivých prvkov z osy na osu. Zostaneme na bezpečnej strane a budeme uvažovať štandardnú objemovú hustotu $\rho_{ocel} = 7850kg/m^3$.

3.2.2 Chodníky

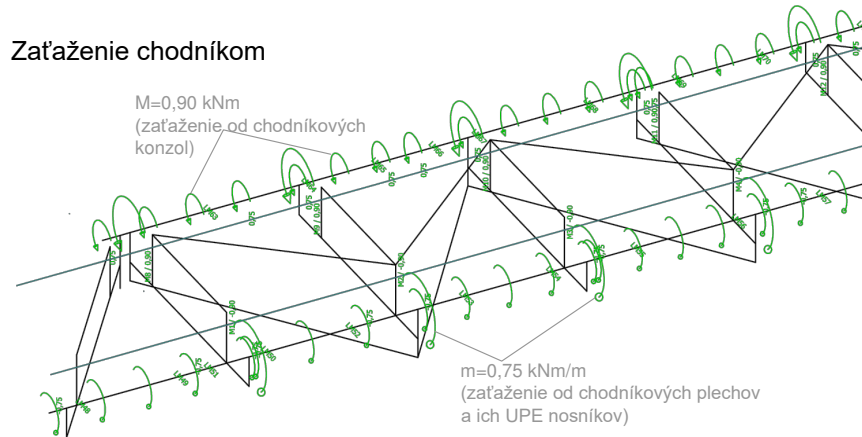
Týka sa to vykonzolovaných prvkov mostu, ktoré sú symetricky umiestnené na každej strane mostu. Výpočet tiahy je rozdelený na dve časti:

1.časť - Osamelý moment

Týka sa tiahy od samotných vykonzolovaných prvkov. Celková hmotnosť tejto sústavy je 90,845kg a voči hlavným nosníkom pôsobí na ramene 967mm. Výsledný charakt. moment = 0,88kNm.

2.časť - Spojitý moment

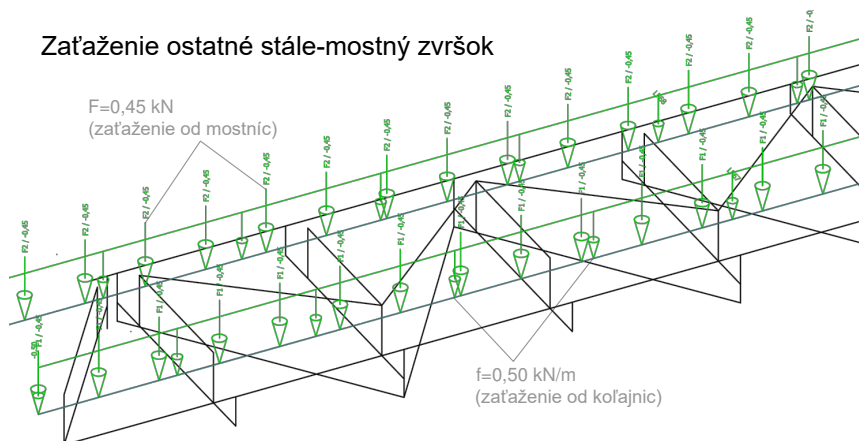
Ostatné konštrukčné prvky ako rebrový plech a UPE nosníky, na ktorých je uložený plech sú spojitě. Ich hmotnosť je 90kg/m a pôsobia na ramene 830mm voči hlavnému nosníku. Charakteristický spojitý moment je 0,75kNm/m .



Obr. 3.13: Stále zaťaženie - chodníky

3.2.3 Ostatné stále - mostný zvršok

Mostný zvršok je reprezentovaný koľajnicami a mostnicami. Mostnice sú z dubového dreva. Sila ktorou pôsobia na jeden pozdĺžnik je 0,45kN. Koľajnica je typu T a jej hmotnosť na jeden meter je 50kg. Charakteristická hodnota zaťaženia od koľajnic je 0,5kN/m.



Obr. 3.14: Mostný zvršok

3.2.4 Vietor

Teória

Zaťaženie vetrom je v čase premenné. Vietor pôsobí priamo ako tlak na vonkajšie povrchy konštrukcie. Zaťaženie bude uvažované zároveň so železničnou dopravou. Výška vozňa sa uvažuje 4m od temena koľajnice.

Základná rýchlosť vetra v_b :

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$$

$c_{dir} = 1 \dots$ súčiniteľ smerovosti

$c_{season} = 1 \dots$ súčiniteľ sezónnosti

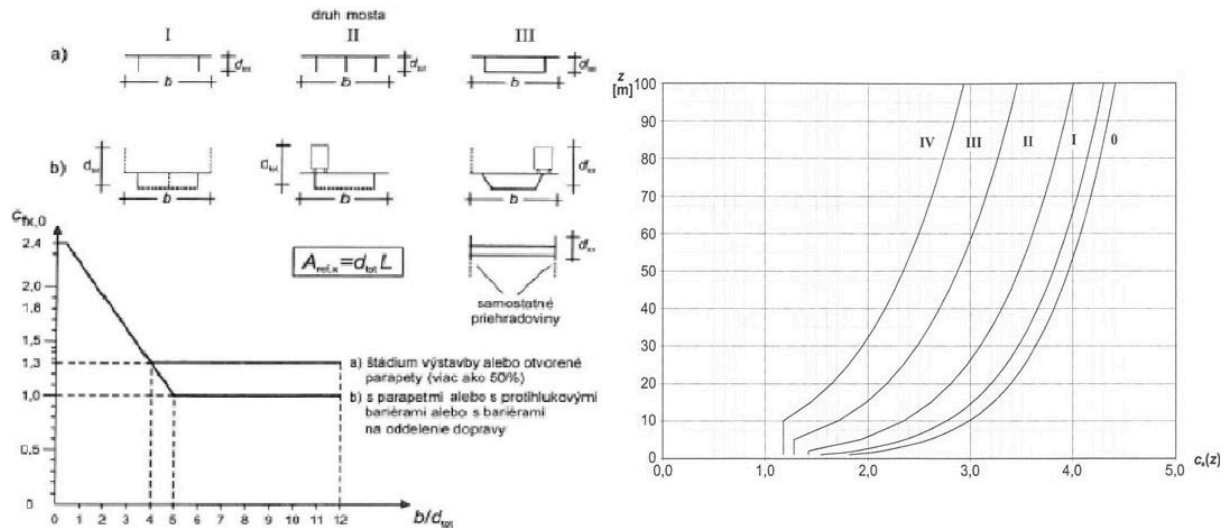
$v_{b,0} \dots$ fundamentálna hodnota základnej rýchlosti vetra.

Základný tlak vetra f_w :

$$f_w = 0,5 * \rho * v_b^2 * C * d_q,$$

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3 \dots$ hustota vzduchu,

$C = c_e * c_{f,x,0} \dots$ kde c_e je súčiniteľ vystavenia vetru, resp. expozície a závisí na kategórii terénu a výške z nad terénom. Súčiniteľ $c_{f,x,0}$ je súčiniteľ sily a závisí na pomere b/d_{tot} . Tieto súčinitele sú odčítané z priložených grafov.



Obr. 3.15: Ľavá časť - určenie $c_{f,x,0}$ a pravá časť - určenie c_e

Výpočet

Most sa nachádza vo veternej oblasti 2. Z mapy veterných oblastí určíme $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$.

$$v_b = 1 * 1 * 25 = 25 \text{ m/s}$$

Ďalej budeme uvažovať pôsobenie aj na železničnú dopravu. Výška mostu nad terénom je 6,06m a stavebná výška je 1,4m. Šírka mostu spolu s chodníkmi je 5,335m.

Určenie súčiniteľa sily $c_{f,x,0}$

$$d_{tot} = 1,4 + 4 = 5,4 \text{ m a pomer } b/d_{tot} = 5,335/5,4 = 0,988.$$

Z grafu odčítame že $c_{f,x,0} = 2,2$.

Určenie súčiniteľa expozície c_e

Kategória terénu je 3. Výšku z uvažujeme $5,4 + 6,06 = 11,46 \text{ m}$.

Z grafu určíme, že $c_e = 1,8$.

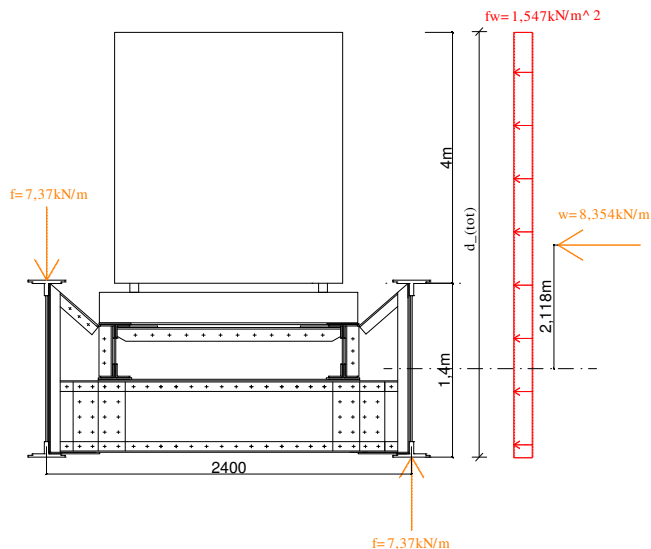
Výpočet súčiniteľa C : $C = 1,8 * 2,2 = 3,96$.

Výpočet tlaku vetra f_w : $f_w = 0,5 * 1,25 * 25^2 * 3,96 = 1546,875 N/m^2 = 1,547 kN/m^2$.

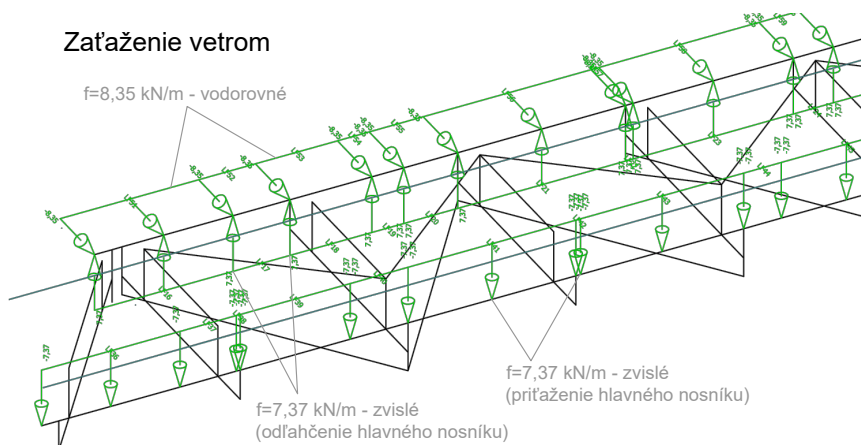
Spojité zaťaženie po dĺžke mostu: $w = f_w * d_{tot} = 1,547 * 5,4 = 8,354 kN/m$.

Tým, že toto spojité vodorovné zaťaženie nepôsobí v ťažisku mostu, spôsobuje priťaženia jedného a odľahčenie druhého hlavného nosníku. To, o koľko to priťaží, resp. odľahčí, spočítame na základe momentovej podmienky.

Momentová podmienka: $w * 2,118 = f * 1,2 + f * 1,2$, z toho dostávame, že $f = 7,37 kN/m$.



Obr. 3.16: Znázornený význam jednotlivých veličín

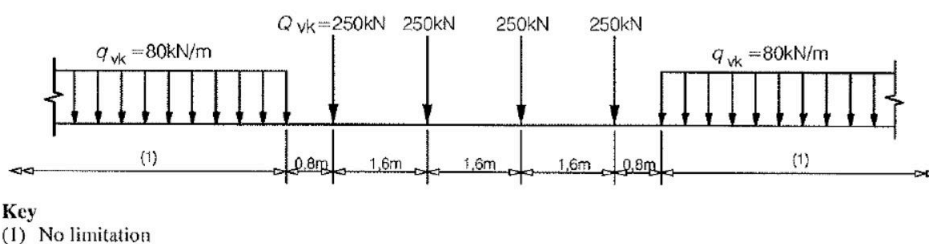


Obr. 3.17: Zaťaženie vetrom vo výpočtovom modeli

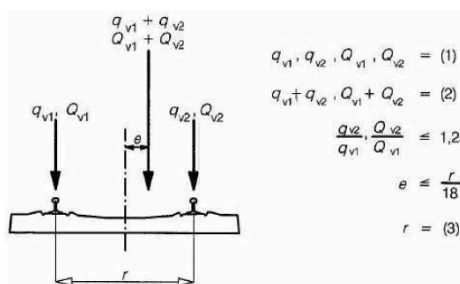
3.2.5 Model LM71

Teória

Zaťažovací model 71 reprezentuje statický účinok zvislého zaťaženia od bežnej železničnej dopravy. Jeho usporiadanie spolu s charakteristickými hodnotami zvislého zaťaženia sa musí uvažovať nasledovne podľa obr. 3.18. Tieto hodnoty sa násobia klasifikačným súčiniteľom α . Pri prepočte existujúceho mostu sa $\alpha = 1$. Ďalší vplyv na hodnotu tohto zaťaženia má excentricita. Vplyv excentricity zvislých síl v priečnom smere mosta sa do výpočtu zavádza zväčšenými kolesovými silami všetkých náprav v pomere 1:1,25. Je to dôsledok nerovnomerného rozdelenia nákladu vo vagóne.



Obr. 3.18: Usporiadanie modelu 71 a charakteristické hodnoty zvislého zaťaženia



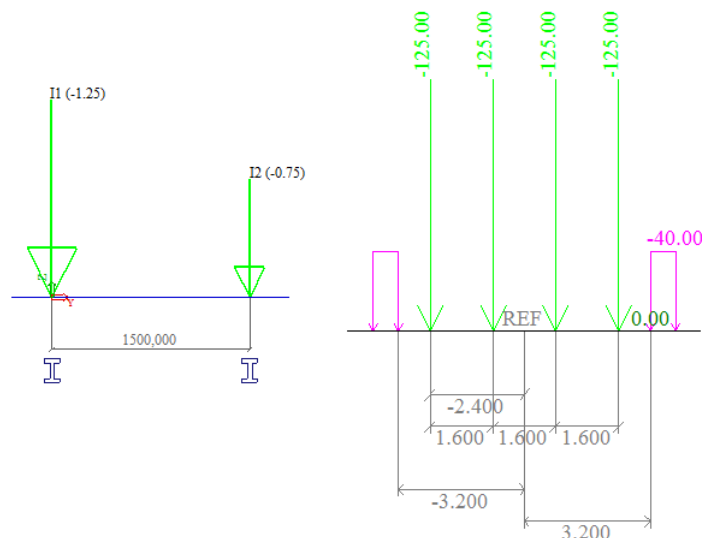
Legenda

- (1) rovnomerné zaťaženie a osamělé sily na každej kolejnici
- (2) LM71 (a SW/0, kde sa požaduje)
- (3) príčná vzdálenosť medzi kolovými zaťažienami

Obr. 3.19: Excentricita zvislého zaťaženia

Modelovanie LM71

Zaťaženie LM 71 sme modelovali ako pohyblivé zaťaženie. Zadali sme jednu dráhu a 2 impulzy. 1. impulz má hodnotu 1,25, čo reprezentuje príťaženie od excentricity a 2. impulz má hodnotu 0,75 (odľahčenie). Model LM71 sme zostrojili s polovičnými hodnotami, aby to odpovedalo našim impulzom. Treba ešte dodať, že zaťaženie, ktoré sme použili v našom modeli je ukázané až na obr.3.21. V tejto časti, sme sa snažili vystihnúť podstatu iba LM71.



Obr. 3.20: Ľavá strana - jednotkové impulzy a pravá strana - skutočné zaťaženie LM 71

3.2.6 Odstredivé sily

Teória

Odstredivé sily sa zohľadňujú na mostoch s koľajou v oblúku. Uvažovať sa majú pôsobiace von z oblúka vo vodorovnom smere vo výške 1,8m nad rovinou temien koľajníc. Taktiež treba podotknúť, že pôsobia zároveň so zvislým zaťažením LM 71 a nesmú sa násobiť dynamickým súčiniteľom ϕ_2 a ϕ_3 .

$$Q_{tk} = V^2 * f * Q_{vk} / (127r)$$

$$q_{tk} = V^2 * f * q_{vk} / (127r)$$

- Q_{tk}, q_{tk} sú charakteristické hodnoty odstredivých síl [kN, kN/m]
- Q_{vk}, q_{vk} sú charakt. hodnoty zvislého zaťaženia bez zohľadnenia dynamických účinkov
- f je redukčný súčiniteľ, ktorý sa v našom prípade rovná hodnote 1
- V je maximálna rýchlosť v km/h
- r je polomer oblúka v m

Modelovanie odstredivých síl

Modelovali sme to spoločne s LM 71, čiže v našom modeli sme použili pre túto pohyblivú sústavu až 4 impulzy. 2 impulzy odpovedajú zvislému zaťaženiu LM 71 (vysvetlené v predchádzajúcej časti) a 2 vodorovné odpovedajú odstredivým silám. Naš most sa nachádza v prechodnici. Z dobovej dokumentácie sme zistili, že prevýšenie koľaje je 70mm. Na základe teoretického prevýšenia je možné určiť polomer r , kde $r = 11,8 * V^2 / D_{eq} = 11,8 * 60^2 / 70 = 600m$. Ďalšia možnosť je preložiť krivkou tú časť, v ktorej sa nachádza most na mape. Týmto spôsobom sme sa dopracovali k $r=450m$. Zostaneme na bezpečnej strane a v ďalších výpočtoch budeme uvažovať $r = 450m$.

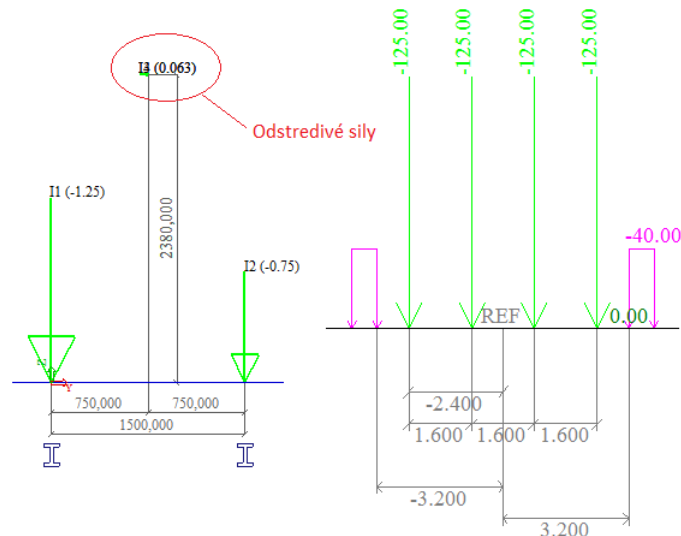
Hodnoty odstredivých síl sú:

$$Q_{tk} = 60^2 * 250 / (127 * 450) = 15,75 kN$$

$$q_{tk} = 60^2 * 80 / (127 * 450) = 5,04 kN/m$$

Netreba zabúdať na excentricitu tohto zaťaženia voči pozdĺžnikom.

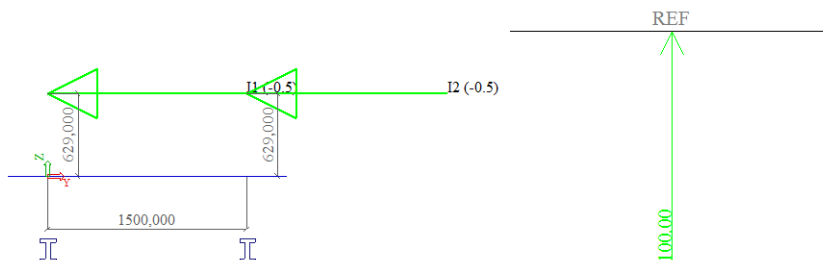
$e_z = 2380mm \wedge e_y = 750mm$ (v smere do osy koľaje). Tým, že sme zaťaženie od LM 71 spojili s odstredivými silami, musíme ešte správne určiť hodnoty jednotkových impulzov. Tie sme spočítali nasledovne: $15,75 / 125 = 0,126$ a tým, že máme dva impulzy, je hodnota jedného impulzu = $0,126 / 2 = 0,063$.



Obr. 3.21: Jednotkové impulzy + zaťažovacia sústava

3.2.7 Bočné nárazy

Bočné nárazy sa zohľadňujú sústredenou vodorovnou silou orientovanou kolmo na os koľaje v úrovni temena koľajnice. Táto sila sa uvažuje v priamej trati, ako aj v trati v smerovom oblúku. Charakteristická hodnota sily od bočných nárazov sa uvažuje hodnotou $Q_{s,k} = 100\text{ kN}$. Táto hodnota sa nenásobí dynamickým súčiniteľom ϕ . Samozrejme pri modelovaní, zadávame zvislú excentricitu $e_z = 629\text{ mm}$ a bočný ráz uvažujeme ako pohyblivé zaťaženie.



Obr. 3.22: Jednotkové impulzy + zaťažovacia sústava

3.2.8 Brzdové a rozjazdové sily

Teória

Toto zaťaženie patrí medzi premenné zaťaženia. Vzniká pri brzdení alebo rozjazde vlaku a je rovnomerne rozdelené po účinnej zaťažovacej dĺžke $L_{a,b}$. Pôsobisko tohto zaťaženia je v temene koľajnice.

Brzdové sily

$$\text{LM71, SW/0 a HSLM: } Q_{lbk} = 20[\text{kN/m}] * L_{a,b}[\text{m}] \leq 6000[\text{kN}]$$

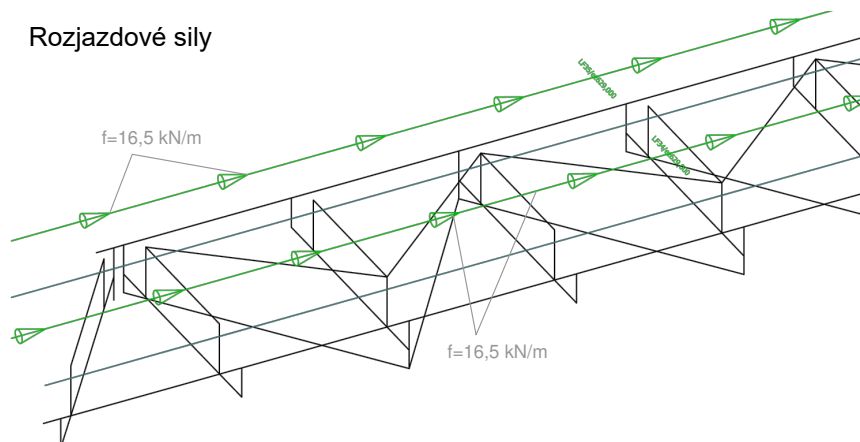
Rozjazdové sily

$$\text{LM71, SW/0, SW/2 a HSLM: } Q_{tak} = 33[\text{kN/m}] * L_{a,b}[\text{m}] \leq 1000[\text{kN}]$$

Výpočet zaťaženia

$$L_{a,b} = 13\text{ m}$$

$Q_{Ibk} = 20 * 13 = 260kN < 6000kN \wedge Q_{Iak} = 33 * 13 = 390kN < 1000kN$
 $Q_{Ibk} < Q_{Iak}$ a preto budem vo výpočte uvažovať väčšiu z hodnôt, čo sú práve rozjazdové sily. Ďalej treba povedať, že naše zaťaženie je vzhľadom k modelu umiestnené na pozdĺžnikoch. Preto sme mu zadali zvislú excentricitu 629mm, ktorá odpovedá vzdialenosti ťažiska pozdĺžnika a temena koľajnice.



Obr. 3.23: Rozjazdové sily

3.3 Súčinitele a tvorba kombinácií

3.3.1 Parciálne súčinitele účinkov stáleho a premenného zaťaženia

Parciálne súčinitele zaťaženia, ako aj materiálu, uvažujeme podľa nami využívaného doplnku k Eurokódu a tým je *Smernice o určovaní zaťažiteľnosti železničných mostných objektov*.

3.3.2 Parciálne súčinitele a vlastnosti materiálu

Vzhľadom na to, že z dobovej dokumentácie sme nedokázali jasne určiť typ ocele, použili sme odporúčané stanovisko podľa *Smernice o určovaní zaťažiteľnosti železničných mostných objektov*. Keďže v roku 1962 bola vykonaná rekonštrukcia, uvádzame parametre aj pre materiál používaný v tejto dobe.

3.3.3 Dynamické súčinitele

V dôsledku dynamických efektov premenného zaťaženia dopravou, sú reálne účinky tohto zaťaženia väčšie, ako stanovená odozva konštrukcie na statické zaťaženie. Dynamické účinky premenného zaťaženia zohľadňujeme pomocou dynamického súčiniteľa ϕ , ktorý vyjadruje prírastok účinkov zaťaženia v dôsledku dynamických vplyvov, avšak nezohľadňuje **rezonanciu**. Pri výpočte dynamických súčiniteľov je dôležité správne určiť náhradnú dĺžku L_ϕ .

3.3.4 Tvorba kombinácie zaťaženia pre MSÚ

Všeobecne sú účinky zaťaženia funkciou rôznych zaťažení pôsobiacich súčasne na mostný objekt. Pravdepodobnosť ich súčasného pôsobenia sa vyjadruje pomocou pravidiel pre zostavovanie kombinácií zaťaženia. My budeme uvažovať kombinácie pre trvalé a dočasné návrhové situácie, všeobecne označované **6.10a** / **6.10b**. Pre správne stanovenie kombinácie je potrebné stanoviť hlavné premenné zaťaženie a vedľajšie premenné zaťaženie. Hlavné premenné zaťaženie budeme uvažovať *skupiny zaťaženia železničnou dopravou* a vedľajšie bude vietor.

| Parciálne súčinitele účinkov stáleho a premenného zaťaženia | | | γ_{FG}/γ_{FQ} |
|---|------|--|---------------------------|
| γ_{FG} | 1,2 | Stále zaťaženie kontrola meraním rozmerov | |
| $\gamma_{F,LM,71}$ | 1,3 | Model 71 - zvislé zaťaženie konštrukcia staršia ako 30rokov | Zaťaženie od dopravy |
| $\gamma_{F,ODSTRE.}$ | 1,3 | Odstredivá sila konštrukcia staršia ako 30rokov | |
| $\gamma_{F,Qs}$ | 1,3 | Bočný ráz konštrukcia staršia ako 30rokov | |
| $\gamma_{F,Qab}$ | 1,3 | Rozjazdové/brzdne sily konštrukcia staršia ako 30rokov | |
| $\gamma_{F,w}$ | 1,35 | Zaťaženie vetrom konštrukcia staršia ako 30rokov | |

Obr. 3.24: Parciálne súčinitele zaťaženia

| Svářkové železo (1895-1904) | | | Ocel S235 (1951-1968) | | |
|--------------------------------------|-----|-----|--------------------------------------|-----|-----|
| Dovolené namáhanie σ_{adm} | 130 | MPa | Dovolené namáhanie σ_{adm} | 140 | MPa |
| Zaručená medz klzu f_y | 210 | MPa | Zaručená medz klzu f_y | 230 | MPa |
| Medz pevnosti f_u | 340 | MPa | Medz pevnosti f_u | 360 | MPa |
| γ_{M0} | 1,1 | - | γ_{M0} | 1,1 | - |
| γ_{M1} | 1,2 | - | γ_{M1} | 1,2 | - |
| γ_{M2} | 1,3 | - | γ_{M2} | 1,3 | - |

Obr. 3.25: Parciálne súčinitele a vlastnosti materiálu

| Konštrukčné prvky | | | | Pozn. Výpočet dynamického súčiniteľa $\phi_3 = [2,16/\sqrt{L_0}] - 0,2] + 0,73$ |
|------------------------------|--------------|-----------------|-------------------------------|---|
| Konštrukčné prvky | L_0 [m] | ϕ_3 [m] | Určenie náhradnej dĺžky L_0 | |
| Hlavný nosník | 13 | 1,756 | L_{teor} | |
| Pozdĺžnik | 5,31 | 1,756 | 3a | |
| Priečnik | 3,54 | 2,000 | 2a | |
| Stuženie HN diagonály | 13 | 1,364 | L_{teor} | |
| Stuženie-pozdĺžnik diagonály | 13 | 1,364 | L_{teor} | |
| Stuženie-pozdĺžnik priečnik | 13 | 1,364 | L_{teor} | |

L_{teor} ...teoretické rozpätie hlavných nosníkov

a...teoretické rozpätie pozdĺžnikov (vzdialenosť miest uloženia)=rozteč priečnikov

Obr. 3.26: Dynamické súčinitele

$$6.10a : \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10b : \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Skupiny zaťaženia železničnou dopravou

Hodnoty v bunkách na obr. 3.27 predstavujú súčinitele, ktorými sa prenasobujú hodnoty vnútorných síl pri jednotlivých zaťažovacích skupinách *gr*.

Kombinačné súčinitele

Skupiny zaťaženia železničnou dopravou

| Počet kolají | | | Zaťažovacie skupiny | | | Zvislé zaťaženie | | | Vodorovné zaťaženie | | | Poznámka |
|--------------|---|-----|---------------------|-------------------------------|------------------|---|--------------------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | ≥ 3 | Podľa EN 1991-2 | | | 6.3.2/6.3.3 | 6.3.3 | 6.3.4 | 6.5.3 | 6.5.1 | 6.5.2 | |
| | | | počet zaťaž. kolají | Zaťaž. skupiny ⁽⁸⁾ | Zaťažovaná kolaj | LM 71 ⁽¹⁾ SW0 ^{(1),(2)} HSLM ^{(6),(7)} | SVW/2 ^{(1),(3)} | Prázdne vozne | Rozjazd Brzdenie ⁽¹⁾ | Odstredivá sila ⁽¹⁾ | Bočné nárazy ⁽¹⁾ | |
| | | | 1 | gr11 | T ₁ | 1 | | | 1 ⁽⁵⁾ | 0,5 ⁽⁵⁾ | 0,5 ⁽⁵⁾ | Max. zvislé 1 s max. vodorovným |
| | | | 1 | gr 12 | T ₁ | 1 | | | 0,5 ⁽⁵⁾ | 1 ⁽⁵⁾ | 1 ⁽⁵⁾ | Max. zvislé 2 s max. priečnym |
| | | | 1 | gr 13 | T ₁ | 1 ⁽⁴⁾ | | | 1 | 0,5 ⁽⁵⁾ | 0,5 ⁽⁵⁾ | Max. pozdĺžne |
| | | | 1 | gr 14 | T ₁ | 1 ⁽⁴⁾ | | | 0,5 ⁽²⁾ | 1 | 1 | Max. priečne |

Obr. 3.27: Skupiny zaťaženia železničnou dopravou

Vnútorne sily zo zaťažovacích stavov od dopravy budeme jednotne uvažovať so súčiniteľom, označeným na obr. 3.28 ako LM71.

| Kombinačný súčiniteľ ψ_0 | | |
|-------------------------------|------|--------|
| ψ_0 | 0,8 | LM71 |
| ψ_0 | 0,75 | Vietor |

Obr. 3.28: Kombinačné súčinitele

ZAŤAŽITEĽNOSŤ MOSTNÉHO OBJEKTU-BEZ UVÁŽENIA PORÚCH

Na začiatok kapitoly si pripomenieme, ako posudzujeme **únosnosť prierezu** a tiež je dôležité nezabudnúť, že výpočet je **pružný**. Návrhová hodnota účinkov zaťaženia vo všetkých častiach prierezu nesmie prekročiť odpovedajúcu návrhovú únosnosť prierezu a preto musí platiť

$$\frac{E_d}{R_d} \leq 1;$$

E_d . . . účinok zaťaženia v návrhových hodnotách;

R_d . . . návrhová odolnosť konštrukcie.

Práve z tohto poznatku vychádzame pri určovaní zaťažiteľnosti, ktorú môžeme definovať ako

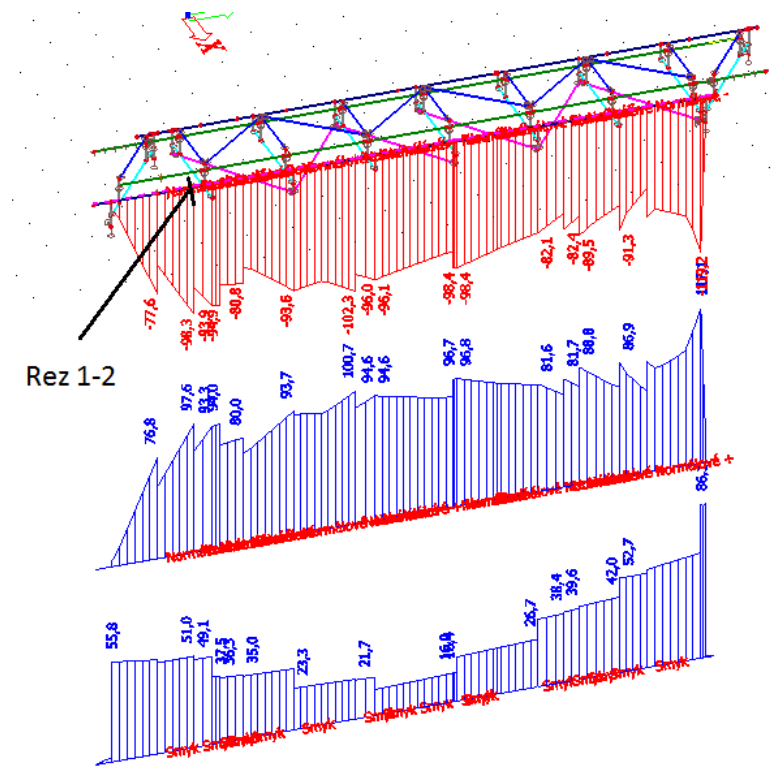
$$z_{LM71} = \frac{E_d}{R_d}.$$

Z toho vyplýva, že z_{LM71} je násobok účinkov zaťaženia, pri ktorom dosiahneme 100% využitie prierezu.

4.1 Hlavný nosník

4.1.1 Rozhodujúci prierez

Aby sme určili rozhodujúci prierez, pozreli sme si vo výpočtovom modeli priebeh napätia po dĺžke prútu. Skoky napätia sme predpokladali v miestach zmien hrúbky pásnic. Vytipovali sme si niekoľko prierezov, ktoré sme následne analyzovali. Ďalej budeme uvádzať už len rozhodujúci rez, ktorý nám vyšiel v reze 1-2. Umiestnenie tohto rezu je znázornené na obr. 4.1, spolu s vykresleným normálovým a šmykovým napätím.



Obr. 4.1: Priebeh napätia a vyznačený rozhodujúci rez 2.P

4.1.2 Návrhové vnútorné sily

V hornej tabuľke, na obr. 4.2 sú vypísané vnútorné sily, ktoré nie sú prenasobené parciálnymi súčiniteľmi a ani inými. V dolnej tabuľke sú už vypočítané návrhové hodnoty vnútorných síl, čiže na tieto sily posudzujeme. Aby nedošlo k pochybeniu, uvedieme príklad výpočtu týchto návrhových síl.

Príklad výpočtu: Rez 1-2 (obálka - max), zaťažovacia skupina gr12

$$6.10b : \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$N_{Ed} = (-0,1) * 0,85 * 1,2 + (12,93 * 1,364 * 1 - 25,82 * 0,5 + 10,18 * 1) * 1,3 + 15,74 * 1,35 * 0,75 = 35,218 kNm.$$

Návrhové vnútorné sily pre daný prierez sú vyznačené hrubým písmom v tabuľke.

| Rez 1-2(obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------|-----------|------------------|--------------|-----------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | | Klíma | | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stále | LM71+O.S | Rozjazdové sily | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Hlavný nosník - pravý | My [kNm] | 49,79 | 1,21 | 10,89 | 799,15 | -17,78 | | 35,52 | 71,08 | | |
| | Mz [kNm] | -0,3 | 0 | -0,08 | 0,57 | -6,23 | | 2,53 | -1,26 | | |
| | Vz [kN] | -25,75 | -0,31 | -6,04 | -442,49 | 5,98 | | -19,69 | -27,63 | | |
| | N [kN] | -0,1 | 0 | 0 | 12,93 | -25,82 | | 10,18 | 15,74 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| $M_{y,ED} =$ | 1280,07281 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 1552,392 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 1307,789 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 1587,037 | [kNm] |
| $M_{z,ED} =$ | -6,0866175 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | -7,106934 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | -1,531418 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | -1,412934 | [kNm] |
| $V_{z,ED} =$ | -698,33257 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | -850,5139 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | -711,681 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | -867,1994 | [kN] |
| $N_{ED} =$ | 12,6030075 | [kN] | $N_{ED} =$ | 11,81757 | [kN] | $N_{ED} =$ | 31,32301 | [kN] | $N_{ED} =$ | 35,21757 | [kN] |

Obr. 4.2: Obálka max

| Rez 1-2(obalka-min) | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------|-----------|------------------|--------------|-----------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | | Klíma | | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stále | LM71+O.S | Rozjazdové sily | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Hlavný nosník - pravý | My [kNm] | 49,79 | 1,21 | 10,89 | -16,8 | -17,78 | | -22,59 | 71,08 | | |
| | Mz [kNm] | -0,3 | 0 | -0,1 | -3,71 | -6,23 | | -0,45 | -1,33 | | |
| | Vz [kN] | -25,75 | -0,31 | -6,04 | -442,49 | 5,98 | | -19,69 | -27,63 | | |
| | N [kN] | -0,1 | 0 | 0 | -17,56 | -25,82 | | -32,4 | 15,74 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| $M_{y,ED} =$ | 92,1621747 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 67,50339 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 89,66097 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 64,37689 | [kNm] |
| $M_{z,ED} =$ | -13,80368 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | -16,72594 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | -10,79808 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | -12,96894 | [kNm] |
| $V_{z,ED} =$ | -698,33257 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | -850,5139 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | -711,681 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | -867,1994 | [kN] |
| $N_{ED} =$ | -52,798685 | [kN] | $N_{ED} =$ | -69,93454 | [kN] | $N_{ED} =$ | -56,22029 | [kN] | $N_{ED} =$ | -74,21154 | [kN] |

Obr. 4.3: Obálka min

4.1.3 Posúdenie hlavného nosníku

Výpočet budeme uvažovať ako priestorový ohyb s vplyvom osovej sily a šmyku. Ako rozhodujúci prierez na hlavnom nosníku nám vyšiel rez 1-2. Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = 1587,037kNm$
- $M_{z,Ed} = -1,413kNm$
- $N_{Ed} = 35,218kN$
- $V_{Ed} = -867,199kN$

Interakcia ohyb a osová sila:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1.$$

Pri interakcii momentu, šmykovej a osovej sily sa postupuje podľa veľkosti pôsobiacich šmykových síl. Podľa veľkosti šmykového namáhania rozlišujeme **malý** a **veľký šmyk**.

Podmienka malého šmyku: $V_{E,d} \leq 0,5V_{bw,Rd}$. Ak platí táto podmienka, môže sa zanedbať vplyv šmyku pri interakcii priestorového ohybu s osovou silou.

Podmienka veľkého šmyku: $V_{E,d} > 0,5V_{bw,Rd}$. Pri splnení tejto podmienky je nutné zaviesť redukovanú medzu klzu:

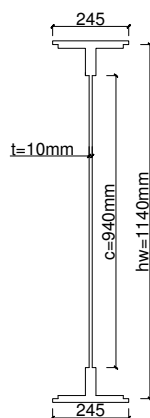
$$f_{red} = (1 - \rho) f_y,$$

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} - 1 \right)^2.$$

Teoreticky máme spočítanú redukovanú medzu klzu. Pokiaľ je prút tlačný, treba počítať so vzperom. Vplyvom viacoseho namáhania nám môže taktiež prút klopiť.

Zatriedenie prierezu:

$$\frac{c}{t} \leq 124\varepsilon, \text{ kde } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{210}} = 1,06.$$



Obr. 4.4: Rozhodujúci prierez hlavného nosníku

$$\frac{940}{10} = 94 \leq 124 * \sqrt{\frac{235}{210}} = 125,34 \implies \text{Stojna vychádza pre triedu prierezu 3}$$

Tabuľka 4.1: Prierezové charakteristiky HN+1

| | | |
|------------|--------------------|-------|
| A | $3,1704 * 10^{-2}$ | m^2 |
| I_y | $7,6982 * 10^{-3}$ | m^4 |
| I_z | $7,137 * 10^{-5}$ | m^4 |
| $W_{el,y}$ | $1,296 * 10^{-2}$ | m^3 |
| $W_{el,z}$ | $5,8261 * 10^{-4}$ | m^3 |

Kontrola podmienky malého šmyku

Návrhová únosnosť steny ktorá môže vydúvať sa vypočíta ako

$$V_{bw,Rd} = \chi_w \frac{h_w t_w f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

χ_w je súčiniteľ príspevku stojny. Zjednodušene zanedbávame príspevok pásníc. Aby sme mohli určiť χ_w , musíme spočítať štíhlostný pomer $\bar{\lambda}_w$ ktorý sa určí z

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{37,4 t_w \varepsilon \sqrt{k_\tau}}$$

Súčiniteľ kritického napätia k_τ sa určí podľa toho, či je výztuha tuhá alebo poddajná. Rozdiel je vyjadrený práve veľkosťou k_τ a naše kritérium je

$$\frac{a}{h_w} \geq 1 \implies k_\tau = 5,34 + 4,0 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2$$

$$\frac{a}{h_w} < 1 \implies k_\tau = 4,0 + 5,34 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2$$

Vzhľad k tomu, že stojna je k pásniciam prinítovaná uhoľníkmi o hrúbke 12mm z každej strany, budeme vplyv vydúvania uvažovať iba na redukovanej výške kde máme hrúbku stojny 10mm. $h_{w,red} = 940mm$

Súčiniteľ kritického napätia

$$\frac{a}{h_{w,red}} = \frac{1770}{940} = 1,883 \wedge 1,883 > 1 \implies k_\tau = 5,34 + 4,0 \left(\frac{h_{w,red}}{a} \right)^2 = 5,34 + 4,0 \left(\frac{940}{1770} \right)^2 = 6,468$$

Štíhlostný pomer

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_{w,red}}{37,4 t_w \varepsilon \sqrt{k_\tau}} = \frac{940}{37,4 * 10 * 1,058 * \sqrt{6,468}} = 0,934$$

Súčiniteľ príspevku stojny

$$\chi_w = \frac{0,83}{\bar{\lambda}_w} = \frac{0,83}{0,934} = 0,888$$

Únosnosť stojny v šmyku s vplyvom vydúvania

$$V_{bw,Rd} = \chi_w \frac{h_w t_w f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{0,888 * 1,140 * 0,01 * 210 * 10^3}{\sqrt{3} * 1,1} = 1023,34kN$$

Podmienka malého šmyku

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{867,199}{1023,34} = 0,847 \implies \text{nevyhovuje}$$

Redukovaná medza klzu

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 867,199}{1023,34} - 1 \right)^2 = 0,483$$

$$f_{red} = (1 - \rho) f_y = (1 - 0,483) * 210 = 108,610Mpa$$

Súčiniteľ klopenia

Súčiniteľ klopenia uvažujem ako vzper ekvivalentného prútu.

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = 1,77/0,057 = 31,034$$

Tabuľka 4.2: Prierezové charakteristiky HN+1

| | | |
|------------------|--------------------|-------|
| A | $1,1979 * 10^{-3}$ | m^2 |
| $15t\varepsilon$ | 0,1587 | m |
| I_z | $3,8966 * 10^{-5}$ | m^4 |
| i_z | 0,05703 | m |

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1,058 = 99,332$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{31,034}{99,332} = 0,312$$

$$\Rightarrow \text{krivka } c \Rightarrow \chi_{Lt} = 0,944$$

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = \frac{Af_{red}}{\gamma_{M0}} = \frac{3,1704 * 10^{-2} * 108,610 * 10^3}{1,1} = 3130,333kN$$

$$M_{y,Rd} = \chi_{Lt} \frac{W_{el,y} f_{red}}{\gamma_{M0}} = 0,944 * \frac{1,296 * 10^{-2} * 108,610 * 10^3}{1,1} = 1279,621kNm$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{el,z} f_{red}}{\gamma_{M0}} = \frac{5,8261 * 10^{-4} * 108,610 * 10^3}{1,1} = 57,525kNm$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{35,218}{3130,333} + \frac{1587,037}{1279,621} + \frac{1,413}{57,525} \leq 1$$

$$1,276 > 1 \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

Zaťažiteľnosť určím ako istú konštantu, ktorou keď prenášobím návrhové vnútorne sily, dostanem plné využitie prierezu. Vyiterovali sme hodnotu $z_{LM71} = 0,94$. Dosadím:

- $M_{y,Ed} = 0,94 * (1587,037) = 1491,818kNm$
- $M_{z,Ed} = 0,94 * (1,413) = -1,325kNm$
- $N_{Ed} = 0,94 * (35,218) = 33,105kN$
- $V_{Ed} = 0,94 * (-867,199) = -815,167kN$

Podmienka malého šmyku

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{815,167}{1023,34} = 0,797 \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

Redukovaná medza klzu

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 815,67}{1023,34} - 1 \right)^2 = 0,352$$

$$f_{red} = (1 - \rho) f_y = (1 - 0,352) * 210 = 136,115Mpa$$

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = \frac{Af_{red}}{\gamma_{M0}} = \frac{3,1704 * 10^{-2} * 136,115 * 10^3}{1,1} = 3923,086kN$$

$$M_{y,Rd} = \chi_{Lt} \frac{W_{el,y} f_{red}}{\gamma_{M0}} = 0,944 * \frac{1,296 * 10^{-2} * 136,115 * 10^3}{1,1} = 1513,878 kNm$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{el,z} f_{red}}{\gamma_{M0}} = \frac{5,8261 * 10^{-4} * 136,115 * 10^3}{1,1} = 72,093 kNm$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{33,105}{3923,086} + \frac{1491,818}{1513,878} + \frac{1,325}{72,093} \leq 1$$

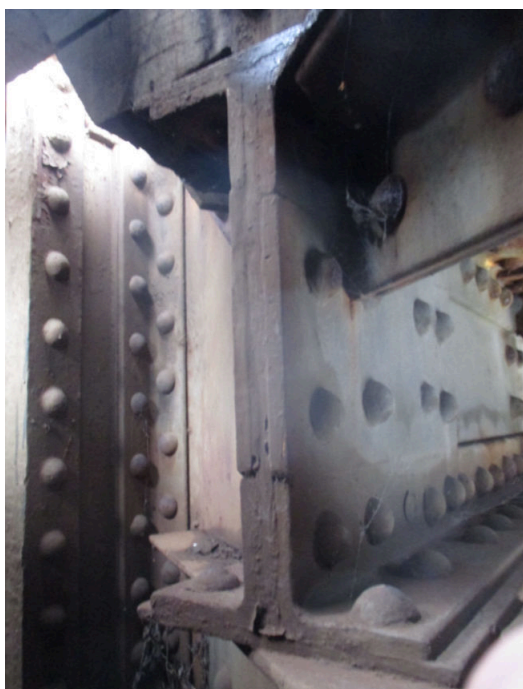
$$1,000 = 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Vyiterovaná zaťažiteľnosť **0,94** je správna.

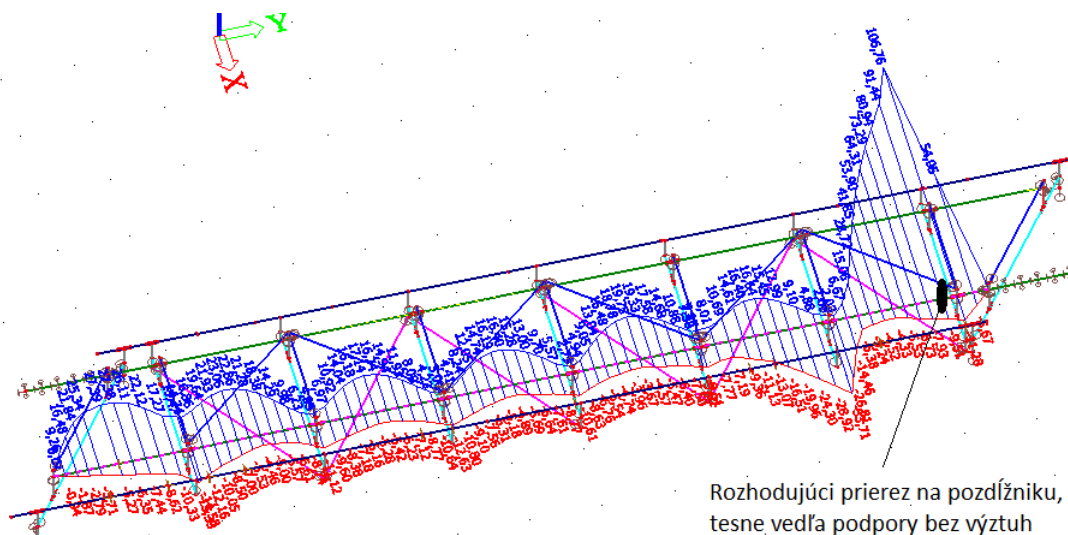
4.2 Pozdĺžnik

4.2.1 Rozhodujúci prierez

Rozhodujúci prierez vyšiel logicky v mieste, ktoré je výrazne premáhané priečnym momentom. Je to v mieste pevných podpor, vid'. obr.4.6 , na ktorom sme nechali vykresliť práve výsledný priebeh priečných momentov. Ďalej budem uvádzať tabuľky vnútorných síl, ktoré nám dávajú najnepriaznivejšie kombinácie.



Obr. 4.5: Pohľad na pozdĺžnik-vyztužená časť



Obr. 4.6: Rozhodujúci rez pozdĺžniku

4.2.2 Návrhové vnútorné sily

| Uzol N173-z ľava bez výztuh (obalka-max) | | | | | | | | | |
|--|------------------|------------------|-------------------------|---------------|--------------------------|-----------------|------------------|-----------|--------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stále | LM71+O.S | Rozjazdové sily | | Bočný ráz | Vietor |
| Pozdĺžnik - pravý | My [kNm] | 1,53 | -0,27 | 0,54 | 51,12 | 3,9 | | 0,87 | -8,43 |
| | Mz [kNm] | 0,44 | 0 | 0,1 | 7,06 | 76,52 | | 7,26 | -0,51 |
| | Vz [kN] | 1,64 | 0,13 | 0,93 | 155,3 | 4,1 | | 3,13 | 5,34 |
| | N [kN] | -0,26 | -0,51 | 0 | 44,61 | -205,06 | | 18,39 | 37,89 |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | Kombinácia 6.10b | | | Kombinácia 6.10a | | Kombinácia 6.10b | | |
| $M_{v,ED} =$ | 91,5142466 [kNm] | $M_{v,ED} =$ | 115,662652 [kNm] | $M_{v,ED} =$ | 89,9386466 [kNm] | $M_{v,ED} =$ | 113,693152 [kNm] | | |
| $M_{z,ED} =$ | 96,3841709 [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 120,350107 [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 60,3689709 [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 75,3311073 [kNm] | | |
| $V_{z,ED} =$ | 298,225825 [kN] | $V_{z,ED} =$ | 370,134594 [kN] | $V_{z,ED} =$ | 297,721425 [kN] | $V_{z,ED} =$ | 369,504094 [kN] | | |
| $N_{ED} =$ | -84,770611 [kN] | $N_{ED} =$ | -115,18457 [kN] | $N_{ED} =$ | 31,4233892 [kN] | $N_{ED} =$ | 30,0579302 [kN] | | |

Obr. 4.7: Obálka max

Postup výpočtu a popis k tabuľkám *viď. hlavný nosník.*

4.2.3 Posúdenie pozdĺžniku

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

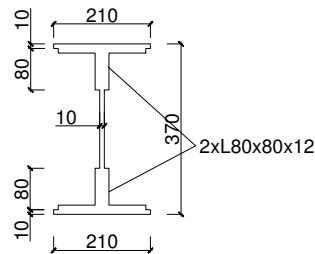
- $M_{y,Ed} = 115,663kNm$
- $M_{z,Ed} = 120,350kNm$
- $N_{Ed} = -115,185kN$
- $V_{Ed} = 370,134kN$

Interakcia ohyb+osová sila(šmyk sa započíta v f_{red}):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

Zatriedenie prierezu

$$\frac{c}{t} \leq 72\varepsilon \text{ kde } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{230}} = 1,01$$



Obr. 4.8: Rozhodujúci prierez pozdĺžnika

$$\frac{350}{10} = 35 \leq 72 * \sqrt{\frac{235}{230}} = 72,78 \implies \text{Stojna vychádza pre triedu prierezu 1}$$

Súčiniteľ kritického napätia

Tabuľka 4.3: Prierezové charakteristiky pozdĺžniku

| | | |
|------------|--------------------|-------|
| A | $1,5764 * 10^{-2}$ | m^2 |
| I_y | $3,5475 * 10^{-4}$ | m^4 |
| I_z | $2,9678 * 10^{-5}$ | m^4 |
| $W_{el,y}$ | $1,9175 * 10^{-3}$ | m^3 |
| $W_{el,z}$ | $2,8265 * 10^{-4}$ | m^3 |

$$\frac{a}{h_{w,red}} = \frac{1770}{350} = 5,057 \wedge 5,057 > 1 \implies k_\tau = 5,34 + 4,0 \left(\frac{h_{w,red}}{a} \right)^2 = 5,34 + 4,0 \left(\frac{350}{1770} \right)^2 = 5,496$$

Síce je stojna prierez 1.triedy, ale napriek tomu overíme vydúvanie.

$$\text{Ak } \frac{h_w}{t_w} > 30\varepsilon\sqrt{k_\tau} \implies \text{uvažuj vplyv vydúvania}$$

$$\frac{350}{10} > 30 * 1,01 * \sqrt{5,496} \implies 35 < 71,094$$

⇒ Neuvažujem vydúvanie

Únosnosť stojny v šmyku

$$V_{bw,Rd} = \frac{h_w t_w f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{0,37 * 0,01 * 230 * 10^3}{\sqrt{3} * 1,1} = 446,66 \text{ kN}$$

Podmienka malého šmyku

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{370,134}{446,66} = 0,828 \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

Redukovaná medza klzu

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 370,134}{446,66} - 1 \right)^2 = 0,432$$

$$f_{red} = (1 - \rho) f_y = (1 - 0,432) * 230 = 130,617 \text{ Mpa}$$

Súčiniteľ vzperu: χ_z kde $L_{cr,z} = 1,77 \text{ m}$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{2,9678 * 10^{-5}}{1,5764 * 10^{-2}}} = 0,0433 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 1,77 / 0,0433 = 40,793$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{230}} = 94,915$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{40,793}{94,915} = 0,43$$

$$\text{krivka } b \Rightarrow \chi_z = 0,893$$

Súčiniteľ klopenia:

Súčiniteľ klopenia uvažujem ako vzper ekvivalentného prútu.

Tabuľka 4.4: Prierezové charakteristiky

| | | |
|------------------|--------------------|-------|
| A | $7,227 * 10^{-3}$ | m^2 |
| $15t\varepsilon$ | 0,1516 | m |
| I_z | $3,8966 * 10^{-5}$ | m^4 |
| i_z | 0,0453 | m |

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = 1,77 / 0,0453 = 39,073$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{230}} = 94,915$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{39,073}{94,915} = 0,412$$

$$\Rightarrow \text{krivka } c \Rightarrow \chi_{Lt} = 0,892$$

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = \chi_z \frac{A f_{red}}{\gamma_{M0}} = 0,893 * \frac{1,5764 * 10^{-2} * 130,617 * 10^3}{1,1} = 1671,567 kN$$

$$M_{y,Rd} = \chi_{Lt} \frac{W_{el,y} f_{red}}{\gamma_{M0}} = 0,892 * \frac{1,918 * 10^{-3} * 130,617 * 10^3}{1,1} = 203,098 kNm$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{el,z} f_{red}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,8265 * 10^{-4} * 130,617 * 10^3}{1,1} = 33,562 kNm$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$
$$\frac{115,185}{1671,567} + \frac{115,663}{203,098} + \frac{120,350}{33,562} \leq 1$$
$$4,224 > 1 \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

Zaťažiteľnosť

Uvedieme už len výsledok, pretože výpočet sme ukázali na *hlavnom nosníku* a teda pre pozdĺžnik nám vyšlo $z_{LM71} = 0,36$

4.2.4 Redukovanie rozjazdových síl

Na začiatok si povedzme o čo vlastne ide. Snažíme sa nájsť nejaký koeficient, ktorým keď prenásobíme rozjazdové sily, dostaneme zaťažiteľnosť rovnú tomuto koeficientu. Tento proces je iteračný a dookola opakujeme výpočet zaťažiteľnosti. Čiže sa nám menia akurát návrhové vnútorné sily a to tiež len o časť rozjazdových síl. Takto stanovenú zaťažiteľnosť potom budeme brať ako výslednu pre daný prvok. Vzhľadom nato že výpočet je dlhý a je presne ten istý ako v tejto kapitole, uvediem už len zredukované návrhové sily a výslednu zaťažiteľnosť.

Ako rozhodujúci prierez mi vyšlo to isté miesto *obr.4.6*.

Návrhové vnútorné sily:

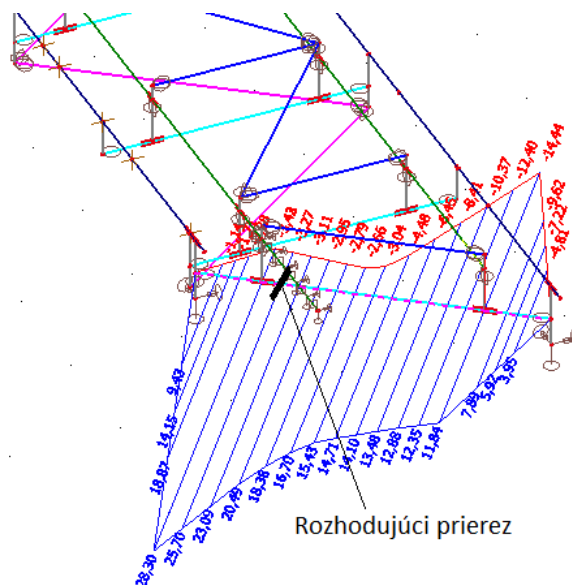
- $M_{y,Ed} = 113,635 kNm$
- $M_{z,Ed} = 80,560 kNm$
- $N_{Ed} = -6,781 kN$
- $V_{Ed} = 368,003 kN$

Výsledná zaťažiteľnosť $z_{LM71} = 0,6$

4.3 Priechnik

4.3.1 Rozhodujúci prierez

Rozhodujúci prierez vyšiel na koncovom šikmom priechniku, označený je na obr.4.9. Je to miesto kde už neuvažujeme spevnený prierez styčnými plechmi a priečny moment $M_{z,Ed}$ je opäť najvýraznejšia zložka vnútorných síl v tomto mieste.



Obr. 4.9: Rozhodujúci prierez

4.3.2 Návrhové vnútorné sily

| | | Koncový priechnik- v pravo bez vyztuhy-(obalka-max) | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------|---|------------------------|--------------|--------------------------|--------------|------------------|-------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | |
| Priechnik | My [kNm] | -0,55 | 0,12 | -0,17 | 0,51 | 26,68 | | 1,47 | -5,77 |
| | Mz [kNm] | -0,15 | 0 | 0 | 2,86 | 16,85 | | 5,44 | 0,73 |
| | Vz [kN] | 1,59 | -0,44 | 0,36 | 27,63 | -32,54 | | 11,83 | 8,26 |
| | N [kN] | 0,66 | 0 | 0,16 | 67,97 | 93,05 | | 70,68 | 24,8 |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | Kombinácia 6.10b | | | Kombinácia 6.10a | | Kombinácia 6.10b | | |
| $M_{y,Ed} =$ | 23,010275 [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | 30,511375 [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | 9,901075 [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | 14,124875 [kNm] | | |
| $M_{z,Ed} =$ | 26,860725 [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 33,463125 [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 20,927525 [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 26,046625 [kNm] | | |
| $V_{z,Ed} =$ | 39,95565 [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 47,12895 [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 63,02805 [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 75,96945 [kN] | | |
| $N_{Ed} =$ | 300,9972 [kN] | $N_{Ed} =$ | 369,5754 [kN] | $N_{Ed} =$ | 289,3648 [kN] | $N_{Ed} =$ | 355,0349 [kN] | | |

Obr. 4.10: Obálka max

4.3.3 Posúdenie priečniku

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

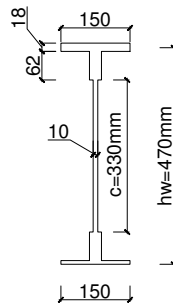
- $M_{y,Ed} = 30,511 kNm$
- $M_{z,Ed} = 33,463 kNm$
- $N_{Ed} = 369,575 kN$
- $V_{Ed} = 47,129 kN$

Interakcia ohyb+osová sila (šmyk sa započíta v f_{red} , postup vid' kapitola Hlavný nosník):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

Zatriedenie prierezu

$$\frac{c}{t} \leq 72\varepsilon \text{ kde } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{230}} = 1,01$$



Obr. 4.11: Rozhodujúci prierez priečniku

$$\frac{470}{10} = 47 \leq 72 * \sqrt{\frac{235}{230}} = 72,78 \implies \text{Stojna vychádza pre triedu prierezu 1}$$

Súčiniteľ kritického napätia

Tabuľka 4.5: Prierezové charakteristiky priečniku

| | | |
|------------|--------------------|-------|
| A | $1,0424 * 10^{-2}$ | m^2 |
| I_y | $3,5689 * 10^{-4}$ | m^4 |
| I_z | $7,5216 * 10^{-6}$ | m^4 |
| $W_{el,y}$ | $1,3241 * 10^{-3}$ | m^3 |
| $W_{el,z}$ | $1,0029 * 10^{-4}$ | m^3 |

$$\frac{a}{h_w} = \frac{1770}{470} = 3,766 \wedge 3,766 > 1 \implies k_\tau = 5,34 + 4,0 \left(\frac{h_{w,red}}{a} \right)^2 = 5,34 + 4,0 \left(\frac{470}{1770} \right)^2 = 5,622$$

Síce je stojna prierez 1.triedy, ale napriek tomu overíme vydúvanie.

$$\text{Ak } \frac{h_w}{t_w} > 30\varepsilon\sqrt{k_\tau} \implies \text{uvažuj vplyv vydúvania}$$

$$\frac{470}{10} > 30 * 1,01 * \sqrt{5,622} \implies 47 < 71,902$$

⇒ Neuvažujem vydúvanie

Únosnosť stojny v šmyku

$$V_{bw,Rd} = \frac{h_w t_w f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{0,47 * 0,01 * 230 * 10^3}{\sqrt{3} * 1,1} = 520,1 \text{ kN}$$

Podmienka malého šmyku

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{47,129}{520,1} = 0,091 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = \frac{A f_{red}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0424 * 10^{-2} * 230 * 10^3}{1,1} = 2179,564 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{el,y} f_{red}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,3241 * 10^{-3} * 230 * 10^3}{1,1} = 276,857 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{el,z} f_{red}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0029 * 10^{-4} * 230 * 10^3}{1,1} = 20,970 \text{ kNm}$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{369,575}{2179,564} + \frac{30,511}{276,857} + \frac{33,463}{20,970} \leq 1$$

$$1,88 > 1 \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

Zaťažiteľnosť

Uvedieme už len výsledok, pretože výpočet sme ukázali na *hlavnom nosníku* a teda pre priechnik nám vyšlo $z_{LM71} = 0,54$

4.3.4 Redukovanie rozjazdových síl

Riadime sa tým čo sme si povedali u pozdĺžniku, čiže *viď. redukovanie rozjazdových síl u pozdĺžniku.*

Rozhodujúci prierez mi vyšiel ten istý, ako bez redukovania.

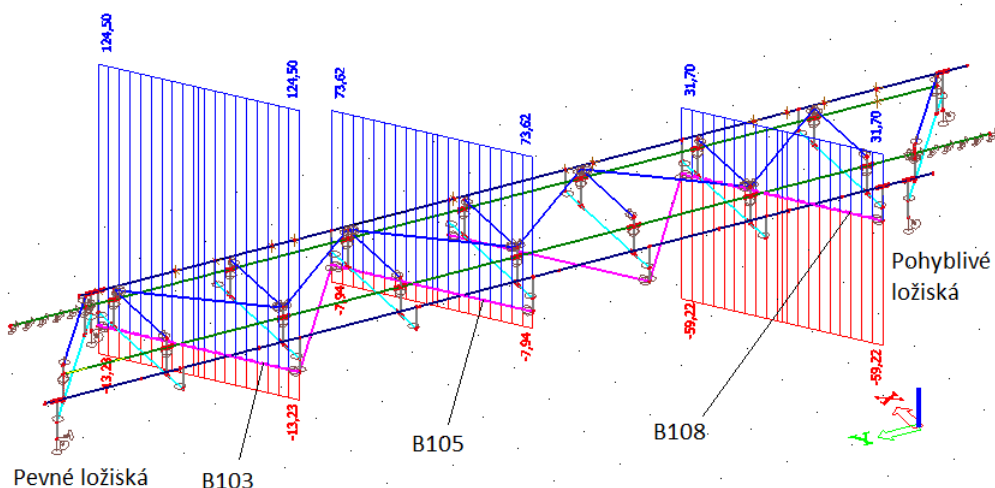
- $M_{y,Ed} = 19,065 \text{ kNm}$
- $M_{z,Ed} = 26,234 \text{ kNm}$
- $N_{Ed} = 329,657 \text{ kN}$
- $V_{Ed} = 61,089 \text{ kN}$

Výsledná zaťažiteľnosť $z_{LM71} = 0,67$

4.4 Dolné stuženie

4.4.1 Rozhodujúci prierez

Porovnávali sme 3 prúty a to B108, ktorý je tlačný a B103/B105 ktoré sú ťahané. Prút B105 je tvorený iba jedným uhoľníkom. Na obr.4.12 sú znázornené dané prúty a priebeh osových síl od výslednej kombinácie. Dospeli sme k výsledku že rozhoduje prút **B105**, ktorý je ťahaný a v ďalších častiach sa teda budeme venovať jemu.



Obr. 4.12: Priebeh osových síl na porovnávaných prútoch

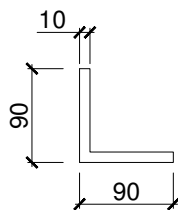
4.4.2 Návrhové vnútorné sily

Treba podotknúť, že v tomto prípade sme neuvažovali so zaťažením od vetru, ktorý mi rozhodujúci prierez odľahčoval. Vytváral tlakovú silu v rozhodujúcom prvku, no príliš malú nato, aby rozhodla a teda horšia situácia nastáva keď nepôsobí vietor.

| Rozhodujúci prvok B105(obalka-max) | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------|------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|-----------------|------------------|--------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma |
| | | Vlastná ťaha | Chodníky | Ostatné stálie | LM71+0.S | Rozjazdové sily | Bočný ráz | Vietor |
| Dolná stuženie | My [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Mz [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Vz [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | N [kN] | 2,52 | -0,75 | 0,69 | 50,92 | 10,46 | | 9,79 |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | |
| Kombinácia 6.10a | | Kombinácia 6.10b | | | Kombinácia 6.10a | | Kombinácia 6.10b | |
| $M_{y,ED} =$ | 0 [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 0 [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 0 [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 0 [kNm] | |
| $M_{z,ED} =$ | 0 [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 0 [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 0 [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 0 [kNm] | |
| $V_{z,ED} =$ | 0 [kN] | $V_{z,ED} =$ | 0 [kN] | $V_{z,ED} =$ | 0 [kN] | $V_{z,ED} =$ | 0 [kN] | |
| $N_{ED} =$ | 111,9371 [kN] | $N_{ED} =$ | 138,74055 [kN] | $N_{ED} =$ | 111,58868 [kN] | $N_{ED} =$ | 138,30505 [kN] | |

Obr. 4.13: Obálka max

4.4.3 Posúdenie dolného stuženia



Obr. 4.14: Rozhodujúci prierez dolného stuženia

Tabuľka 4.6: Prierezové charakteristiky dolného stuženia

| | | |
|------------|--------------------|-------|
| A | $1,7 * 10^{-3}$ | m^2 |
| I_y | $2,0542 * 10^{-6}$ | m^4 |
| I_z | $5,2946 * 10^{-7}$ | m^4 |
| $W_{el,y}$ | $3,2278 * 10^{-5}$ | m^3 |
| $W_{el,z}$ | $1,4302 * 10^{-5}$ | m^3 |

- $N_{Ed} = 138,741 kN$

Posúdenie prutu na ťah:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$
$$N_{Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,7 * 10^{-3} * 230 * 10^3}{1,1} = 355,455 kN$$
$$138,741 < 355,455 \implies \text{Vyhovuje}$$

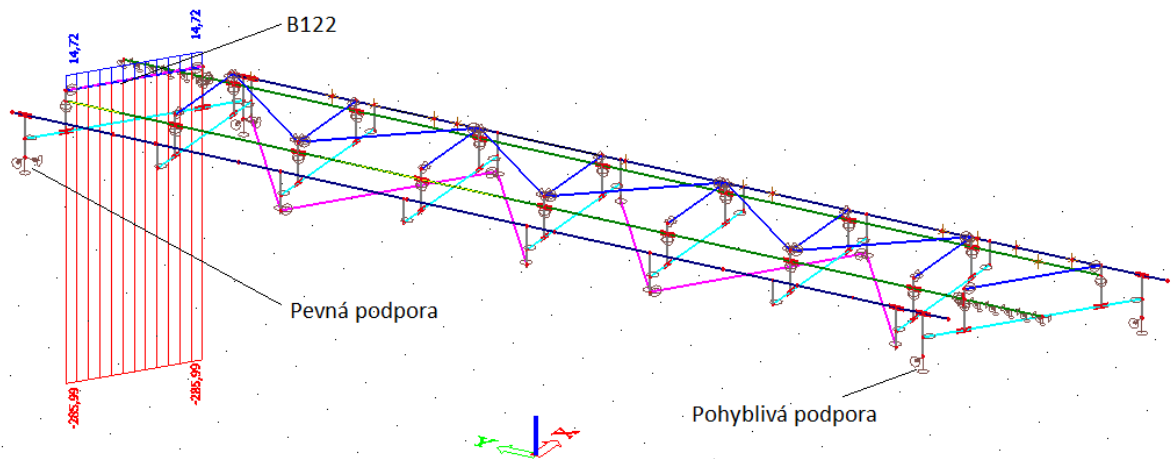
Zaťažiteľnosť

$$\frac{N_{Rd}}{N_{Ed}} = z_{LM71}$$
$$z_{LM71} = \frac{355,455}{138,741} = 2,56$$

4.5 Horné stuženie

4.5.1 Rozhodujúci prierez

Ako rozhodujúci prút sme dostali prvok B122, ktorý je namáhaný tlakom.



Obr. 4.15: Priebeh osových síl na B122

4.5.2 Návrhové vnútorné sily

Opätovne neuvažujeme pôsobenie vetru. Dôvod je rovnaký ako u dolného stuženia.

| Rozhodujúci prvok B122(obalka-min) | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------|---------------|------------------|----------------|--------------------------|-----------------|---------|------------------|--------------|-----------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | | Klíma | | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stálie | LM71+O.S | Rozjazdové sily | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Horné stuženie | My [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Mz [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Vz [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | N [kN] | -0,42 | 0,1 | -0,12 | -77,57 | -89,86 | | -117,68 | 0 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| $M_{y,ED} =$ | 0 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 0 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 0 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 0 | [kNm] |
| $M_{z,ED} =$ | 0 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 0 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 0 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 0 | [kNm] |
| $V_{z,ED} =$ | 0 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | 0 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | 0 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | 0 | [kN] |
| $N_{ED} =$ | -296,874 | [kN] | $N_{ED} =$ | -370,8808 | [kN] | $N_{ED} =$ | -311,34 | [kN] | $N_{ED} =$ | -388,9638 | [kN] |

Obr. 4.16: Obálka min

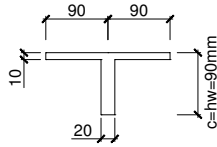
4.5.3 Posúdenie horného stuženia

Zatriedenie prierezu

- $N_{Ed} = -388,964kN$

Posúdenie prutu na tlak:

Súčiniteľ vzperu χ_z kde $L_{cr,z} = 1,877m$



Obr. 4.17: Rozhodujúci prierez dolného stuženia

Tabuľka 4.7: Prierezové charakteristiky horného stuženia

| | | |
|------------|--------------------|-------|
| A | $3,4 * 10^{-3}$ | m^2 |
| I_y | $2,5836 * 10^{-6}$ | m^4 |
| I_z | $4,9133 * 10^{-6}$ | m^4 |
| $W_{el,y}$ | $4,0481 * 10^{-5}$ | m^3 |
| $W_{el,z}$ | $5,4593 * 10^{-5}$ | m^3 |

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{4,9133 * 10^{-6}}{3,4 * 10^{-3}}} = 0,038m$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 1,877/0,038 = 49,376$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{230}} = 94,915$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{49,376}{94,915} = 0,52$$

$$\text{krivka } c \implies \chi_z = 0,875$$

Súčiniteľ vzperu χ_y kde $L_{cr,y} = 1,877m$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2,5836 * 10^{-6}}{3,4 * 10^{-3}}} = 0,027m$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 1,877/0,027 = 68,091$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{230}} = 94,915$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{68,091}{94,915} = 0,717$$

$$\text{krivka } c \implies \chi_y = 0,772$$

\implies Rozhoduje $\chi_y = 0,772$, čo bolo známe od začiatku keďže $I_y < I_z$ a teda prút vybočí kolmo k ose y.

$$N_{b,Rd} = \chi_y \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = 0,772 * \frac{3,4 * 10^{-3} * 230 * 10^3}{1,1} = 548,822kN$$

$$388,96 < 548,822 \implies \text{Vyhovuje}$$

Zaťažiteľnosť

$$\frac{N_{b,Rd}}{N_{Ed}} = z_{LM71}$$
$$z_{LM71} = \frac{548,822}{388,96} = 1,41$$



Obr. 4.18: Pohľad na horné stuženie a napojenie na pozdĺžnik

ZAŤAŽITEĽNOSŤ MOSTNÉHO OBJEKTU-S UVÁŽENÍM PORÚCH

5.1 Upravený výpočtový model

Vzhľadom na výrazné namáhanie pozdĺžniku a priečniku sme boli nútení druhý krát ísť na prehliadku mostu a upriamiť pozornosť na detaily týchto konštrukčných prvkov. V najviac namáhanom priečniku (podľa výpočtového modelu), sme reálne objavili vybočené dolné pásnice. Taktiež úplne odtrhnutý nít na spoji pozdĺžnik - priečnik, prípadne uvoľnené, zhrdzavené nity. Práve na základe týchto okolností sme zvolili úpravu výpočtového modelu v zmysle, že sme povolili posun/pokluz v danom mieste, medzi pozdĺžnikom a priečnikom o 2-3mm. Tento vzájomný posun odpovedá tuhosti 23MN/m.

5.1.1 Fotodokumentácia porúch



Obr. 5.1: Problémové miesta na pozdĺžniku



Obr. 5.2: Vybočená dolná pásnica priečniku (1)

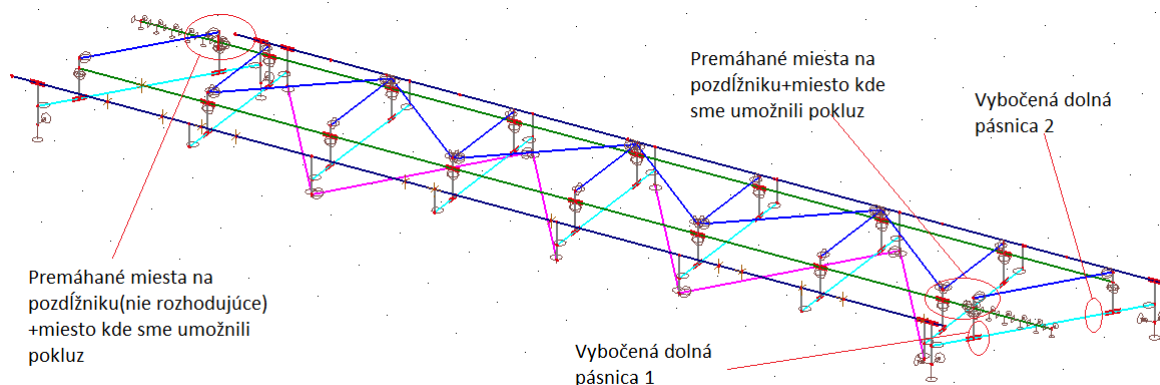


Obr. 5.3: Vybočená dolná pásnica priečniku (2)

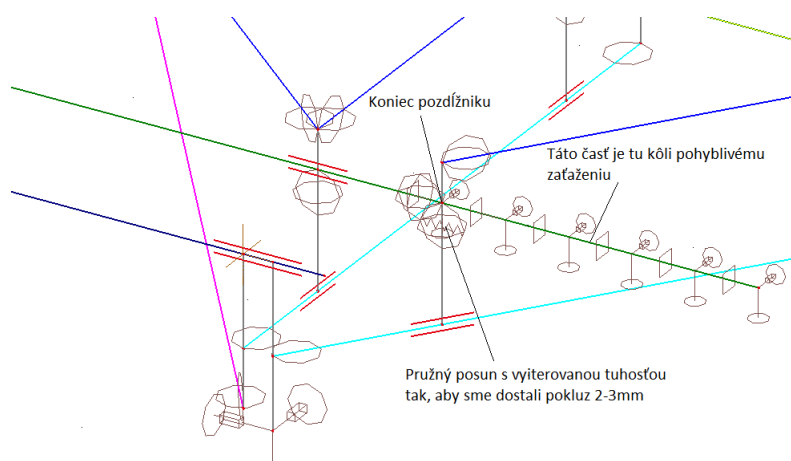


Obr. 5.4: Odrhnutý nýt

5.1.2 Výpočtový model



Obr. 5.5: Schéma upraveného modelu



Obr. 5.6: Detail väzby, umožňujúcej posun

5.2 Výpočet vnútorných síl a posúdenie prvkov

Keďže výpočty a posudky zostávajú úplne rovnaké, budeme k jednotlivým prvkom písať už iba informácie, ktoré sa zmenili, alebo sú nejakým spôsobom dôležité. Každopádne, už nebudeme rozpisovať výpočet, ale napíšeme iba výsledok.

5.3 Hlavný nosník

Zmena nenastala žiadna a stále rozhoduje **rez 1-2**. Tento prvok bol minimálne ovplyvnený úpravou modelu a preto platí výpočet, ktorý sme už pre hlavný nosník urobili. *Vid' sekciu 4.1 Hlavný nosník*

Zaťažiteľnosť: $z_{LM71} = 0,94$.

5.3.1 Redukovanie rozjazdových síl

Redukovať rozjazdové sily nemá zmysel.

5.4 Pozdĺžnik

5.4.1 Rozhodujúci prierez

Zmena nenastala žiadna a stále rozhoduje pôvodný prierez.

5.4.2 Návrhové vnútorné sily

| Uzol N173-z ľava bez vyztuh (obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------|------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|------------|------------------|------------|------------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | | | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stále | LM71+O.S | Rozjazdové sily | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Pozdĺžnik - pravý | My [kNm] | 1,53 | -0,27 | 0,54 | 51,12 | 3,47 | | 0,87 | -8,64 | | |
| | Mz [kNm] | 0,44 | 0 | 0,1 | 7,64 | 66 | | 9,88 | -0,71 | | |
| | Vz [kN] | 1,64 | 0,13 | 0,93 | 155,3 | 4,1 | | 3,13 | 5,34 | | |
| | N [kN] | -0,26 | -0,51 | 0 | 44,61 | -176,52 | | 18,39 | 39,64 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| $M_{y,ED}$ | 90,8544216 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | 114,891027 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | 89,5024216 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | 113,201027 | [kNm] |
| $M_{z,ED}$ | 87,6627605 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 109,498969 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 58,4803605 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 73,0209693 | [kNm] |
| $V_{z,ED}$ | 298,225825 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 370,134594 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 297,721425 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 369,504094 | [kN] |
| N_{ED} | -53,317136 | [kN] | N_{ED} | -76,310695 | [kN] | N_{ED} | 48,0360642 | [kN] | N_{ED} | 50,3808052 | [kN] |

Obr. 5.7: Obálka max

5.4.3 Posúdenie pozdĺžniku

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = 114,891kNm$
- $M_{z,Ed} = 109,499kNm$
- $N_{Ed} = -76,311kN$
- $V_{Ed} = 370,135kN$

Zaťažiteľnosť

Výsledná zaťažiteľnosť výjde $z_{LM71} = 0,43$. (Výpočet vid.4.2)

5.4.4 Redukovanie rozjazdových síl

Rozhodujúci prierez sa nezmenil a je označený na obr.4.6.

- $M_{y,Ed} = 113,222kNm$
- $M_{z,Ed} = 77,753kNm$

- $N_{Ed} = 8,595kN$
- $V_{Ed} = 368,162kN$

Výsledná zaťažiteľnosť $z_{LM71} = 0,63$.

5.5 Priechnik

5.5.1 Rozhodujúci prierez

Zmena nenastala žiadna a stále rozhoduje pôvodný prierez.

5.5.2 Návrhové vnútorné sily

| Koncový priechnik- v pravo bez vyztuhy-(obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|---|------------|---------------|------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|------------|------------------|--------------|------------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | | | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stále | LM71+O.S | Rozjazdové sily | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Priechnik | My [kNm] | -0,55 | 0,12 | -0,17 | 0,19 | 19,65 | | 0,82 | -6,34 | | |
| | Mz [kNm] | -0,15 | 0 | 0 | 3,69 | 13,38 | | 6,1 | 0,6 | | |
| | Vz [kN] | 1,59 | -0,44 | 0,36 | 31,55 | -31,98 | | 12,8 | 7,65 | | |
| | N [kN] | 0,66 | 0 | 0,16 | 44,87 | 107 | | 60,6 | 29 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| $M_{y,Ed} =$ | 14,0702242 | [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | 19,4805927 | [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | 4,27862418 | [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | 7,24109273 | [kNm] |
| $M_{z,Ed} =$ | 24,2552459 | [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 30,2391824 | [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 20,4696459 | [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 25,5071824 | [kNm] |
| $V_{z,Ed} =$ | 40,587006 | [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 48,0725513 | [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 63,872606 | [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 77,1795513 | [kN] |
| $N_{Ed} =$ | 255,102808 | [kN] | $N_{Ed} =$ | 311,144285 | [kN] | $N_{Ed} =$ | 230,974808 | [kN] | $N_{Ed} =$ | 280,984285 | [kN] |

Obr. 5.8: Obálka max

5.5.3 Posúdenie priechniku

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = 19,480kNm$
- $M_{z,Ed} = 30,239kNm$
- $N_{Ed} = 311,144kN$
- $V_{Ed} = 48,073kN$

Zaťažiteľnosť

Výsledná zaťažiteľnosť $z_{LM71} = 0,6$.(Výpočet vid'.4.3)

5.5.4 Redukovanie rozjazdových síl

Rozhodujúci prierez zostáva rovnaký.

- $M_{y,Ed} = 12,328 \text{ kNm}$
- $M_{z,Ed} = 25,369 \text{ kNm}$
- $N_{Ed} = 272,196 \text{ kN}$
- $V_{Ed} = 59,713 \text{ kN}$

Výsledná zaťažiteľnosť $z_{LM71} = 0,72$.

5.6 Dolné stuženie

5.6.1 Rozhodujúci prierez

Zmena nenastala žiadna a stále rozhoduje pôvodný prierez resp. prút B105.

Návrhové vnútorné sily

| Rozhodujúci prvok B105(obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|---------------|------------------|---------------|----------|--------------------------|------------|-----------|------------------|------------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | | Klíma | | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stále | LM71+0.5 | Rozjazdové sily | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Dolné stuženie | M_y [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | M_z [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | V_z [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | N [kN] | 2,52 | -0,75 | 0,69 | 51 | 6,6 | | 11,06 | 0 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | |
| $M_{y,Ed} =$ | 0 | [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | 0 | [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | 0 | [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | 0 | [kNm] |
| $M_{z,Ed} =$ | 0 | [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 0 | [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 0 | [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 0 | [kNm] |
| $V_{z,Ed} =$ | 0 | [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 0 | [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 0 | [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 0 | [kN] |
| $N_{Ed} =$ | 108,7292 | [kN] | $N_{Ed} =$ | 134,73072 | [kN] | $N_{Ed} =$ | 111,048417 | [kN] | $N_{Ed} =$ | 137,629721 | [kN] |

Obr. 5.9: Obálka max

5.6.2 Posúdenie dolného stuženia

Posudzujeme na ťah:

- $N_{Ed} = 137,630 \text{ kN}$

Zaťažiteľnosť

Výsledná zaťažiteľnosť výjde $z_{LM71} = 2,58$.

5.6.3 Redukovanie rozjazdových síl

Redukovať rozjazdové sily nemá zmysel.

5.7 Horné stuženie

5.7.1 Rozhodujúci prierez

Zmena nenastala žiadna a stále rozhoduje pôvodný prierez resp. prút B122.

Návrhové vnútorné sily

| Rozhodujúci prvok B122(obalka-min) | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------------|------------------|------------|-----------|------------------|------------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | | Klíma | | |
| | | Vlastná tiahla | Chodníky | Ostatné stále | LM71+O.S | Rozjazdové sily | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Horné stuženie | My [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Mz [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Vz [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | N [kN] | -0,42 | 0,1 | -0,12 | -54,27 | -102,65 | | -106,45 | 0 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | |
| $M_{y,ED}$ | 0 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | 0 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | 0 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | 0 | [kNm] |
| $M_{z,ED}$ | 0 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 0 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 0 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 0 | [kNm] |
| $V_{z,ED}$ | 0 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 0 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 0 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 0 | [kN] |
| N_{ED} | -261,773 | [kN] | N_{ED} | -327,0055 | [kN] | N_{ED} | -263,74935 | [kN] | N_{ED} | -329,47548 | [kN] |

Obr. 5.10: Obálka min

5.7.2 Posúdenie horného stuženia

Posudzujeme na tlak:

- $N_{Ed} = -329,476kN$.

Zaťažiteľnosť

Výsledná zaťažiteľnosť výjde $z_{LM71} = 1,72$.

5.7.3 Redukovanie rozjazdových síl

Redukovať rozjazdové sily nemá zmysel.

VÝSLEDNÁ ZAŤAŽITEĽNOSŤ

6.1 Vstupné údaje

Treba pripomenúť, ktoré hodnoty zaťažiteľností budeme uvažovať. Čerpať budeme z upraveného výpočtového modelu. Úprava sa týkala iba uvoľnenia posunu v danom styčníku z pevného na pružný s tuhosťou odpovedajúcou vzájomnému posunu 2-3mm. Ďalej budeme brať v úvahu hodnoty, ktoré boli upravené vzhľadom k zredukovaným rozjazdovým silám.

6.2 Výsledná zaťažiteľnosť

| Názov prvku | Umiestnenie | Namáhanie | L_{ψ} [m] | ϕ_3 | $\gamma_{F,LM71}$ | Nájdeš na str. | Z_{LM71} |
|---------------------|--|---|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------|
| Hlavný nosník-pravý | Rez 1-2 | Normálové+šmykové napätie | 13 | 1,364 | 1,3 | 52 | 0,94 |
| Pozdĺžnik | Pri pravej pevnej podpore - N173 z ľava | Normálové napätie <i>Ohyb+osová sila</i> | 5,31 | 1,756 | 1,3 | 54 | 0,63 |
| Priečnik | Koncový šikmý priečnik u pevných podpor | Normálové napätie <i>Ohyb+osová sila</i> | 3,54 | 2 | 1,3 | 55 | 0,72 |
| Dolné stuženie | B103 | Normálové napätie <i>Tah</i> | 13 | 1,364 | 1,3 | 56 | 2,58 |
| Horné stuženie | B122 | Normálové napätie <i>Tlak</i> | 13 | 1,364 | 1,3 | 57 | 1,72 |

Obr. 6.1: Výsledna zaťažiteľnosť

URČENIE PRIECHODNOSTI

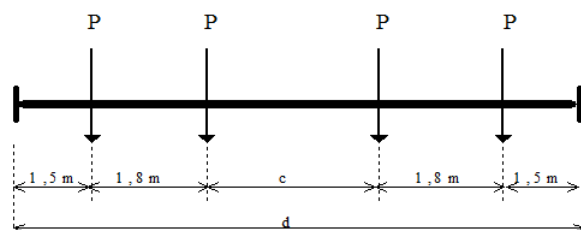
Máme overiť aktuálnu prechodnosť B2/60. V rámci zvýšenia trafovej triedy v celom úseku je nutné taktiež overiť C3/60.

Riešime interakciu vnútorných síl a teda nemôžeme využiť návrhový postup podľa smernice SŽDC s využitím zaťažiteľnosti z_{LM71} . Riešime to opäť posúdením rozhodujúceho prierezu podľa Eurokódu a teda úplne rovnako, ako sme riešili zaťažiteľnosť.

7.1 Zaťaženie

Jediné zaťaženie, ktoré sa mení je LM71. Rozjazdové sily sú zredukované.

Podľa príslušnej trafovej triedy určíme modelové drážne vozidlo. Pre trafovú triedu B2/60 odpovedá *vid.obr. 7.1*. Aby nedošlo k omylu ešte dodáme, že spojité zaťaženie pôsobí z ľava a z prava od kóty označenej písmenom *d* na *obr.7.1*. To znamená že v rámci tejto kóty pôsobia iba osamelé sily *P*.



| Trieda | Hmotnosť na nápravu [t] | Hmotnosť na jednotku dĺžky [t/m] | <i>c</i> [m] | <i>d</i> [m] |
|--------|-------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|
| A | 16 | 5,0 | 6,20 | 12,80 |
| B1 | 18 | 5,0 | 7,80 | 14,40 |
| B2 | 18 | 6,4 | 4,65 | 11,25 |
| C2 | 20 | 6,4 | 5,90 | 12,50 |
| C3 | 20 | 7,2 | 4,50 | 11,10 |
| C4 | 20 | 8,0 | 3,40 | 10,00 |
| D2 | 22,5 | 6,4 | 7,45 | 14,05 |
| D3 | 22,5 | 7,2 | 5,90 | 12,50 |
| D4 | 22,5 | 8,0 | 4,65 | 11,25 |
| E4 | 25,0 | 8,0 | 5,90 | 12,50 |
| E5 | 25,0 | 8,8 | 4,75 | 11,35 |

Obr. 7.1: Hodnoty síl pre rôzne trafové triedy

Treba si tiež uvedomiť, že vplyvom nižšej trafovej triedy a to v našom prípade B2/60, sa musia znížiť aj

rozjazdové/brzdové sily. Spôsobené je to jednoducho tým, že akceleruje výrazne menšia hmotnosť. Práve preto sme využili normu *UIC 778-2* a podľa nej sme pre neelektrifikované trať prebrali hodnotu rozjazdových síl 20kN/m , ktorá je zároveň limitnou hodnotou.

7.2 Hlavný nosník

Posúdili sme už iba priamo rozhodujúci prierez.

7.2.1 Návrhové vnútorné sily pre B2/60

| Rez 1-2(obalka-max) B2/60 | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------|----------------|------------------|----------------|--------------------------|-------------------------|-----------|------------------|------------|-----------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | | | |
| | | Vlastná tiahla | Chodníky | Ostatné stálie | B2/60 | Rozjazdové sily- reduk. | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Hlavný nosník - pravý | M_y [kNm] | 49,79 | 1,21 | 10,89 | 435,22 | -8,76 | | 35,52 | 71,08 | | |
| | M_z [kNm] | -0,3 | 0 | -0,08 | -1,42 | -4,01 | | 2,53 | -1,36 | | |
| | V_z [kN] | -25,75 | -0,31 | -6,04 | -242,07 | 2,75 | | -19,69 | -27,63 | | |
| | N [kN] | -0,1 | 0 | 0 | 8,75 | -15,59 | | 10,18 | 15,74 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| $M_{y,ED}$ | 807,381972 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | 961,5281 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | 830,4076 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | 990,3101 | [kNm] |
| $M_{z,ED}$ | -6,814392 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | -7,99134 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | -3,413592 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | -3,74034 | [kNm] |
| $V_{z,ED}$ | -436,39821 | [kN] | $V_{z,ED}$ | -523,0959 | [kN] | $V_{z,ED}$ | -448,067 | [kN] | $V_{z,ED}$ | -537,6819 | [kN] |
| N_{ED} | 18,00075 | [kN] | N_{ED} | 18,56475 | [kN] | N_{ED} | 31,40115 | [kN] | N_{ED} | 35,31525 | [kN] |

Obr. 7.2: Obálka min

Pri určovaní návrhových hodnôt sa nám mení iba dynamický súčiniteľ, ktorý po novom vychádza $\phi_{T1} = 1,44$ a získali sme ho z *Smernice o určovaní zátlačiteľnosti železničných mostných objektů, tab.5.2*.

7.2.2 Posúdenie hlavného nosníku

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = 990,310\text{kNm}$
- $M_{z,Ed} = -3,740\text{kNm}$
- $N_{Ed} = 35,315\text{kN}$
- $V_{Ed} = -537,682\text{kN}$

Interakcia ohyb, osová sila a šmyk:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1.$$

Zatriedenie prierezu \Rightarrow vid. str. 32

Podmienka malého šmyku

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{537,682}{1023,34} = 0,525 \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

Redukovaná medza klzu

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 537,682}{1023,34} - 1 \right)^2 = 0,0026$$

$$f_{red} = (1 - \rho)f_y = (1 - 0,0026) * 210 = 209,457 \text{ Mpa}$$

Súčiniteľ klopenia

$$\Rightarrow \text{krivka } c \Rightarrow \chi_{Lt} = 0,944 \text{ vid'.str.34}$$

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = 6038,306 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rd} = 2468,346 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = 110,963 \text{ kNm}$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{28,731}{6038,306} + \frac{986,137}{2468,346} + \frac{1,955}{110,963} \leq 1$$

$$0,422 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

7.2.3 Priechodnosť B2/60

⇒ Pre traťovú triedu B2/60 priechodnosť vyhovuje.

7.2.4 Návrhové vnútorné sily pre C3/60

| Rez 1-2(obalka-max) C3/60 | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|------------------|--------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stálie | C3/60 | Rozjazdové sily-reduk. | | Bočný ráz | Vietor |
| Hlavný nosník - pravý | My [kNm] | 49,79 | 1,21 | 10,89 | 485,83 | -8,76 | | 35,52 | 71,08 |
| | Mz [kNm] | -0,3 | 0 | -0,08 | -1,59 | -4,01 | | 2,53 | -1,36 |
| | Vz [kN] | -25,75 | -0,31 | -6,04 | -270,22 | 2,75 | | -19,69 | -27,63 |
| | N [kN] | -0,1 | 0 | 0 | 9,72 | -15,59 | | 10,18 | 15,74 |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | Kombinácia 6.10b | | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | |
| $M_{y,ED} =$ | 883,175508 [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 1056,27 [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 906,2011 [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 1085,052 [kNm] | | |
| $M_{z,ED} =$ | -7,068984 [kNm] | $M_{z,ED} =$ | -8,30958 [kNm] | $M_{z,ED} =$ | -3,668184 [kNm] | $M_{z,ED} =$ | -4,05858 [kNm] | | |
| $V_{z,ED} =$ | -478,55565 [kN] | $V_{z,ED} =$ | -575,7927 [kN] | $V_{z,ED} =$ | -490,2244 [kN] | $V_{z,ED} =$ | -590,3787 [kN] | | |
| $N_{ED} =$ | 19,453422 [kN] | $N_{ED} =$ | 20,38059 [kN] | $N_{ED} =$ | 32,85382 [kN] | $N_{ED} =$ | 37,13109 [kN] | | |

Obr. 7.3: Obálka max

- $M_{y,Ed} = 1085,052 \text{ kNm}$
- $M_{z,Ed} = -4,059 \text{ kNm}$

- $N_{Ed} = 37,131kN$
- $V_{Ed} = -590,379kN$

Zatriedenie prierezu \implies *vid.str. 33*

Podmienka malého šmyku

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{590,379}{1023,34} = 0,577 \implies \text{nevyhovuje}$$

Redukovaná medza klzu

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 590,379}{1023,34} - 1 \right)^2 = 0,024$$

$$f_{red} = (1 - \rho)f_y = (1 - 0,024) * 210 = 205,031Mpa$$

Súčiniteľ klopenia

$$\implies \text{krivka } c \implies \chi_{Lt} = 0,944 \quad \text{vid.str.34}$$

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = 5913,558kN$$

$$M_{y,Rd} = 2417,352Nm$$

$$M_{z,Rd} = 108,671kNm$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{30,546}{5913,558} + \frac{1080,879}{2417,352} + \frac{5,755}{108,671} \leq 1$$

$$0,505 < 1 \implies \text{VYHOVUJE}$$

7.2.5 Priechodnosť C3/60

\implies Pre traťovú triedu C3/60 priechodnosť **vyhovuje**.

7.3 Pozdĺžnik

Posúdili sme už iba priamo rozhodujúci prierez.

7.3.1 Návrhové vnútorné sily B2/60

Pri určovaní návrhových hodnôt sa nám mení iba dynamický súčiniteľ, ktorý po novom vychádza $\phi_{T1} = 1,670$.

| Uzol N173-z ľava bez vyztuh (obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|----------------|---------------------|------------------|--------------------------|---------------------------|------------|------------------|---------------------|-----------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | | | |
| | | Vlastná ťah | Chodníky | Ostatné stále | B2/60 | Rozjazdové sily, reduk | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Pozdĺžnik - pravý | My [kNm] | 1,53 | -0,27 | 0,54 | 24,79 | 2,1 | | 0,87 | -8,64 | | |
| | Mz [kNm] | 0,44 | 0 | 0,1 | 5,06 | 40 | | 9,88 | -0,71 | | |
| | Vz [kN] | 1,64 | 0,13 | 0,93 | 105,44 | 2,48 | | 3,13 | 5,34 | | |
| | N [kN] | -0,26 | -0,51 | 0 | 27,42 | -106,98 | | 18,39 | 39,64 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| M _{v,ED} = | 39,103672 | [kNm] | M _{v,ED} = | 50,20259 | [kNm] | M _{v,ED} = | 38,464072 | [kNm] | M _{v,ED} = | 49,40309 | [kNm] |
| M _{z,ED} = | 55,454933 | [kNm] | M _{z,ED} = | 69,239185 | [kNm] | M _{z,ED} = | 39,792533 | [kNm] | M _{z,ED} = | 49,661185 | [kNm] |
| V _{z,ED} = | 195,981742 | [kN] | V _{z,ED} = | 242,32949 | [kN] | V _{z,ED} = | 196,319742 | [kN] | V _{z,ED} = | 242,75199 | [kN] |
| N _{ED} = | -14,861844 | [kN] | N _{ED} = | -28,24158 | [kN] | N _{ED} = | 50,330556 | [kN] | N _{ED} = | 53,24892 | [kN] |

Obr. 7.4: Obálka max

7.3.2 Posúdenie pozdĺžniku

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = 50,203kNm$
- $M_{z,Ed} = 69,239kNm$
- $N_{Ed} = -28,242kN$
- $V_{Ed} = 242,330kN$

Interakcia ohyb, osová sila a šmyk:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

Zatriedenie prierezu \Rightarrow vid'.str.38

Podmienka malého šmyku

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{242,330}{446,659} = 0,543 \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

Redukovaná medza klzu

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 242,330}{446,659} - 1 \right)^2 = 0,007$$

$$f_{red} = (1 - \rho)f_y = (1 - 0,007) * 230 = 228,335Mpa$$

Súčiniteľ vzperu

$$\Rightarrow \text{krivka } b \Rightarrow \chi_z = 0,893 \quad \text{vid'.str.38}$$

Súčiniteľ klopenia

$$\Rightarrow \text{krivka } c \Rightarrow \chi_z = 0,892 \quad \text{vid'.str.38}$$

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = 2922,12 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rd} = 355,043 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = 58,672 \text{ kNm}$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$
$$\frac{28,242}{2922,12} + \frac{50,203}{355,043} + \frac{69,239}{58,672} \leq 1$$
$$1,31 > 1 \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

7.3.3 Redukovanie rozjazdových síl

Koeficient redukcie=0,85 (zistený iteráciou)

- $M_{y,Ed} = 49,793 \text{ kNm}$
- $M_{z,Ed} = 61,439 \text{ kNm}$
- $N_{Ed} = -7,38 \text{ kN}$
- $V_{Ed} = 241,845 \text{ kN}$

Podmienka malého šmyku

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{241,845}{446,659} = 0,541 \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = 2942,808 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rd} = 355,369 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = 58,726 \text{ kNm}$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$
$$\frac{7,38}{2942,808} + \frac{49,793}{355,369} + \frac{61,439}{58,726} \leq 1$$
$$1,18 > 1 \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

Po zredukovaných rozjazdových silách zatažiteľnosť vychádza 0,85.

7.3.4 Priechodnosť B2/60

⇒ Pre traťovú triedu B2/60 priechodnosť **nevyhovuje**.

7.3.5 Návrhové vnútorné sily C3/60

Dynamicky súčiniteľ je $\phi_{T1} = 1,670$

| Uzol N173-z fava bez vyztuh (obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|----------------|---------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-----------|---------------------|-----------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | | | |
| | | Vlastná ťah | Chodníky | Ostatné stále | C3/60 | Rozjazdové sily reduk | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Pozdĺžnik - pravý | My [kNm] | 1,53 | -0,27 | 0,54 | 27,54 | 2,1 | | 0,87 | -8,64 | | |
| | Mz [kNm] | 0,44 | 0 | 0,1 | 5,65 | 40 | | 9,88 | -0,71 | | |
| | Vz [kN] | 1,64 | 0,13 | 0,93 | 117,28 | 2,48 | | 3,13 | 5,34 | | |
| | N [kN] | -0,26 | -0,51 | 0 | 30,6 | -106,98 | | 18,39 | 39,64 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | |
| M _{v,ED} = | 43,879872 | [kNm] | M _{v,ED} = | 56,17284 | [kNm] | M _{v,ED} = | 43,240272 | [kNm] | M _{v,ED} = | 55,37334 | [kNm] |
| M _{z,ED} = | 56,479645 | [kNm] | M _{z,ED} = | 70,520075 | [kNm] | M _{z,ED} = | 40,817245 | [kNm] | M _{z,ED} = | 50,942075 | [kNm] |
| V _{z,ED} = | 216,545454 | [kN] | V _{z,ED} = | 268,03413 | [kN] | V _{z,ED} = | 216,883454 | [kN] | V _{z,ED} = | 268,45663 | [kN] |
| N _{ED} = | -9,33882 | [kN] | N _{ED} = | -21,3378 | [kN] | N _{ED} = | 55,85358 | [kN] | N _{ED} = | 60,1527 | [kN] |

Obr. 7.5: Obálka max

7.3.6 Posúdenie pozdĺžniku

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = 56,173 \text{ kNm}$
- $M_{z,Ed} = 70,520 \text{ kNm}$
- $N_{Ed} = -21,338 \text{ kN}$
- $V_{Ed} = 268,034 \text{ kN}$

Interakcia ohyb, osová sila a šmyk:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

Zatriedenie prierezu \Rightarrow vid'.str.38

Podmienka malého šmyku

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{268,034}{446,659} = 0,600 \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

Redukovaná medza klzu

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 268,034}{446,659} - 1 \right)^2 = 0,04$$

$$f_{red} = (1 - \rho)f_y = (1 - 0,04) * 230 = 220,784 \text{ Mpa}$$

Súčiniteľ vzperu

$$\Rightarrow \text{krivka } b \Rightarrow \chi_z = 0,893 \quad \text{vid'.str.34}$$

Súčiniteľ klopenia

$$\Rightarrow \text{krivka } c \Rightarrow \chi_z = 0,892 \quad \text{vid'.str.34}$$

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = 2825,485kN$$

$$M_{y,Rd} = 343,301kNm$$

$$M_{z,Rd} = 56,732kNm$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$
$$\frac{21,338}{2825,485} + \frac{56,173}{343,301} + \frac{70,520}{56,732} \leq 1$$
$$1,4 > 1 \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

7.3.7 Redukovanie rozjazdových síl

Koeficient redukcie=0,84 (zistený iteráciou)

- $M_{y,Ed} = 55,736kNm$
- $M_{z,Ed} = 62,200kNm$
- $N_{Ed} = 0,914kN$
- $V_{Ed} = 267,518kN$

Podmienka malého šmyku

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{267,518}{446,659} = 0,599 \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = 3167,069kN$$

$$M_{y,Rd} = 385,236kNm$$

$$M_{z,Rd} = 56,786kNm$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$
$$\frac{0,914}{3167,069} + \frac{55,736}{385,236} + \frac{62,200}{56,786} \leq 1$$
$$1,24 > 1 \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

7.3.8 Priechodnosť C3/60

⇒ Pre traťovú triedu C3/60 priechodnosť **nevyhovuje**.

Problémom v tomto mieste je zaťažovací stav **rozjazdové sily**, ktorý nám vytvára v danom mieste ohromný priečný moment $M_{z,Ed}$, ktorý vzniká vplyvom šikmosti mostu. Z týchto faktov vyplýva, že zníženie rýchlosti alebo aj traťovej triedy náš problém nevyrieši. Tiež je vidieť, že zmena traťovej triedy na C3/60 nie je výrazná.

7.4 Priečnik

Posúdili sme už iba priamo rozhodujúci prierez.

7.4.1 Návrhové vnútorné sily B2/60

| Koncový priečnik- v pravo bez vyztuhy-(obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------------|------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|------------------|------------|------------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | | | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stálie | B2/60 | Rozjazdové sily-reduk | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Priečnik | My [kNm] | -0,55 | 0,12 | -0,17 | -9,27 | 11,91 | | 0,82 | -6,34 | | |
| | Mz [kNm] | -0,15 | 0 | 0 | 2,64 | 8,11 | | 6,1 | 0,6 | | |
| | Vz [kN] | 1,59 | -0,44 | 0,36 | 21,9 | -19,38 | | 12,8 | 7,65 | | |
| | N [kN] | 0,66 | 0 | 0,16 | 30,93 | 64,9 | | 60,6 | 29 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| $M_{y,ED}$ | -10,47479 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | -11,200675 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | -16,24159 | [kNm] | $M_{y,ED}$ | -18,409175 | [kNm] |
| $M_{z,ED}$ | 16,63278 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 20,7111 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 15,58758 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 19,4046 | [kNm] |
| $V_{z,ED}$ | 34,208225 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 40,099075 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 50,941825 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 61,016075 | [kN] |
| N_{ED} | 183,23456 | [kN] | N_{ED} | 221,308975 | [kN] | N_{ED} | 180,99856 | [kN] | N_{ED} | 218,513975 | [kN] |

Obr. 7.6: Obálka max

Pri určovaní návrhových hodnôt sa nám mení iba dynamický súčiniteľ, ktorý po novom vychádza $\phi_{T1} = 1,675$.

7.4.2 Posúdenie priečniku

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = -11,200kNm$
- $M_{z,Ed} = 20,711kNm$
- $N_{Ed} = 221,309kN$
- $V_{Ed} = 40,100kN$

Interakcia ohyb, osová sila a šmyk:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

Zatriedenie prierezu \Rightarrow vid'.str.42

Podmienka malého šmyku

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{40,100}{567,378} = 0,115 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = 2179,560kN$$

$$M_{y,Rd} = 276,857kNm$$

$$M_{z,Rd} = 20,970kNm$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{221,309}{2179,564} + \frac{11,2}{276,857} + \frac{20,711}{20,970} \leq 1$$

$$1,13 > 1 \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

7.4.3 Redukovanie rozjazdových síl

Redukovať rozjazdové sily už nemá zmysel.

7.4.4 Priechodnosť B2/60

⇒ Pre traťovú triedu B2/60 priechodnosť **nevyhovuje**.

7.4.5 Návrhové vnútorné sily pre C3/60

| Koncový priečnik- v pravo bez vyztuhy-(obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--------------|------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|-----------|------------------|--------------|------------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | | | |
| | | Vlastná ťaha | Chodníky | Ostatné stálie | C3/60 | Rozjazdové sily-reduk | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Priečnik | My [kNm] | -0,55 | 0,12 | -0,17 | -10,28 | 11,91 | | 0,82 | -6,34 | | |
| | Mz [kNm] | -0,15 | 0 | 0 | 2,94 | 8,11 | | 6,1 | 0,6 | | |
| | Vz [kN] | 1,59 | -0,44 | 0,36 | 23,89 | -19,38 | | 12,8 | 7,65 | | |
| | N [kN] | 0,66 | 0 | 0,16 | 29,73 | 64,9 | | 60,6 | 29 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| $M_{y,ED} =$ | -12,23421 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | -13,39995 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | -18,00101 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | -20,60845 | [kNm] |
| $M_{z,ED} =$ | 17,15538 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 21,36435 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 16,11018 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 20,05785 | [kNm] |
| $V_{z,ED} =$ | 37,674805 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | 44,4323 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | 54,408405 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | 65,3493 | [kN] |
| $N_{ED} =$ | 181,14416 | [kN] | $N_{ED} =$ | 218,695975 | [kN] | $N_{ED} =$ | 178,90816 | [kN] | $N_{ED} =$ | 215,900975 | [kN] |

Obr. 7.7: Obálka max

Dynamický súčiniteľ $\phi_{T1} = 1,675$

7.4.6 Posúdenie priečniku

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = -13,400kNm$
- $M_{z,Ed} = 21,364kNm$
- $N_{Ed} = 218,696kN$
- $V_{Ed} = 44,432kN$

Uvádžam už len koncový výpočet:

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$
$$\frac{218,696}{2179,564} + \frac{13,400}{276,857} + \frac{21,364}{20,970} \leq 1$$
$$1,17 > 1 \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

7.4.7 Redukovanie rozjazdových síl

Redukovať rozjazdové sily už nemá zmysel.

7.4.8 Priechodnosť C3/60

⇒ Pre traťovú triedu C3/60 priechodnosť **nevyhovuje**.

7.5 Dolné stuženie

Je zbytočné posudzovať tento konštrukčný prvok vzhľadom nato, že $z_{LM71} = 2,58$

7.6 Horné stuženie

Je zbytočné posudzovať tento konštrukčný prvok vzhľadom nato, že $z_{LM71} = 1,72$

REDUKOVANIE SÚČINITEĽOV ZAŤAŽENIA

Na koniec sa pozrieme ešte nato, ako by to vychádzalo, ak by sme zredukovali súčinitele zaťaženia podľa úrovni spoľahlivosti na základe ich veku a plánovanej zbytkovej životnosti. Posúdime iba rozhodujúce prvky, ktorými sú pozdĺžnik a priečnik.

8.1 Pozdĺžnik

Parciálny súčiniteľ stále zaťaženia γ_{FG}

Hodnota sa stanoví za predpokladu normálneho rozdelenia zo vzťahu:

$$\gamma_{FG} = \gamma_{Sd} * (1 - \alpha_E * \beta_t * v_G)$$

Význam jednotlivých neznámych *viď. Smernice o určovaní zatižitelnosti železničných mostných objektů*

$\gamma_{Sd} = 1,05$; $\alpha_E = -0,7$; $v_G = 0,05$

β_t -odčítam z tabuľky F.1 danej smernice. Pre pozdĺžnik uvažujem vek 50 rokov a pri extrémnom predpoklade životnosti 5 rokov dostávam, že $\beta_t = 2,972$. Dosadím:

$$\gamma_{FG} = \gamma_{Sd} * (1 - \alpha_E * \beta_t * v_G) = 1,05 * (1 - (-0,7) * 2,972 * 0,05) = 1,16$$

Parciálny súčiniteľ zaťaženia železničnou dopravou $\gamma_{F,LM71}$

Hodnota sa stanoví za predpokladu Gumbelova rozdelenia zo vzťahu:

$$\gamma_{F,LM71} = \gamma_{Sd} * \frac{1 - v_Q[0,449 + 0,778 * \ln(-\ln\Phi(-\alpha_E * \beta_t))]}{1 - v_Q[0,449 + 0,778 * \ln(-\ln(0,95))]}$$

$\gamma_{Sd} = 1,05$; $v_Q = 0,24$ kde $\Phi(-\alpha_E * \beta_t)$ je hodnota distribučnej funkcie náhodnej veličiny. Z tabuliek distribučnej funkcie určíme hodnotu pre $\Phi(-(-0,7) * (2,972)) = \Phi(2,08) = 0,9812$. Dosadím:

$$\gamma_{F,LM71} = 1,05 * \frac{1 - 0,24[0,449 + 0,778 * \ln(-\ln(0,9812))]}{1 - 0,24[0,449 + 0,778 * \ln(-\ln(0,95))]} = 1,18$$

Parciálny súčiniteľ zaťaženia vetrom $\gamma_{F,w}$

Hodnota sa stanoví za predpokladu Gumbelova rozdelenia pravdepodobnosti výskytu jednoročných extrémov zo vzťahu:

$$\gamma_{F,w1} = \gamma_{Sd} * \frac{1 - v_{Q,w}[0,449 - 0,778 * \ln(N) + 0,778 * \ln(-\ln\Phi(-\alpha_E * \beta_t))]}{1 - v_{Q,w}[0,449 + 0,778 * \ln(-\ln(0,95))]}$$

$$N = 5; v_{Q,w} = 0,12$$

$$\gamma_{F,w} = 1,05 * \frac{1 - 0,12[0,449 - 0,778 * \ln(5) + 0,778 * \ln(-\ln(0,9812))]}{1 - 0,12[0,449 + 0,778 * \ln(-\ln(0,95))]} = 1,18$$

Dynamický súčiniteľ

Zredukujeme ešte dynamický súčiniteľ pre rýchlosť 20km/h, potom dostávame $\Phi_{T1} = 1,22$

8.1.1 Návrhové vnútorné sily B2/20

| Uzol N173-z fava bez vyztuh (obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------|------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|------------|------------------|--------------|------------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | | | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stálie | B2/20 | Rozjazdové sily reduk | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Pozdĺžnik - pravý | My [kNm] | 1,53 | -0,27 | 0,54 | 24,79 | 2,1 | | 0,87 | -8,64 | | |
| | Mz [kNm] | 0,44 | 0 | 0,1 | 5,06 | 40 | | 9,88 | -0,71 | | |
| | Vz [kN] | 1,64 | 0,13 | 0,93 | 105,44 | 2,48 | | 3,13 | 5,34 | | |
| | N [kN] | -0,26 | -0,51 | 0 | 27,42 | -106,98 | | 18,39 | 39,64 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| $M_{y,ED} =$ | 25,3847872 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 32,807384 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 24,8042272 | [kNm] | $M_{y,ED} =$ | 32,081684 | [kNm] |
| $M_{z,ED} =$ | 48,2489108 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 60,217666 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 34,0322708 | [kNm] | $M_{z,ED} =$ | 42,446866 | [kNm] |
| $V_{z,ED} =$ | 133,109519 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | 163,952624 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | 133,416319 | [kN] | $V_{z,ED} =$ | 164,336124 | [kN] |
| $N_{ED} =$ | -26,541774 | [kN] | $N_{ED} =$ | -41,590288 | [kN] | $N_{ED} =$ | 32,6328656 | [kN] | $N_{ED} =$ | 32,378012 | [kN] |

Obr. 8.1: Obálka max

8.1.2 Posúdenie pozdĺžniku B2/20

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = 32,807kNm$
- $M_{z,Ed} = 60,218kNm$
- $N_{Ed} = -41,590kN$
- $V_{Ed} = 163,953kN$

Uvádzam už len koncový výpočet: podrobný výpočet *vid'.4.2*

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = 2943,425kN$$

$$M_{y,Rd} = 357,631kNm$$

$$M_{z,Rd} = 59,100kNm$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{41,590}{2943,425} + \frac{32,807}{357,631} + \frac{60,218}{59,100} \leq 1$$

$$1,12 > 1 \implies \text{NEVYHOVUJE}$$

8.1.3 Priechodnosť B2/20

⇒ Pre traťovú triedu B2/20 priechodnosť **nevyhovuje**.

8.1.4 Návrhové vnútorné sily C3/20

| Uzol N173-z ľava bez vyztuh (obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------|---------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | | | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stálie | C3/20 | Rozjazdové sily reduk | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Pozdĺžnik - pravy | My [kNm] | 1,53 | -0,27 | 0,54 | 27,54 | 2,1 | | 0,87 | -8,64 | | |
| | Mz [kNm] | 0,44 | 0 | 0,1 | 5,65 | 40 | | 9,88 | -0,71 | | |
| | Vz [kN] | 1,64 | 0,13 | 0,93 | 117,28 | 2,48 | | 3,13 | 5,34 | | |
| | N [kN] | -0,26 | -0,51 | 0 | 30,6 | -106,98 | | 18,39 | 39,64 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | |
| M _{y,ED} = | 28,5519072 | [kNm] | M _{y,ED} = | 36,766284 | [kNm] | M _{y,ED} = | 27,9713472 | [kNm] | M _{y,ED} = | 36,040584 | [kNm] |
| M _{z,ED} = | 48,928402 | [kNm] | M _{z,ED} = | 61,06703 | [kNm] | M _{z,ED} = | 34,711762 | [kNm] | M _{z,ED} = | 43,29623 | [kNm] |
| V _{z,ED} = | 146,74541 | [kN] | V _{z,ED} = | 180,997488 | [kN] | V _{z,ED} = | 147,05221 | [kN] | V _{z,ED} = | 181,380988 | [kN] |
| N _{ED} = | -22,879432 | [kN] | N _{ED} = | -37,01236 | [kN] | N _{ED} = | 36,295208 | [kN] | N _{ED} = | 36,95594 | [kN] |

Obr. 8.2: Obálka max

8.1.5 Posúdenie pozdĺžniku C3/20

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = 36,766kNm$
- $M_{z,Ed} = 61,067kNm$
- $N_{Ed} = -37,012kN$
- $V_{Ed} = 180,997kN$

Uvádzam už len koncový výpočet: podrobný výpočet *vid'.4.2*

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = 2943,425kN$$

$$M_{y,Rd} = 357,631kNm$$

$$M_{z,Rd} = 59,100kNm$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{37,012}{2943,425} + \frac{36,766}{357,631} + \frac{61,067}{59,100} \leq 1$$

$$1,15 > 1 \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

8.1.6 Priechodnosť C3/20

⇒ Pre traťovú triedu C3/20 priechodnosť **nevyhovuje**.

8.2 Pričnik

Súčinitele zaťaženia zostávajú rovnaké, ako v prípade pozdĺžniku. Takže platí:

- $\gamma_{FG} = 1,16$
- $\gamma_{F,LM71} = 1,18$
- $\gamma_{F,w} = 1,18$

Dynamický súčiniteľ: $\Phi_{T1} = 1,22$

8.2.1 Návrhové vnútorné sily B2/20

| Koncový pričnik- v pravo bez vyztuhy-(obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|---|------------|--------------|------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|------------|------------------|------------|------------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | | | |
| | | Vlastná ťaha | Chodníky | Ostatné stálie | B2/20 | Rozjazdové sily-reduk | Bočný ráz | Vietor | | | |
| Pričnik | My [kNm] | -0,55 | 0,12 | -0,17 | -9,27 | 11,91 | | 0,82 | -6,34 | | |
| | Mz [kNm] | -0,15 | 0 | 0 | 2,64 | 8,11 | | 6,1 | 0,6 | | |
| | Vz [kN] | 1,59 | -0,44 | 0,36 | 21,9 | -19,38 | | 12,8 | 7,65 | | |
| | N [kN] | 0,66 | 0 | 0,16 | 30,93 | 64,9 | | 60,6 | 29 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| $M_{v,ED}$ | -5,3528936 | [kNm] | $M_{v,ED}$ | -5,009992 | [kNm] | $M_{v,ED}$ | -10,587374 | [kNm] | $M_{v,ED}$ | -11,553092 | [kNm] |
| $M_{z,ED}$ | 13,9324752 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 17,352444 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 12,9837552 | [kNm] | $M_{z,ED}$ | 16,166544 | [kNm] |
| $V_{z,ED}$ | 21,490522 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 24,46995 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 36,679482 | [kN] | $V_{z,ED}$ | 43,45615 | [kN] |
| N_{ED} | 152,106462 | [kN] | N_{ED} | 183,336348 | [kN] | N_{ED} | 150,076862 | [kN] | N_{ED} | 180,799348 | [kN] |

Obr. 8.3: Obálka max

8.2.2 Posúdenie pričniku B2/20

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = -5,010kNm$
- $M_{z,Ed} = 17,352kNm$
- $N_{Ed} = 24,470kN$
- $V_{Ed} = 183,336kN$

Uvádzam už len koncový výpočet: podrobný výpočet *vid' 4.3*

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = 2179,560kN$$

$$M_{y,Rd} = 276,857kNm$$

$$M_{z,Rd} = 20,970kNm$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{24,470}{2179,560} + \frac{5,010}{276,857} + \frac{17,352}{20,970} \leq 1$$

$$0,86 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

8.2.3 Priechodnosť B2/20

⇒ Pre traťovú triedu B2/20 priechodnosť vyhovuje.

8.2.4 Návrhové vnútorné sily C3/20

| Koncový priečnik- v pravo bez vyztuhy-(obalka-max) | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------|------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|------------|------------------|--------------|------------|-------|
| | | Konštrukcia | | | Doprava | | | Klíma | | | |
| | | Vlastná tiaha | Chodníky | Ostatné stálie | C3/20 | Rozjazdové sily-reduk | | Bočný ráz | Vietor | | |
| Priečnik | My [kNm] | -0,55 | 0,12 | -0,17 | -10,28 | 11,91 | | 0,82 | -6,34 | | |
| | Mz [kNm] | -0,15 | 0 | 0 | 2,94 | 8,11 | | 6,1 | 0,6 | | |
| | Vz [kN] | 1,59 | -0,44 | 0,36 | 23,89 | -19,38 | | 12,8 | 7,65 | | |
| | N [kN] | 0,66 | 0 | 0,16 | 29,73 | 64,9 | | 60,6 | 29 | | |
| Zaťažovacia skupina gr11 | | | | | Zaťažovacia skupina gr12 | | | | | | |
| Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | Kombinácia 6.10a | | | Kombinácia 6.10b | | | |
| $M_{y,Ed} =$ | -6,5160904 | [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | -6,463988 | [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | -11,75057 | [kNm] | $M_{y,Ed} =$ | -13,007088 | [kNm] |
| $M_{z,Ed} =$ | 14,2779792 | [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 17,784324 | [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 13,3292592 | [kNm] | $M_{z,Ed} =$ | 16,598424 | [kNm] |
| $V_{z,Ed} =$ | 23,7823652 | [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 27,334754 | [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 38,9713252 | [kN] | $V_{z,Ed} =$ | 46,320954 | [kN] |
| $N_{Ed} =$ | 150,724446 | [kN] | $N_{Ed} =$ | 181,608828 | [kN] | $N_{Ed} =$ | 148,694846 | [kN] | $N_{Ed} =$ | 179,071828 | [kN] |

Obr. 8.4: Obálka max

8.2.5 Posúdenie priečniku C3/20

Posudzujeme na vplyv týchto vnútorných síl:

- $M_{y,Ed} = -6,464kNm$
- $M_{z,Ed} = 17,784kNm$
- $N_{Ed} = 27,335kN$
- $V_{Ed} = 181,609kN$

Uvádzam už len koncový výpočet: podrobný výpočet *vid.4.3*

Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = 2179,560kN$$

$$M_{y,Rd} = 276,857kNm$$

$$M_{z,Rd} = 20,970kNm$$

Overíme únosnosť

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$
$$\frac{27,335}{2179,560} + \frac{6,464}{276,857} + \frac{17,784}{20,970} \leq 1$$
$$0,88 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

8.2.6 Priechodnosť C3/20

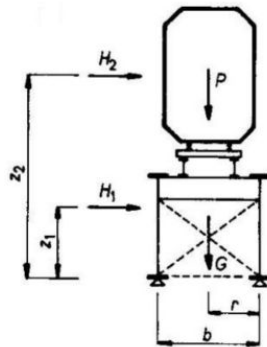
⇒ Pre traťovú triedu C3/20 priechodnosť **vyhovuje**.

POSÚDENIE STABILITY POLOHY

9.1 Teória

Vodorovné priečne sily môžu spôsobiť preklopenie konštrukcie a to zvlášť v prípade úzkych jednokoľajných mostov s hornou mostovkou. Aby konštrukcia bola bezpečná z hľadiska preklopenia, musí spĺňať podmienku

$$M_{stab} \geq M_{klop} \implies (G + P)r \geq H_1 z_1 + H_2 z_2.$$



Obr. 9.1: Stabilita proti preklopeniu

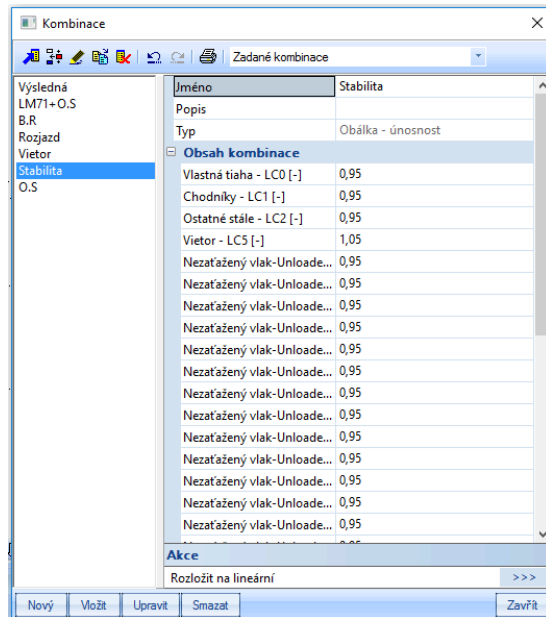
M_{stab} je stabilizujúci moment a M_{klop} je klopiaci moment. M_{stab} je daný vlastnou tiahou G a pohyblivým zaťažením P , ktoré pôsobia na ramene r . M_{klop} tvoria priečne vodorovné sily, ktoré reprezentujú v našom prípade zaťaženie vetrom. Pre vystihnutie najnepriaznivejšieho pôsobenia sa M_{stab} uvažuje s minimálnou návrhovou hodnotou a M_{klop} naopak s maximálnou návrhovou hodnotou. Podmienka získa tvar

$$\gamma_{G,min} * G * r + \gamma_{P,min} * P * r > \sum \gamma_{H,max} * H_i * z_i,$$

$$\gamma_{G,min} = \gamma_{P,min} = 0,95 \text{ a } \gamma_{H,max} = 1,05.$$

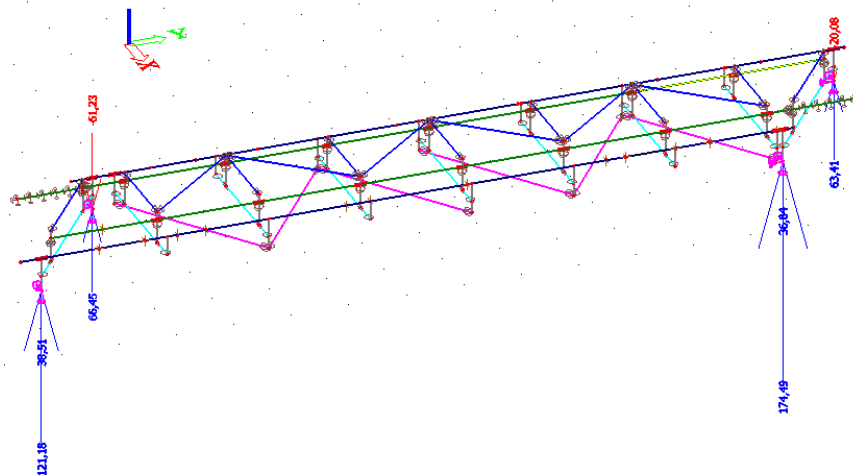
9.2 Posúdenie

Na posúdenie použijeme opäť výpočtový program Scia Engineer, kde sme vytvorili odpovedajúcu kombináciu s príslušnými parciálnymi súčinitelmi, ktoré sme brali z EQU. Medzi výsledkami z výpočtu nás



Obr. 9.2: Obsah kombinácie so súčinitelmi

budú zaujímať reakcie v podporách. Ak bude v podporách vznikaf ťah, môžeme tvrdiť, že nastal prípad straty stability polohy. Otázne je, či nesfúkne skôr samotný vlak. No existujú aj rôzne iné prípady, kde vlak je posunutý ku kraju a opretý o zábradlie, prípadne časť vlaku zarytá do podlahy chodníkov ap. *vid.obr. 8.4.*



Obr. 9.3: Obálka max a min reakcií v podporách

Rozhodujúca je obálka min, kde nám vyskočil ťah v podporách. V pohyblivej podpore pôsobí ťahová sila 61,23kN a v pevnej podpore 20,06kN.

⇒ **Podmienka straty stability** pre normovú rýchlosť vetru nevyhovuje.



Obr. 9.4: Ukážka mimoriadnej návrhovej situácie

ZÁVER

V rámci tejto práce sme vykonali výpočet na určenie zaťažiteľnosti z_{LM71} . Ďalej sme overovali prechodnosť a taktiež posúdili stabilitu. Treba opätovne pripomenúť, že výpočet bol vykonaný na základe teórie pružnosti.

Na základe výsledkov z podrobnej analýzy vykonanej v rámci statického výpočtu, boli u danej konštrukcie zistené konštrukčné nedostatky. Tieto nedostatky sú dané poznaním a možnosťami v dobe jej vzniku.

Zistili sme, že pozdĺžnik a priečnik v miestach uloženia sú premáhané. Tieto prierezy sú v kritických miestach poddimenzované vzhľadom k návrhovej situácii. Rozhodujúcim zaťažovacím stavom sú rozjazdové sily. Treba povedať, že na danom mieste je malá pravdepodobnosť toho, že by nastala návrhová situácia, kde by vlak stál priamo na moste a náhle akceleroval. Usudzujeme tak na základe, že táto trať je regionálna a nepatrí do žiadneho významného koridoru, kde býva vysoká frekvencia premávky. Ďalej v daných miestach nie je žiadne priecestie, kde by z nejakých dôvodov bol rušňovodič nútený vlak zastaviť a tým zostať stáť na moste, čo by opätovne spôsobilo akceleráciu.

V ďalšej časti sa nepodarilo preukázať spoľahlivú a bezpečnú prechodnosť pre aktuálnu traťovú triedu B2/60 a tým pádom nevyšla ani požadovaná traťová trieda C3/60, ktorá súvisí so zvýšením traťovej triedy v celom úseku. Treba dodať, že rozdiel v namáhaní prierezu od B2/60 a C3/60 je minimálny, pretože rozhodujúcim zaťažovacím stavom je rozjazd.

Na konci sme počítali stratu stability polohy mostu, čiže preklopenie. Návrhová situácia prázdne vozne a normový vietor nám, ako sme čakali nevyšla. V podporách vzniká ťah. Avšak táto téma je diskutabilná, vzhľadom k stabilite samotného vlaku počas normového vetru.

Ku konštrukčným opatreniam sa nebudeme vyjadrovať, keďže to nebolo predmetom práce.

LITERATÚRA

- [1] Rotter T., Studnička J.: *Ocelové konstrukce 30-ocelové mosty*, ČVUT, Praha 2001, ISBN 978-80-010-2380-8
- [2] Kvočák V., Vičan J. a kol.: *Navrhovanie ocelových mostov podľa európskych noriem*, Technická univerzita v Košiciach, Košice 2013, ISBN 978-80-553-1614-7
- [3] Macháček J. a kol.: *Navrhování ocelových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8*, Informační centrum ČKAIT, Praha 2009, ISBN 978-80-87093-86-3
- [4] Studnička J., Medřický V.: *Ocelové a dřevěné konstrukce 10*, ČVUT, Praha 2001, ISBN 80-01-01891-1
- [5] Sokol Z., Wald.F.: *Ocelové konstrukce-tabulky*, ČVUT, Praha 2013, ISBN 978-80-01-04655-5
- [6] Ryjáček P.: *Ocelové mosty. Cvičení*, ČVUT, Praha 2015, ISBN 978-80-01056-72-1
- [7] ČSN EN 1991-1-1: *Eurokód 1:Zatížení konstrukcí-Část 1-1: Obecná zatížení-Objemové tíhy, vlastní tíha a úžitná zatížení pozemních staveb*
- [8] ČSN EN 1991-1-4: *Eurokód 1:Zatížení konstrukcí-Část 1-4: Obecná zatížení-zatížení větrem*
- [9] ČSN EN 1991-2: *Eurokód 1:Zatížení konstrukcí-Část 2: Zatížení mostů dopravou*
- [10] ČSN EN 1993-1-1: *Eurokód 3:Navrhování ocelových konstrukcí-Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*
- [11] ČSN EN 1993-1-5: *Eurokód 3:Navrhování ocelových konstrukcí-Část 1-5: Obecná pravidla-boulení stěn*
- [12] ČSN EN 1993-2: *Eurokód 3:Navrhování ocelových konstrukcí-Část 2: Ocelové mosty*
- [13] *Novelizace směrnice pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů, SŽDC*
- [14] *Protokol o podrobné prohlídce, 2015*

Prílohy a odkazy na použité obrázky

- Príloha č.1-*Priečny rez*
- Obrázok 2.7-*Protokol o podrobné prohlídce, SŽDC 2015*
- Obrázok 3.15 - *http : //svf.uniza.sk/kskm/web/prednasky/bc/znzk/04_STN_EN_1991 – 1 – 4.pdf*
- Obrázok 3.18 - *http : //svf.uniza.sk/kskm/web/images/pomocky/bac/KM/pomocka_zatazenie_dopravou.pdf*
- Obrázok 3.19 - *http : //svf.uniza.sk/kskm/web/images/pomocky/bac/KM/pomocka_zatazenie_dopravou.pdf*
- Obrázok 3.27 - *http : //svf.uniza.sk/kskm/web/images/pomocky/bac/KM/pomocka_zatazenie_dopravou.pdf*
- Obrázok 9.4 - *http : //svf.uniza.sk/kskm/web/prednasky/bc/znzk/10_Zeleznicne_mosty.pdf*