



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

MOST CEZ RIEKU RAJČANKA

BRIDGE OVER THE RAJČANKA RIVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Kavecký

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jakub Kavecký
Název	Most cez rieku Rajčanka
Vedoucí práce	Ing. Josef Panáček
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry

Základní normy:

ČSN 73 6201: Projektování mostních objektů

ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady

Literatura: na základě doporučení vedoucího práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Místo stávajícího mostního objektu zpracujte dvě až tři studie nového mostu o jednom poli včetně jejich zhodnocení.

Dále se zaměřte na návrh monolitické nebo spřažené nosné konstrukce z předpjatého betonu. Most můžete prodloužit v podélném směru. Výškové úpravy nivelety, dna řeky nebo hladiny stoleté vody jsou možné. Most může být navržen kolmý a přímý.

Dimenzování proveďte metodou mezních stavů v rozsahu stanoveném vedoucím práce.

Ostatní úpravy nebo změny provádějte se souhlasem vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní resp. technickou zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Podklady, studie a vizualizace

P2. Přehledné a podrobné výkresy zvoleného návrhu mostu

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

ABSTRAKT

Cieľom bakalárskej práce bolo navrhnuť most cez rieku Rajčanka. Most je jednoložový s kolmým krížením vodného toku. Boli vypracované 3 varianty, z ktorých jeden bol predmetom práce. Pre podrobné posúdenie bol vybraný variant s prefabrikovanými dodatočne-predpätými nosníkmi spriahnutými betónovou doskou. Pri návrhu boli vytvorené statické modely v programe Scia Engineer 19.1 a IDEA StatiCa. Vnútorne sily a kombinácie zaťažení boli zostavené so zahrnutím časovo závislej výstavby a reologických javov. Posudky boli spracované ručným výpočtom v súlade s Eurokódom. Klimatické vplyvy, vietor a sneh, ako aj brzdné sily boli zanedbané.

KLÍČOVÁ SLOVA

Časovo závislá analýza, fázy výstavby, dodatočné predpätie, prefabrikované nosníky, statický model

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis was to design a bridge over the Rajčanka river. The bridge is single field with perpendicular crossing of the watercourse. Three variants were created, one of which was the subject of thesis. For a detailed dimensioning, a variant with prefabricated additional-prestressed beams coupled with a concrete slab was selected. The static models were created in software SCIA Engineer 19.1 and IDEA StatiCa. Internal forces and load combinations were compiled including time-dependent construction and rheological phenomena. The reports were processed by manual calculation, according with the Eurocode. Climatic influences, such as wind and snow, as well as braking force have been neglected.

KEYWORDS

Time dependent analysis, construction phases, post-tensioned, prefabricated beams, statical model

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jakub Kavecký *Most cez rieku Rajčanka*. Brno, 2021. 23 s., 124 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Josef Panáček

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Most cez rieku Rajčanka* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2021

Jakub Kavecký
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Most cez rieku Rajčanka* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

Jakub Kavecký
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Týmto by som chcel poďakovať môjmu vedúcemu práce pánovi Ing. Josefovi Panáčkovi za cenné pripomienky a rady, ktorými má usmerňoval tým správnym smerom počas celej práce.

V neposlednom rade chcem poďakovať svojej rodine, priateľom a spolužiakom za podporu počas celého štúdia.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

SPRIEVODNÁ SPRÁVA

MOST CEZ RIEKU RAJČANKA

BRIDGE OVER THE RAJČANKA RIVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Kavecký

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2021

Obsah

1. Úvod	11
2. Všeobecná časť.....	11
2.1. Identifikačné údaje	11
2.2. Základné údaje o moste.....	11
2.3. Charakteristiky mostu	12
3. Most a jeho umiestnenie	12
3.1. Charakter prevádzanej komunikácie a prekážky	12
3.2. Územné podmienky.....	12
3.3. Inžinierske siete	12
4. Štúdie	12
4.1. Štúdia A.....	12
4.2. Štúdia B.....	13
4.3. Štúdia C.....	13
4.4. Vybraná štúdia pre podrobné spracovanie: Štúdia C	13
5. Technické riešenie mostu.....	14
5.1. Spodná stavba.....	14
5.2. Nosná konštrukcia	14
5.3. Uloženie mostu	14
5.4. Mostné závery	15
5.5. Rímsy.....	15
5.6. Vozovka.....	15
5.7. Odvodnenie.....	15
6. Statické riešenie	15
6.1. Zaťažovacie stavy	15
6.1.1. Stále a ostatné stále zaťaženie	15
6.2. Dimenzačné veličiny	16
6.3. Kombinácie zaťažení.....	17
6.4. Návrh predpätia.....	17
7. Posudky.....	17
7.1. MSP-Obmedzenie napätí	17
7.2. MSÚ- Ohyb	17
7.3. MSÚ-Priečny ohyb.....	18
7.4. MSÚ-Šmyk	18

7.5.	MSÚ-Pozdĺžny šmyk.....	18
7.6.	MSÚ-Priečnik.....	18
8.	Materiály.....	19
8.1.	Betón.....	19
8.2.	Predpínacia výstuž.....	19
8.3.	Betonárska výstuž.....	19
9.	Postup výstavby.....	19
10.	Záver.....	21
11.	Zoznam použitých zdrojov.....	22
11.1.	Literatúra a skriptá.....	22
11.2.	Normy a vzorové listy.....	22
11.3.	Internetové stránky.....	22
12.	Zoznam príloh.....	23
12.1.	Podklady, štúdie a vizualizácia.....	23
12.2.	Prehľadné a podrobné výkresy mostu.....	23
12.3.	Statický výpočet.....	23

1. Úvod

Podľa zadania bakalárskej práce je riešený most cez rieku Rajčanka na katastrálnom území obce Poluvsie-Rajecké Teplice. Účelom mosta je prevedenie dopravy na ceste I/64 medzi Žilinou a Rajeckými Teplicami ponad rieku Rajčanka. Tento most sa nachádza v extraviláne medzi obcami Poluvsie a Porúbkou. Zdôvodnenie rekonštrukcie mosta a príslušných úsekov je ich nevyhovujúci stavebno-technický stav. Stav mosta je havarijný a preto treba vyhotoviť návrh na novú nosnú konštrukciu. Prevádzaná pozemná komunikácia (PK) je 1. triedy, s kategória PK S7,5. V rámci tejto práce boli vypracované 3 predbežné návrhy riešenia, štúdie, z ktorých bola vybraná možnosť C Prefabrikované široko pätné nosíky so spriahnutou železobetónovou doskou. Staticky je riešená iba hlavná nosná konštrukcia mostu. Vplyvy brzdoých a rozjazdoých síl od premenného zaťaženia, vplyv vetru a snehu od klimatických účinkov sú v práci zanedbané.

2. Všeobecná časť

2.1. Identifikačné údaje

▪ Názov stavby:	Betónový most
▪ Katastrálne územie:	Poluvsie-Rajecké Teplice, extravilán
▪ Obec:	Poluvsie-Rajecké Teplice
▪ Kraj:	Žilinsky
▪ Typ komunikácie:	1. trieda/64
▪ Evidenčné číslo mostu:	most 104
▪ Prekážka premostenia:	vodný tok
▪ Študent:	Jakub Kavecký
▪ Vedúci práce:	Ing. Josef Panáček

2.2. Základné údaje o moste

▪ Dĺžka premostenia:	22,20 m
▪ Dĺžka mostu:	34,59 m
▪ Dĺžka nosnej konštrukcie:	24,00 m
▪ Rozpätie mostu:	23,00 m
▪ Šikmosť mostu:	$90^{\circ}=100^{\circ}$
▪ Šírka vozovky medzi obrubníkmi	8,50 m
▪ Šírka mostu:	10,30 m
▪ Šírka nosnej konštrukcie:	9,90 m
▪ Šírka medzi zábradliami:	8,50 m
▪ Priechy sklon vozovky:	2,50 % (strechovitý)
▪ Pozdĺžny sklon mostu:	2,00 % (stúpa v smere staničenia)
▪ Plocha mostu:	$34,59 \cdot 8,50 = 294,02 \text{ m}^2$
▪ Nosná konštrukcia mostu:	Prefabrikované široko pätné nosíky so spriahnutou ŽB doskou

2.3. Charakteristiky mostu

Podľa druhu prevádzanej komunikácie:	pozemná komunikácia
Podľa prekážky:	vodný tok
Podľa počtu poľí:	most s jedným poľom
Podľa úrovne mostovky:	s hornou mostovkou
Podľa presypávky:	bez presypávky
Podľa návrhovej doby:	trvalý
Podľa smerového vedenia trasy:	v priamej
Podľa uhlu kríženia:	kolmý, 100 ^g
Podľa členitosti nosnej konštrukcie:	trámový most
Podľa voľnej výšky:	bez obmedzení výšky

3. Most a jeho umiestnenie

3.1. Charakter prevádzanej komunikácie a prekážky

Prevádzaná komunikácia prvej triedy I/64. Smerové vedenie pozemnej komunikácie je v priamej. V pozdĺžnom smere most stúpa 2,00 % v smere staničenia (smer Rajecké Teplice-Žilina). V priečnom smere je na celej ploche mostu strechovitý sklon 2,50 %. Šírkové usporiadanie rešpektuje nadväzujúce šírkové usporiadanie komunikácie. Voľná šírka medzi obrubníkmi=voľná šírka medzi zvodidlami a má hodnotu 8,50 m. Prekážku tvorí vodný tok rieky Rajčanka, ktorej bežná výška hladiny má približnú hodnotu 0,504 m. Hodnotu prietoku $Q_{100}=136,0\text{m}^3/\text{s}$ odpovedá výška hladiny 2,157 m. Nad touto návrhovou úrovňou je minimálna výška 1,71 m.

3.2. Územné podmienky

Navrhovaný mostný objekt sa nachádza v extraviláne medzi obcami Poluvsie-Rajecké Teplice a Porúbkou. Nadmorská výška v mieste kríženia mostu a vodného toku je 392,432 m n.m. podľa výškového systému BPv.

3.3. Inžinierske siete

Realizácia stavby si nevyžiada žiadne preložky inžinierskych sietí.

4. Štúdie

4.1. Štúdia A

Nosná konštrukcia je tvorená monolitickým doskotrámom. Výška v ose mostu je 1,35 m pričom v mieste pod rímsami je hrúbka 0,30 m. Výška sa mení zošikmením v sklone 2:1 na vzdialenosti 0,88 m, nasleduje zaoblenie o polomere 1,00 m kde sa stretne s klesajúcou spodnou hranou pri sklone 4%. Šírka doskotrámu pri uložení je 3,50 m, kde sú ložiská vzdialené 2,50 m. Rímsy sú zhotovené ako monolitické a rímsový prefabrikát ktorý je ukotvený do nich. Táto štúdia nie je vhodná pre realizáciu z dôvodu náročnosti debnenia a zhotovenia skruží nad vodným tokom a tiež nevhodnosti oproti štúdií C.

4.2. Štúdia B

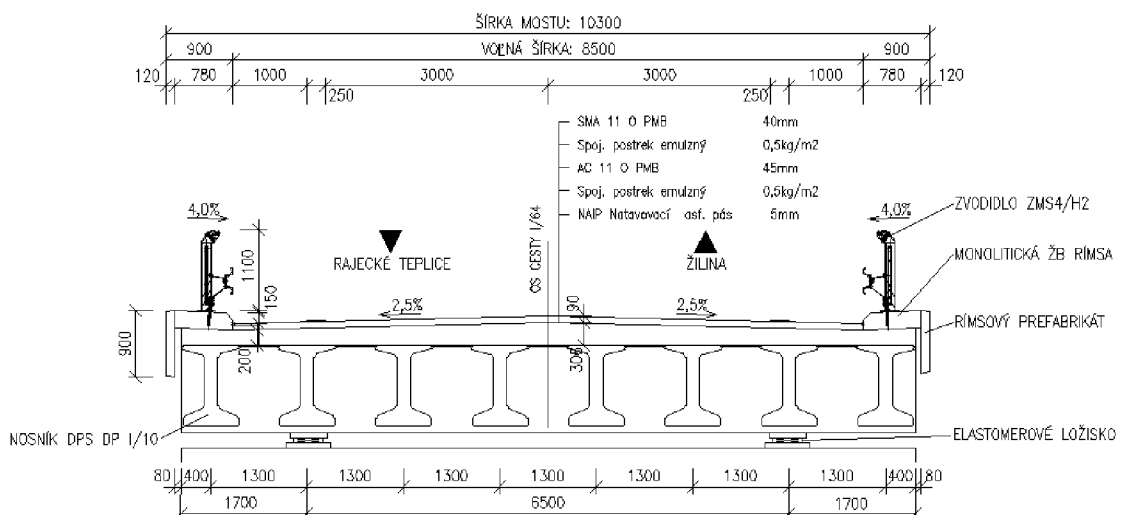
Nosnú konštrukciu tvorí monolitický dvojtrám. Výška trámov nad miestom uloženia je 1,24 m pričom hrúbka dosky pod osou mostu je 0,35 m a pod rímsami 0,30 m. Jeden trám má šírku pri uložení 1,80m. Vzďialenosť ložísk je 4,96 m. Spodná hrana nosnej konštrukcie je so uvažovaná so zaobleniami pre estetické požiadavky. Táto štúdia nie je vhodná pre realizáciu z dôvodu náročnosti debnenia a zhotovenia skruží nad vodným tokom.

4.3. Štúdia C

Nosná konštrukcia pozostáva z prefabrikovaných dodatočne-predpäťých nosníkov so širokou päťou ktoré sú monoliticky spojené, spriahnuté, železobetónovou doskou v maximálnej hrúbke 0,306 m. Hrúbka dosky na okraji vozovky je 0,200 m. Výška nosníkov je 1,100 m, kde šírka hornej príruby je 0,800m a dolnej 0,750m. Šírka stojiny je 0,180m. Uloženie je nepriame pomocou koncových priečnikov ktoré sú uložené na elastomérové ložiská v osovej vzdialenosti 6,50 m a 1,70 m od okrajov priečniku.

4.4. Vybraná štúdia pre podrobné spracovanie: Štúdia C

Pre podrobné spracovanie a dimenzovanie bola zvolené štúdia C na základe časového hľadiska a úspory času. Mostný objekt sa nachádza na ceste 1. triedy ktorá je ako jediná komunikácia spojená priamo na trase Rajecké Teplice - Žilina a tým plní významnú úlohu. K variante C sa pristúpilo tiež vzhľadom na typ premošťovanej prekážky, vodný tok, kde by bolo náročné zhotovovanie debnenia potrebné pre monolitické varianty. Týmto sme sa tiež vyhli komplikáciám spojeným so zvyšovaním hladiny pri privalových dažďoch.



5. Technické riešenie mostu

5.1. Spodná stavba

Pri návrhu sa vychádza z pôvodného riešenia kde je most založený na železobetónových operách, ktoré sú uložené na základových pätkách. Výška drieku opery je 2,20 m, dĺžka 9,90 m a hrúbka je 1,80 m. Opery sú z betónu C30/37-XC4, XD2, XF2. Základová opery má výšku 1,00 m a šírku 3,30 m. Vrchný povrch má sklon 4,0 % smerom od drieku opery. Pod základom opery je podkladný betón C12/15-XC2 v hrúbke 0,15 m. Za operami nadväzujú monolitické dilatované krídla na vlastných základoch. Krídla sú navrhnuté z betónu C20/25-XF2. Za operou je zriadená prechodová doska v dĺžke 5,00 m a s hrúbkou dosky 0,30 m z betónu C30/37-XD3, XF4.

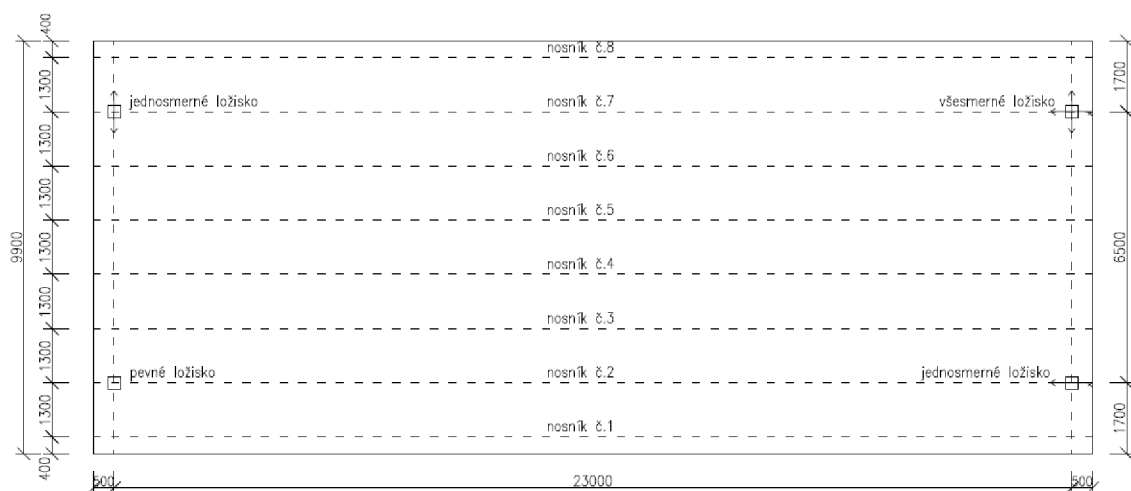
Rozmery spodnej stavby sú navrhnuté na základe konštrukčných zásad a podkladov z cvičení. Spodná stavba nie je dimenzovaná ani posudzovaná.

5.2. Nosná konštrukcia

Hlavnú nosnú konštrukciu tvorí 8 prefabrikovaných dodatočne-predpäté širokopätných nosníkov z betónu C45/55-XC4, XD1, XF2. Dĺžka nosníkov je 23,50 m, ale po vybetónovaní priečnikov bude celková dĺžka nosnej konštrukcie 24,00 m. V každom nosníku sa nachádzajú 2 predpínacie káble po 7 lán. Presný typ predpínacej výstuže je Y-1860 S7-15,7. Výška nosníkov je 1,10 m, šírka stojiny je 0,18 m, šírka hornej príruby je 0,80 m a šírka spodnej príruby je 0,75 m. Po ich uložení bude nasledovať sprahovanie nosníkov betónovou doskou z betónu C30/37-XC4, XD1, XF4. Súčasne s doskou budú betónované aj koncové priečniky.

5.3. Uloženie mostu

Uloženie nosnej konštrukcie je zabezpečené pomocou elastomerových stavebných ložísk od výrobcu SVP s rozmermi 400x500 mm a únosnosťou 3000 kN. Na každej strane sú použité 2 ložiská. Na nižšie položenej opere, ľavobrežnej, je použité jedno pevné a jedno jednosmerné ložisko. Na vyššie položenej opere, pravobrežnej, je použité jednosmerné a všesmerné ložisko.



5.4. Mostné závery

Konstruácií je umožnené dilatovať iba smerom k pravobrežnej opere, v smere staničenia. Nad touto operou je navrhovaný elastický záver od výrobcu Freyssinet CIPEC JEP 5, ktorý umožňuje dilatáciu 50 ± 25 mm.

5.5. Rímasy

Na moste je navrhnutá kombinácia monolitických a prefabrikovaných ríms. Monolitické rímasy sú z betónu C30/37-XD3, XF4 v šírke 0,78 m a v spáde 4,0 % smerom k vozovke. Do monolitickej rímasy je zakotvené zábradlie spojené so zvodidlom ZMS4/H2. Výškový rozdiel rímasy a vozovky je 0,15 m. Železobetónové mostné rímsové prefabrikáty Doprastav RH-H/L C35/45-XD3, XF4 výšky 0,90m a hrúbky 0,12m. Rímsové prefabrikáty majú zvislé vzorkovanie a tým vytvárajú lepší architektonický pohľad na zasadenie do krajiny.

5.6. Vozovka

Skladba vozovky je navrhnutá podľa ČSN 73 6242-Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací.

▪ SMA 11 O PMB	40 mm
▪ Spojovací postrek emulzný	0,50 kg.m ⁻²
▪ AC 11 o PMB	45 mm
▪ Spojovací postrek emulzný	0,50 kg.m ⁻²
▪ <u>Natavovací asf. pás NAIP</u>	<u>5 mm</u>
Celková hrúbka vozovky	90 mm

5.7. Odvodnenie

Odtok vody z povrchu vozovky je zabezpečený pomocou pozdĺžneho a priečného sklonu. Pozdĺžny sklon má hodnotu 2,0 % čo je dostatočná hodnota na odvádzanie vody. Na moste sú navrhnuté tiež odvodňovače ktoré majú za úlohu z povrchu vozovky stiahnuť vodu. Opery sú odvodnené drenážnymi trubkami DN150 s pozdĺžnym sklonom 3,0 % a vyústením na spevnený breh rieky Rajčanky.

6. Statické riešenie

6.1. Zaťažovacie stavy

Vozovka má voľnú šírku 8,50 m. Šírka mostu sa rozdelí do dvoch pruhov po zhodnej šírke 3,0m a zvyšku širokého 2,50 m.

6.1.1. Stále a ostatné stále zaťaženie

Pri návrhu bolo uvažované s vlastnou váhou pri mernej hmotnosti monolitického betónu 25 kN/m^3 ostatné stále zaťaženie kombináciou monolitických a prefabrikovaných ríms, vrstvami vozovky a záchytným systémom.

6.1.2. Premenné zaťaženia

Pri návrhu sa uvažovalo so zaťažovacími skupinami LM1 a LM3. Zaťažovaciu skupinu LM4 sme neuvažovali z dôvodu umiestnenia mostu v extraviláne.

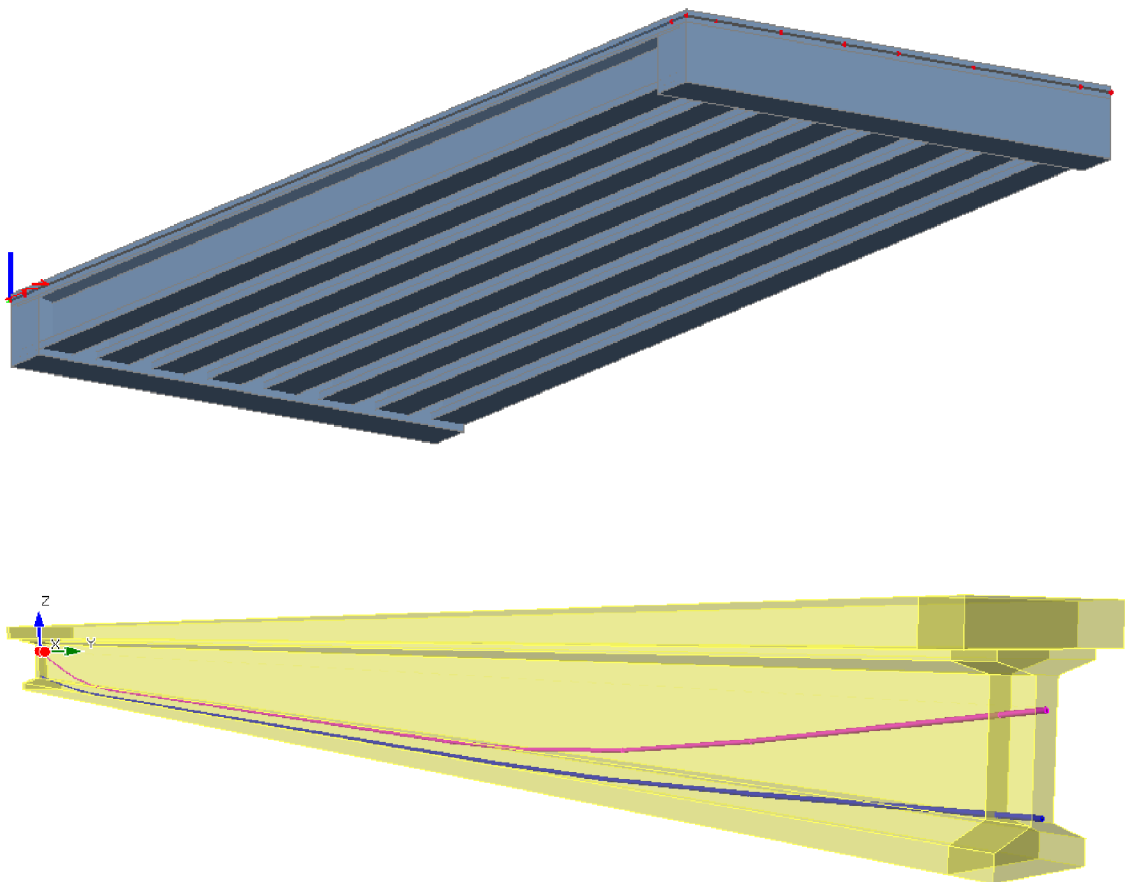
LM1 sa skladá z TS (tandem systém) ktorý zaťažuje 2 pruhy hodnotami nápravových síl 300 kN a 200kN a UDL (spojité zaťaženie) na celej ploche vozovky a to pre prvý pruh s hodnotou 9 kN/m, pre druhý pruh 6 kN/m a zvyšok s hodnotou 3 kN/m.

6.2. Dimenzačné veličiny

Pre návrh a získanie vnútorných síl od ostatného stáleho zaťaženia a premenného zaťaženia od dopravy bol vytvorený prvý model v programe SCIA Engineer 19.1.

Tento model je obecný priestorový XYZ a tvorí ho doska so spriemerovanou výškou 0,248 m s rebrami v osovej vzdialenosti 1,30 ktoré sú nepriamo uložené koncovými priečnikmi na elastomérové ložiská. Obecný model konštrukcie slúži na získanie účinkov zaťaženia na jednotlivé nosníky.

Z druhého rovinného modelu v programe IDEA StatiCa boli preberané účinky vlastnej tiaže/predpätia a reologických javov vyvedené na jeden nosník. Tento nosník je v jednotlivých fázach výstavby priťažovaný ekvivalentnými účinkami ostatného stáleho zaťaženia alebo účinkami od dopravy. Konkrétne hodnoty ktoré simulovali priťaženie nosíku sú z kombinácie zaťaženia vyvodzujúce maximálny ohybový moment čo bol nosník číslo 2.



6.3. Kombinácie zaťažení

Takto zistené hodnoty účinkov od zaťaženi boli kombinované podľa rovníc pre medzný stav únosnosti podľa ČSN EN 1990, s použitím príslušných kombinačných súčiniteľov γ_q , ψ_i a ξ ktorý sa vyskytuje v kombinačnej rovnici 6.10b. Pre MSÚ boli zostavené všetky kombinácie-charakteristická, časť a kvázistála, v čase t_{∞} na ktoré sa dimenzovali príslušné prvky. Pre vozovku v zaťažovacom stave ostatné stále stále zaťaženie boli použité hodnoty supremum. Pri účinkoch od zvláštneho vozidla a zahrnutí ho do kombinácií boli hodnoty prenasobené súčiniteľom $\varphi=1,25$ ktorý zohľadňuje účinky od vozidla pohybujúceho sa rýchlosťou nad 5km/h a pod rýchlosť 70 km/h.

6.4. Návrh predpätia

Návrh predpätia vychádzal z návrhu vyrovnávania účinkov od stálych zložiek zaťaženi. Pôvodne bolo predpätie navrhnuté na vyrovanie 100% účinkov stálych zložiek zaťaženia. Po prebraní dlhodobých strát sa zvýšil počet lán zo 6 na kábel na 7 na kábel. Týmto zvýšením počtu lán došlo k zefektívneniu návrhu kotvy. Ďalší následok zvýšenia počtu lán je zvýšenie tlakového napätia v čase po predpínaní vo fáze 2, respektíve krátko po tejto fáze.

Trasovanie káblov bolo ba základe priebehu ohybového momentu od vyrovnávaných zložiek. Krátkodobé aj dlhodobé straty boli prebrané z programu IDEA StatiCA.

7. Posúdenia

7.1. MSP-Obmedzenie napätí

Pre posúdenie medzného stavu použiteľnosti boli overené napätie vo výstuži a betóne v programe IDEA StatiCa. Posúdenie bolo v každej fáze výstavby, pričom vo fáze 8-začiatok prevádzky a vo fáze 9-koniec návrhovej životnosti boli urobené posúdenia na všetky 3 kombinácie zaťaženi. Pri posudkoch fáz výstavby pred vekom betónu nosníka 28 dní je zohľadnená znížená pevnosť betónu v tlaku aj ťahu v závislosti na veku.

Najkritickejšia fáza od tlakového napätia je druhá fáza kedy je vnesené predpätie. Pri posúdeniach na ťahové napätie nevyhovie iba charakteristická kombinácia na konci návrhovej životnosti, druhý obrázok vykresľuje napätia po vzniku trhlin kedy vylučuje ťahom namáhanú časť prierezu.

7.2. MSÚ- Ohyb

Nosník sme posudzovali v pozdĺžnom smere na medzné stavy únosnosti a teda na ohyb. Dimenzovanie a posudok na ohyb bol počítaný ručne so zahrnutím vplyvu fázovej výstavby a reologických javov.

Betonárska výstuž bola dimenzovaná na prenos zvyšnej časti návrhovej hodnoty ohybového momentu ktorý nepreniesla predpínaná výstuž. Kombinácia zaťaženia bola braná v čase na konci životnosti kedy je predpätie po dlhodobých stratách. Na každý nosník pripadajú 4xØ22 mm.

7.3. MSÚ-Priečny ohyb

V priečnom smere bola konštrukcia dosky posudzovaná na priečny ohyb kde dimenzačné hodnoty ohybových momentov boli prevzané z 3D obecného modelu. Maximálnu hodnotu ohybových momentov na dolných vláknach vyvodila kombinácia 6.10b pre zostavu zaťaženia gr5 s hodnotou $M_{Ed} = 77,45$ kNm. Maximálnu hodnotu dimenzačného momentu na horných vláknach dosky vyvodila kombinácia 6.10b pre zostavu zaťaženia gr5 s hodnotou $M_{Ed} = 14,76$ kNm kde zvláštne vozidlo bolo vzdialené osy mostu 0,50 m.

7.4. MSÚ-Šmyk

Posudok na šmyk bol počítaný bez uvažovania nábehov a rozšírenej časti stojiny v kotevnej oblasti. Pre stanovenie dimenzačných hodnôt posúvacej sily V_{Ed} sme od kombinácie posúvacej sily odčítali účinky predpätia. Najnepriaznivejšie účinky sú z rovnice 6.10b pre sústavu zaťaženie gr1a. Posúdenie na posúvajúce sily bolo rozdelené po častiach, určenie vzniku trhliny a následné posúdenie únosnosti betónového prierezu so vznikom a bez vzniku trhlín. Na celom priereze bola navrhnutá šmyková výstuž v dvoch rôznych úsekoch. Boli navrhované 2-strižné strmienka. Prvý úsek je od začiatku/konca nosníka do vzdialenosti $x=5,62$ m od príslušného konca vo vzdialenosti $s=330$ mm. V druhom úseku $x=(5,62; 17,88)$ m konštrukčne po 400 mm.

7.5. MSÚ-Pozdĺžny šmyk

Posúdenie na pozdĺžny šmyk bolo vykonané vo fáze 4.-betonovanie spriahnutej dosky a priečniku a v 9.-začiatok prevádzky.

Pri posúdení v 4. fáze je kritický prierez na hrane stojiny a príruby pri hornom povrchu. Šírka hornej príruby bez oslabených koncov je 0,74 m a hrúbka stojiny 0,18 m. Pri posúdení sú zanedbané nábehy a rozšírenie pre kotevnú oblasť.

Pri posúdení v 9. fáze sú uvažované dva kritické prierezy. Prvým je hrana stojiny a príruby a druhým vyšetrovaným miestom je len doska na vonkajšom kraji príruby.

Z posúdenia na súčet účinkov nosník nevyhovel len na úseku do $x=2,75$ m kde bola navrhnutá horná výstuž ako $\emptyset 10$ mm á 100 mm. Navrhnutá výstuž nahradila hornú výstuž dosky $\emptyset 8$ mm á 200 mm.

7.6. MSÚ-Priečnik

Koncový priečnik je betónovaný spolu s doskou a tvorí nepriame uloženie nosníkov na elastomerové ložiská. Priečnik bol modelovaný ako nosník s previslými koncami ktorý bol zaťažený v miestach uloženia nosníkov ich reakciami. Veľkosť reakcií bola stanovená z rovnice 6.10b pre zostavu zaťaženia gr5. Model v SCIA Engineer 19.1 má šírku 1,000 m, výšku 1,470 m a dĺžku 9,900 m. Podpory sú v miestach os ložísk a to vždy 1,700 m od príslušného okraja nosníku.

Pri dimenzovaní na ohyb treba vydimenzovať na dolnom povrchu moment uprostred priečnika, pri hornom povrchu dimenzujeme na nadpodporový moment.

Dolný povrch na ohyb je vystužený 16xØ20 mm, horný povrch je vystužený na ohyb 8xØ16 mm.

Pri šmyku treba zohľadniť vznik možného krútenia, zahrnuli sme to do výpočtu zväčšením posúvajúcej sily o 10%.

Boli navrhnuté 4-strižné strmienky Ø10 á 325 mm. Výstuž proti odtrhnutiu dolného líca bola navrhnutá ako 4-strižné strmienky Ø10.

8. Materiály

8.1. Betón

- | | |
|------------------------|----------------------|
| ▪ Prefabrikovaný nosík | C45/55-XC4, XD1, XF2 |
| ▪ Spriahnutá doska | C30/37-XC4, XD3, XF4 |
| ▪ Koncový priečnik | C30/37-XC4, XD3, XF4 |
| ▪ Rímsy | C30/37-XC4, XD3, XF4 |
| ▪ Úložný prah | C30/37-XC4, XD2, XF2 |
| ▪ Opera | C30/37-XC4, XD2, XF2 |
| ▪ Základ opery | C20/25-XC2, XD2, XF2 |
| ▪ Krídlo | C20/25-XC2, XD2, XF2 |
| ▪ Pokladaný betón | C12/15-XC2, XA1 |

8.2. Predpínacia výstuž

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| ▪ Kábel- označenie | Y-1860-S7-15,7 |
| ▪ Kanáliky | plastová hadica Plyduct |
| ▪ Krytie predpínacej výstuže | 60 mm |
| ▪ Kotvy | Freyssinet typ 7C15 |

8.3. Betonárska výstuž

- | | |
|---|-------|
| ▪ Trieda oceli | B500B |
| ▪ Krytie strmeňov | 50 mm |
| ▪ Krytie pozdĺžnej výstuže | 60 mm |
| ▪ Krytie výstuže v doske | 60 mm |
| ▪ Krytie strmeňov na spriahnutej ploche | 15 mm |

9. Postup výstavby

- Odstránenie súčasného mostného objektu
- Zemné práce a výkopové práce
- Podkladný betón pre základy opier a krídel
- Debnenia/armovanie/pokládka betónovej zmesi pre základové konštrukcie pod operami a krídlami
- Debnenia/armovanie/pokládka betónovej zmesi driekov opier a mostných krídel
- Debnenia/armovanie/pokládka betónovej zmesi úložných prahov a podložiskových blokov
- Izolovanie opier, postupné prisypávanie materiálu za opery a hutnenie
- Vybudovanie odvodnenia rubu opery

- Zhotovenie montážnych podpôr pre uloženie nosníkov
- Osadenie ložísk
- Transport a osadenie nosníkov na montážne podpory
- Debnenia/armovanie/pokládka betónovej zmesi dosky a priečnikov
- Osadenie mostných záverov
- Vyhotovenie prechodovej dosky
- Izolovanie a betonáž monolitických mostných ríms
- Osadenie odvodnenia mostu
- Pokládka vrstiev vozovky
- spevnenie brehov a koryta rieky
- Vyvedenie drenáží
- Terénne úpravy svahov
- Osadenie záchytných zariadení

Pri návrhu konštrukcie postupne budovanej bola urobená časovo závislá analýza v programe IDEA StatiCa.

Číslo fázy	Čas [deň]	Popis
1	0	Betonáž nosníku
2	5	Skládka+napínanie 1. a 2. kábla
3	15	Uloženie na montážne podpory
4	28	Betonáž spriah. dosky a priečnikov
5	37	Predpokladané spriahnutie
6	42	Uloženie na ložiská
7	70	Ostatné stále zaťaženie
8	90	Začiatok prevádzky
9	36500	Koniec životnosti

10. Záver

Cieľom práce bolo vytvoriť návrh jednopoložového proste-uloženého mostu na komunikácii I/64. Most prekonáva vodný tok, rieku Rajčanku.

Z vytvorených variant bola vybraná variant C ktorá bola predmetom tejto práce. Jedná sa o prefabrikované dodatočne-predpäté nosníky spriahnuté s betónovou doskou. K variante sa pristúpilo pretože je najmenej náročný z časového hľadiska výstavby a tiež pre zjednodušenie vytvárania debnenia.

Vnútorne sily a kombinácie sú vypočítané s časovo závislou analýzou ktorá zohľadňuje fázovanie výstavby a vplyvy zmršťovania, dotvarovania a starnutia betónu. Vo výpočtoch sa zanedbali klimatické účinky a účinky od vodorovných síl. Výpočet a dimenzovanie boli v súlade s Eurokódom. Konštrukcia bola posúdená na medzný stav použiteľnosti a únosnosti.

Podľa štúdie a statického výpočtu boli spracované podrobné a prehľadné výkresy vybranej varianty C a vytvorené vizualizácie navrhovaného mostného objektu.

11. Zoznam použitých zdrojov

11.1. Literatúra a skriptá

- [1] NEČAS Radim, Jan KOLÁČEK a Josef PANÁČEK. BL12 – Betonové mosty I: zásady navrhování. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014. Studijní opory pro studijní programy s prezenční formou studia. ISBN 978-80-214-4979-4.

11.2. Normy a vzorové listy

- [2] ČSN 73 6201: Projektování mostních objektů
[3] ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí
[4] ČSN EN 1990 včetně zmeny A1: Zásady navrhování konstrukcí
[5] ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou
[6] ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
[7] ČSN EN 1992-2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady
Literatura: na základě doporučení vedoucího práce
[8] VL 4 – Vzorové listy staveb pozemních komunikací. Ministerstvo dopravy, květen 2015
[9] TP 160 – Mostní elastomerová ložiska. Ministerstvo dopravy České republiky odbor pozemních komunikací, prosinec 2003

11.3. Internetové stránky

- [10] Spřažený most o více polích. IDEA StatiCa [online].[cit.2019-11-26].
Dostupné z:
<https://www.ideastatica.com/cz/webinars/sprazeny-most-o-vice-polich>
- [11] Předpínací systém Freyssinet: Systém od tvůrce předpjatého betonu. Freyssinet [online]. Zápy 267, 250 01 Brandýs nad Labem - Česká republika: -, 2011 [cit. 2020-01-29]. Dostupné z:
http://www.freyssinet.cz/gallery/predpinaci_system_freyssinet.pdf
- [12] Závěr CIPEC JEP. Freyssinet [online]. Zápy 267, 250 01 Brandýs nad Labem - Česká republika: -, 2011 [cit. 2020-01-29]. Dostupné z:
http://www.freyssinet.cz/256-zaver_cipec_jep

12. Zoznam príloh

12.1. Podklady, štúdie a vizualizácia

1. P1.01-Podklady	4xA4	M1:50, 1:200
2. P1.02-Štúdia A	5xA4	M1:50, 1:100
3. P1.03-Štúdia B	5xA4	M1:50, 1:100
4. P1.04-Štúdia C	5xA4	M1:50, 1:100
5. P1.05-Vizualizácia	6xA4	

12.2. Prehľadné a podrobné výkresy mostu

1. P2.01-Situácia	4xA4	M1:100
2. P2.02-Pozdĺžny rez A-A	6xA4	M1:50
3. P2.03-Priečny rez B-B	3xA4	M1:50
4. P2.04-Priečny rez C-C	3xA4	M1:50
5. P2.05-Výkres predpínacej výstuže	6xA4	M1:10, 1:20
6. P2.06-Výkres betonárskej výstuže	10xA4	M1:10, 1:20

12.3. Statický výpočet

1. P3.01-Statický výpočet	67xA4	
---------------------------	-------	--