



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

NÁVRH PŘEMOSTĚNÍ KOMUNIKACE

DESIGN OF THE BRIDGE STRUCTURE ACROSS THE STREET

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

Bc. Jiří Váša

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

SUPERVISOR

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jiří Váša
Název	Návrh přemostění komunikace
Vedoucí práce	doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry.

Základní normy:

ČSN 736201 Projektování mostních objektů.

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 doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadaný problém navrhnete dvě až tři varianty řešení a zhodnotíte je.

Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu provedte podle mezních stavů únosnosti a použitelnosti včetně řešení vlivu výstavby mostu na jeho návrh.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje Průvodní zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresy (přehledné, podrobné a detaily v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (3x), Popisný soubor závěrečné práce

Diplomová práce bude odevzdána 1x v listinné podobě a 1x v elektronické podobě na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

V diplomové práci je řešen návrh dálničního mostu přes silnici II/464 mezi obcemi Butovice-Bílovec. Pro návrh přemostění byly provedeny 4 varianty, ze kterých pro další zpracování byly vybrána varianta lichoběžníkové desky s náběhy v podélném směru. Posouzení konstrukce bylo provedeno pro mezní stavy únosnosti a použitelnosti, a to dle platných norem. Stanovení vnitřních sil bylo provedeno na modelu vytvořeném v programu Scia Engineer 18.0.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dálniční most, most o třech polích, předpjatý beton, deskový most, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the design of the motorway bridge over the II / 464 road between Butovice-Bílovec. For the bridging design four variants were made, from which a variant of the slab with longitudinal extensions was selected for further processing. The design assessment was performed for the ultimate limit state and serviceability limit state according to valid standards. Determination of internal forces was performed on the model developed in Scia Engineer 18.0.

KEYWORDS

Motorway bridge, 3 spans bridge, pre-stressed concrete, slab bridge, ultimate limit state, serviceability limit state.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Jiří Váša *Návrh přemostění komunikace*. Brno, 2018. 27 s., 221 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Návrh přemostění komunikace* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11. 1. 2019

Bc. Jiří Váša

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Návrh přemostění komunikace* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2019

Bc. Jiří Váša

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Ladislavu Klusáčkovi, CSc. za jeho vstřícnost a ochotu při konzultování a vedení mé diplomové práce, dále bych chtěl poděkovat své rodině a především mé přítelkyni za podporu při zpracovávání mé diplomové práce.

ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem dálniční mostní konstrukce se zadaným šířkovým uspořádáním přes údolí, v němž je situovaná komunikace II/464 mezi obcemi Butovice-Bílovec. Pro návrh přemostění byly vypracována studie čtyř variant mostních konstrukcí.

Ve všech návrzích bylo nutno dodržet výšku průjezdného profilu pod mostní konstrukcí.

V první variantě bylo zvoleno řešení dvoutrámové konstrukce z předepjatého betonu, kdy pro oba směry dálnice je vytvořena samostatná mostní konstrukce.

Ve druhé variantě nosnou konstrukci tvoří předpjatý komorový nosník se zaobleným spodním povrchem, i zde se uvažuje s vytvořením dvou oddělených konstrukcí pro oba směry dálnice.

Ve třetí variantě nosnou konstrukci tvoří předpjatý parapetní nosník s proměnnou výškou spojující dva komorové nosníky se zaobleným spodním povrchem. U této varianty je konstrukce celistvá pro oba proudy dálnice.

Ve čtvrté variantě je nosná konstrukce tvořena lichoběžníkovou deskou s náběhy v podélném směru k podporám, i u tohoto návrhu se předpokládá vystavení dvou mostů pro oba směry dálnice.

U všech vytvořených variant se předpokládá s trojpolovým mostem a rozpětím jednotlivých polí 21x30x21 m.

Pro další zpracování byla vybrána varianta 4 (desková konstrukce), podrobné zpracování této varianty je popsáno v přílohách této práce. Konstrukce byla posouzena na mezní stavy únosnosti MSÚ a mezní stavy použitelnosti MSP dle platných norem. Byla vypracována výkresová dokumentace a provedena vizualizace této varianty.

OBSAH

1. Varianty řešení	1
1.1. Varianta 1.....	1
1.2. Varianta 2.....	2
1.3. Varianta 3.....	3
1.4. Varianta 4.....	4
2. Základní údaje o mostu	5
2.1. Hlavní charakteristiky mostu.....	5
2.2. Převáděná komunikace.....	5
2.3. Šířkové uspořádání	5
2.4. Skladba vozovky	6
2.5. Přemostňované překážky.....	6
3. Technické řešení mostu	6
3.1. Použité materiály.....	6
3.2. Zemní práce	7
3.3. Založení mostu.....	7
3.4. Spodní stavba	7
3.5. Uložení nosné konstrukce	8
3.6. Nosná konstrukce	8
3.7. Mostní závěr	9
3.8. Římsy.....	9
3.9. Mostní vybavení	9
3.10. Odvodnění mostu	9
3.11. Úpravy pod mostem.....	9
4. Statický výpočet	10
4.1. Výpočtové modely.....	10
4.1.1. Prutový model	10

4.1.2.	Deskostěnový model	10
4.2.	Zatížení a kombinace-ohyb	10
4.2.1.	Zatížení stálé	11
4.2.2.	Zatížení proměnné	11
4.2.3.	Předpětí	11
4.3.	Mezní stav únosnosti-ohyb	11
4.3.1.	Únosnost v ohybu-podélný směr	11
4.3.2.	Únosnost v ohybu-příčný směr	12
4.4.	Zatížení a kombinace-smyk a kroucení	12
4.4.1.	Zatížení stálé	12
4.4.2.	Zatížení proměnné	12
4.5.	Mezní stav únosnosti-smyk a kroucení	12
4.6.	Posouzení překlopení konstrukce	12
4.7.	Posouzení lokálního namáhání pod ložisky	12
4.8.	Posouzení kotevních oblastí	13
4.9.	Posouzení příčníků	13
4.10.	Mezní stav použitelnosti	13
4.10.1.	Omezení napětí	13
4.10.2.	Omezení přetvoření	14
5.	Výstavba mostu	14
5.1.	Postup a technologie výstavby	14
5.2.	Vliv stavby na životní prostředí	15
6.	Požadavky na bezpečnost	15
7.	Závěr	15

1. Varianty řešení

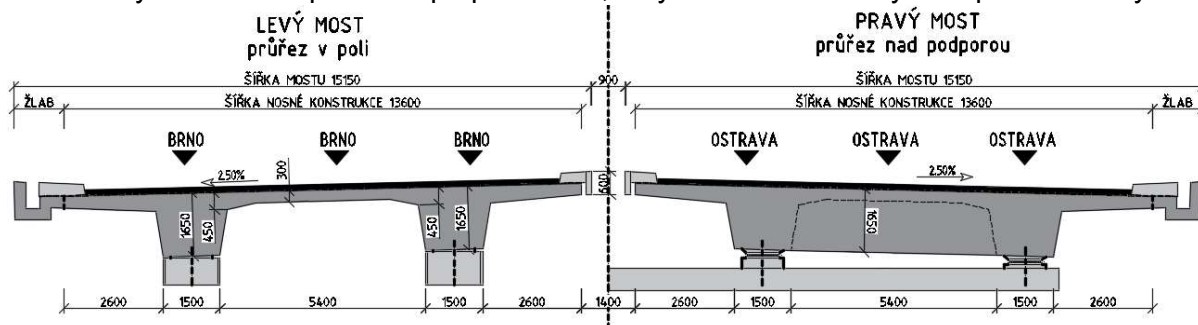
1.1. Varianta 1

Jako první varianta byla vytvořena dvoutrámová konstrukce s konstantním průřezem po délce. Protože převáděná komunikace je dálnice D 27,5 a její šířka nám jen stěží dovoluje návrh jedné konstrukce pro oba jízdní směry, je pro každý směr dálnice navrhována samostatná nosná konstrukce, obě konstrukce jsou totožné. Most se skládá ze 3 polí s rozpětími 21,0+30,0+21,0m, celková délka přemostění je 85,40 m. Podélný sklon vozovky je 0,6 %.

V příčném řezu je vidět že jsou navrženy dvě totožné oddělené konstrukce, kde každá převádí 2 jízdní pruhy opačným směrem. Konstrukci tvoří dvoutrám o výšce 1,45m a šířce 1,5m. Deska mezi trámy je tloušťky 0,3m. podepření konstrukce je provedeno na krajních opěrách pomocí hrncových ložisek a na podpěrách je konstrukce uložena pomocí vrubových kloubů. Nad každým podepřením konstrukce je vybudován příčník, vytvořen dobetonováním volného prostoru mezi trámy. Konstrukce mostu je ve sklonu 2,5 % směrem na vnější stranu konstrukce. A odvodnění je zajištěno pomocí koncových betonových žlabů, které jsou součástí konstrukce. Výstavba konstrukce bude prováděna na pevné skruži po celé délce mostu.

Výhodou konstrukce je že jsou zhotoveny dvě mostní konstrukce pro každý dopravní proud, a tedy při opravách či havárii jedné z konstrukcí může být doprava přesunuta na druhou konstrukci. Dvoutrámové mosty poskytují větší tuhost v kroucení, než například deskové. Tvorba příčníků je jednodušší, protože se vytvoří vybetonováním mezery mezi trámy.

Nevýhodou větší pracnost při provádění, a vyšší konstrukční výška oproti deskovým



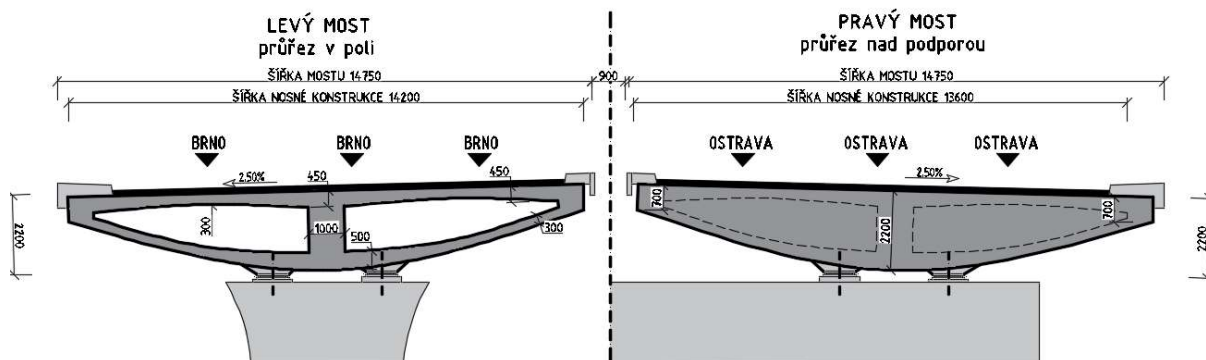
1.2. Varianta 2

Jako druhá varianta byla vypracována konstrukce komorového průřezu se zaoblenou spodní deskou. Stejně jako ve variantě 1 jsou v této variantě také vytvořeny dvě konstrukce pro každý jízdní směr dálnice. A rozpětí konstrukce je také stejné 21+30+21 m. Celková délka přemostění je 83,2m. Podélný sklon vozovky je 0,6 %.

V příčném řezu jsou navrženy dvě totožné oddělené konstrukce, kde každá převádí 2 jízdní pruhy opačným směrem stejně jako ve variantě 1. Konstrukci tvoří komorový jednotrámový nosník o výšce 2,20m a šířce 14,6 m. Podepření konstrukce je provedeno na krajních opěrách pomocí hrncových ložisek a na podpěrách je konstrukce uložena taktéž na dvojici hrncových ložisek. Nad každým podepření konstrukce je vybudován příčník, vytvořen vybetonováním prostoru komorového nosníku. Konstrukce mostu je ve sklonu 2,5 % směrem na vnější stranu konstrukce. Výstavba konstrukce bude prováděna na pevné skruži po celé délce mostu.

Výhodou konstrukce je že jsou zhotoveny dvě mostní konstrukce pro každý dopravní proud, a tedy při opravách či havárii jedné z konstrukcí může být doprava přesunuta na druhou konstrukci. Komorové nosníky poskytují větší tuhost v kroucení než například deskové, déle objem betonu v nosníku je menší než například u dvoutrámových konstrukcí. Tvorba příčníků je jednodušší, protože se vytvoří vybetonováním prostoru komory. Další výhodou je že je možnost u těchto konstrukcí vést předpětí v komoře jako nesoudržné kabely a tím i lepší kontrola předpětí během životnosti konstrukce.

Nevýhodou je větší pracnost při provádění, a vyšší konstrukční výška oproti deskovým.



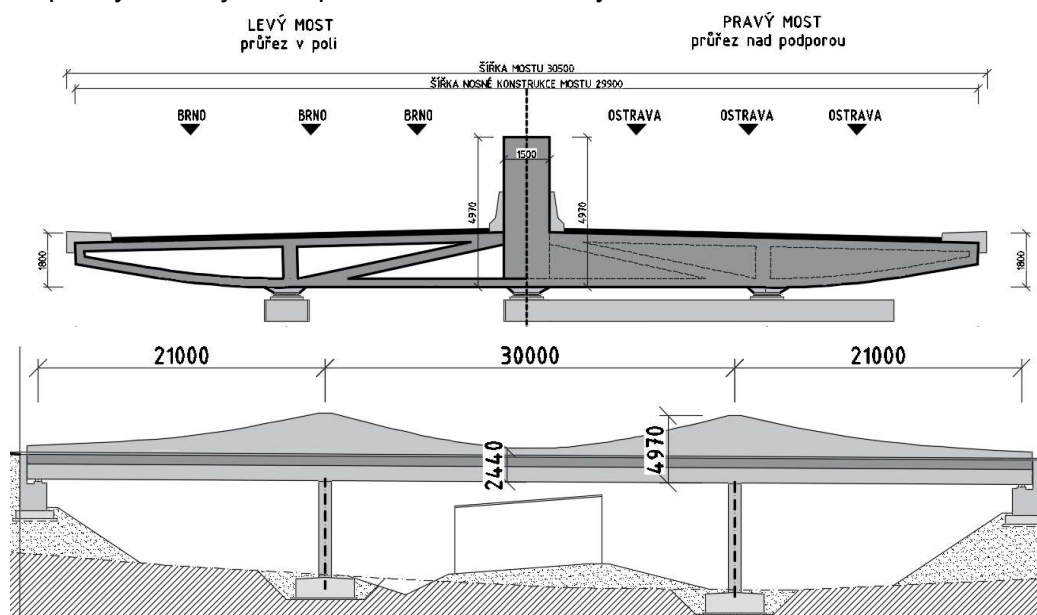
1.3. Varianta 3

Třetí variantou je kombinace druhé varianty s vybudováním středního parapetního nosníku proměnné výšky po délce konstrukce. Tento parapetní nosník spojuje obě mostní konstrukce a vytváří tak jednu konstrukci pro převedení obou směrů dálnice. Rozpětí konstrukce je totožné jako v předchozích variantách 21,0+30,0+21,0 m.

V příčném řezu je navržena konstrukce dvou komorových trámů, které jsou spojeny uprostřed předepnutým parapetním nosníkem šířky 1,5 m, který je po délce mostu proměnné výšky. Nad středními podporami je vysoký 4,97 m a v polích má výšku 2,44 m. Parapetní nosník je hlavní nosnou částí konstrukce a vynáší dva komorové nosníky tvořeny příhradovinou, kde tažené pruty budou tvořeny předpínacími tyčemi nebo ocelovou výztuhou. Celková šířka nosné konstrukce 29,9 m. Konstrukce je podepřena trojicí ložisek nad každou podporou. Konstrukce mostu je ve sklonu 2,5 % směrem na vnější stranu konstrukce. Výstavba konstrukce bude prováděna na pevné skruži po celé délce mostu.

Výhodou konstrukce je že v podélném směru je hlavní nosnou částí konstrukce předepnutý parapetní trám, který zvyšuje tuhost konstrukce, tím je možno snížit výšku komorových nosníků na 1,8 m. Zároveň při provedení vhodné geometrie působí i velmi příznivým vzhledem. Další výhodou je vedení předpětí v parapetním nosníku a v případě rekonstrukce je možnost zvýšit únosnost nesoudržným předpětím v komorách nosníků.

Nevýhodou konstrukce je vytvoření jedné konstrukce pro oba proudy dálnice, a při poruše či opravách konstrukce musí být přerušen či odkloněn provoz na této konstrukci. Další nevýhodou je výstavba parapetního nosníku, jehož geometrie a umístění nejsou tolik příznivé pro výstavbu jako například deskové mosty.



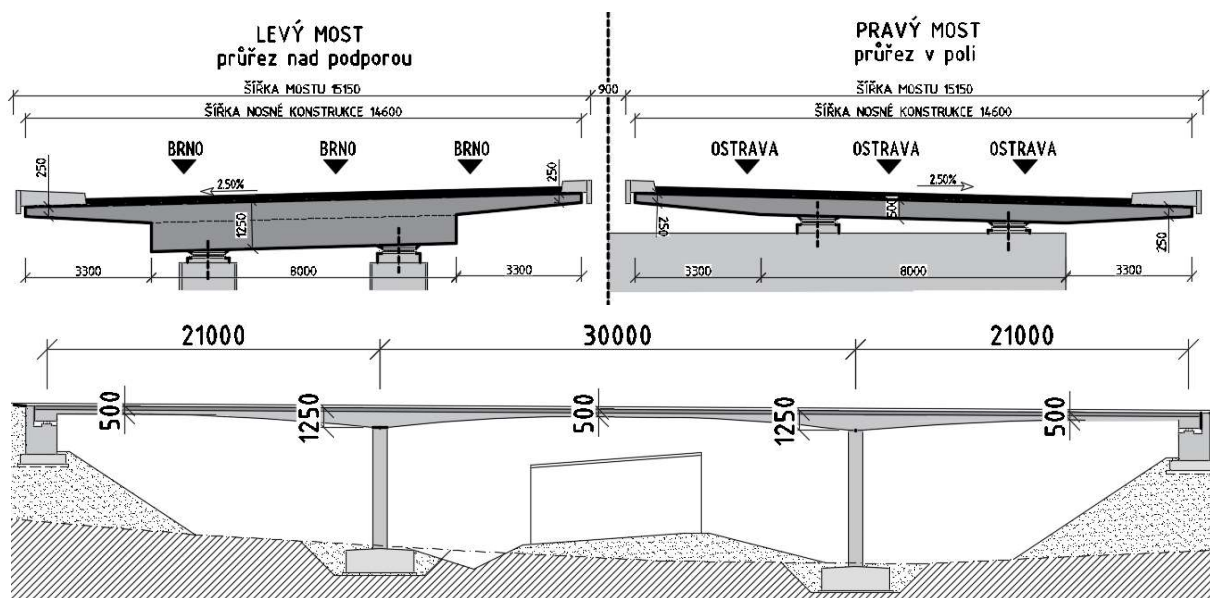
1.4. Varianta 4

Ve čtvrté variantě je vytvořena lichoběžníková deska s podélnými náběhy směrem k podporám. Jsou vytvořeny dvě totožné konstrukce převádějící každá jeden jízdní směr dálnice. Rozpětí konstrukce je totožné jako v předchozích variantách 21,0+30,0+21,0 m.

V příčném řezu se konstrukce skládá z dvou předepjatých desek lichoběžníkového tvaru, kde křídla těchto desek mají konstantní tvar po celé délce mostu a část desky mezi křídly je proměnná v podélném směru, nad podporami dosahuje tloušťky 1,25 m a ve středu polí dosahuje tloušťky 0,5 m. Šířka desky je 14,6 m. Deska je podepřena dvojicí ložisek nad každou podporou. Konstrukce mostu je ve sklonu 2,5 % směrem na vnější stranu konstrukce. Výstavba konstrukce bude prováděna na pevné skruži po celé délce mostu.

Výhodou konstrukce je jednodušší výstavba a provádění bednění než u ostatních konstrukcí. Návrh podélných náběhů zlepšuje vlastnosti konstrukce zejména u podpor a zvyšuje tuhost konstrukce. Výhodou je i to že je možné vytvořit velmi tenkou konstrukci, díky deskovému působení konstrukce, proto pak konstrukce působí velmi jemně a přirozeně. Další výhodou konstrukce je že jsou zhotoveny dvě mostní konstrukce pro každý dopravní směr, a tedy při opravách či havárii jedné z konstrukcí může být doprava přesunuta na druhou konstrukci.

Nevýhodou konstrukce je větší spotřeba materiálu. A z hlediska vytváření podélných náběhů bude i složitější tvorba bednění.



Pro další zpracování byla vybrána varianta č. 4 (lichoběžníková deska s náběhy)

2. Základní údaje o mostu

Most je rozdělen na dvě totožné a samostatné konstrukce, kde každá z těchto konstrukcí převádí jeden dopravní směr dálnice. Levá konstrukce převádí dopravu směrem Ostrava-Brno a pravá konstrukce směrem Brno-Ostrava. Obě konstrukce převádí komunikaci o 2 pruzích šířky (3,75;3,75m) a jednom revizním chodníku šířky (1,0 m)

2.1. Hlavní charakteristiky mostu

Délka mostu:	80,85 m
Délka nosné konstrukce:	73,40 m
Celkové rozpětí:	72,00 m
Délka přemostění:	70,67 m
Počet polí:	3
Volná šířka na mostě:	12,50m
Šířka nosné konstrukce:	14,60m
Šířka mostu celkem:	31,10m
Konstrukční výška v poli:	0,50m
Konstrukční výška nad podporou:	1,25m
Výška mostu:	9,50m
Šikmost:	98,85 ^g

2.2. Převáděná komunikace

Převáděná komunikace je směrově rozdělená dálnice kategorie D27,5/120. Osa dálnice je v půdorysné přímé a niveleta mostu je ve sklonu -0,6 %. Příčný sklon převáděné komunikace je navržen jako jednosměrný pro každý proud dálnice 2,5 % směrem k venkovní hraně mostu. Římsy jsou ve sklonu 4,0 % směrem dovnitř mostu.

2.3. Šířkové uspořádání

Levý most (15,10m)

Římsa s chodníkem:	1,80m
Odvodňovací proužek:	0,50m
Zpevněná krajnice:	3,00m
Vodící proužek:	0,25m
Jízdní pruh:	3,75m
Jízdní pruh:	3,75m
Zpevněná krajnice:	1,25m

Pravý most (15,10m)

Římsa bez chodníku:	0,80m
Zpevněná krajnice:	1,25m
Jízdní pruh:	3,75m
Jízdní pruh:	3,75m
Vodící proužek:	0,25m
Zpevněná krajnice:	3,00m
Odvodňovací proužek:	0,50m

Římsa bez chodníku: 0,80m Římsa s chodníkem: 1,80m

Vzdálenost mezi římsami je 0,90m.

Celková šířka mostu je $15,10+15,10+0,90 = 31,10\text{m}$

2.4. Skladba vozovky

SMA 11 S	tl.40 mm	...Asfaltový koberec mastixový
Na spojovací postřík B3.1 ZTKP		
ACL 16 S	tl.60 mm	...Asfaltový beton hrubozrný
Na spojovací postřík B3.1 ZTKP		
MA11 IV +posyp drtí 4/8	tl.35 mm	...Litý asfalt modifikovaný s posypem drtí
NAIP	tl.5 mm	...Celoplošná izolace na pečetící vrstvě
Celkem	tl.140 mm	

2.5. Přemost'ované překážky

Silnice II. Třídy (II/464) mezi obcemi Butovice-Bílovec

Úhel křížení 98,85°

Staničení 131,165 020 km

Volná výška 7,12 m

3. Technické řešení mostu

3.1. Použité materiály

Betonářská výztuž	B550B
Předpínací výztuž	Y1860 S7 – 15,7-A
Beton nosné konstrukce	C40/50 XF1
Beton podpěr	C30/37 XF2
Beton opěr	C30/37 XC2
Beton základů	C25/30 XC2
Beton pilot	C25/30 XA2
Beton přechodových desek	C25/30 XF2
Beton podložiskových bloků	C30/37 XF2
Beton říms	C30/37 XF4

3.2. Zemní práce

Před začátkem stavby je nutné provést skrývku ornice v hloubce 0,2 m a odstranění přebytečných dřevin a keřů. Následně je nutné vybudovat pilotážní plošiny v místech podpěr a opěr. V místě budoucích opěr je nutné provést násypy do výšky navržených pilotážních plošin. V místě budoucích pilířů se provedou nutné výkopové práce pro dosažení navrhované výšky pilotážních plošin. Po dokončení pilot se prohloubí výkopy u podpěr na požadovanou hloubku založení. Všechny svahy výkopů mohou být ve sklonu max 1:1 a pokud se dosáhne větší výšky výkopu než 1,5 m, je nutno zřídit bednění výkopů. Vytěžená zemina, pokud bude v ucházejícím stavu, bude použita do násypů u opěr, pokud ne, je nutno zvážit zda se zemina hodí na jiné účely například různé obsypy konstrukcí apd. Po dobu výkopových prací bude v okolí staveniště. Během výkopových prací je také nutno zřídit odvodnění stavebních jam proti srážkové vodě. Odvodnění bude řešeno pomocí rýh uvnitř výkopových jam spádovaných do jednoho rohu výkopu, odkud se bude voda odčerpávat.

3.3. Založení mostu

Založení mostu je provedeno na vrtaných pilotách o průměru 900 mm. Celkem bude vyvrtáno 46 pilot. Bude zhotoveno 11 pilot pro každou opěru a 6 pilot pro každý pilíř. U opěr jsou piloty rozmístěny v příčném směru s osovou vzdáleností 10x3,01 m a v podélném směru 1,26 m. U pilířů je pro každý betonový základ zřízeno 6 pilot s osovou vzdáleností 2x2,25 v příčném směru a 1x 2,5 m v podélném směru. U opěr se na vybudované piloty provede betonová převázka tloušťky 0,5 m s přesahem přes navrženou opěru 0,5 m. U pilířů bude proveden na piloty betonový základ o výšce 1,5 m. Před vybudováním jak základu tak převázky je nutno provést podkladní beton pro všechny základy. Hloubky založení a další specifikace busou upřesněny v dalším stupni PD.

3.4. Spodní stavba

Krajní opěry jsou založeny na betonové převázce, která je uložena na již zhotoveném násypu. Součástí opěry je samotné tělo (stěny) opěry, úložná práh, závěrná zídka a mostní křídla. Stěny opěr budou mít tloušťku 1,96m a výška opěr je 2,20m v místě uložení. Na vrchní části opěry bude proveden úložný práh, na kterém bude vybetonován náletek pro usazení ložisek. Horní hrana úložného prahu je ve sklonu 4 % směrem k závěrné zídce, kde bude zhotoven odvodňovací žlábek, který bude ve střechovitém příčném sklonu 2,5% směrem k okrajům konstrukcí. Závěrné zídky budou dobetonovány až po předepnutí konstrukce, k závěrným zídkám bude pomocí vrubového kloubu připevněna přechodová deska tl 0,2 m a šířky 4,00 m. Křídla jsou zhotovena u obou opěr s tloušťkou 0,7m a

lichoběžníkového tvaru. Celkem budou zhotoveny 4 křídla s označením 1.1; 1.2; 4.1; 4.2. Všechna křídla budou zavěšená na opěře. Za opěrou je navržena odvodňovací PVC trouba 0,15m umístěná na betonovém podkladu a ve výšce betonového podkladu bude zhotovena těsnicí vrstva položením fólie na velmi kvalitní a zhutněnou zeminu. Pomocí štěrkopísku bude vytvořena drenážní vrstva, tak aby všechna přebytečná voda odtékala do odvodňovací trouby.

Podpěry jsou založeny na zhotovených základových patkách uložených na pilotách. Podpěry jsou tvořeny dvěma průřezy tvaru čtverce 1,33*1,33m, které se rozbíhají směrem k ložiskům. U základové patky jsou osově vzdáleny 2,00 m a u ložisek jsou osově vzdáleny 5,00 m. Mezi nimi je vytvořena výpň tl. 0,60 m. Výška opěr je 6,93 a 8,15 metrů. V horní části podpěr je vytvořen úložný práh s nálitkem pro uložení ložisek.

3.5. Uložení nosné konstrukce

Uložení nosné konstrukce je provedeno na hrncová ložiska v příčném směru osově vzdálená 5,00 m jak u opěr tak u podpěr. Schéma rozmístění ložisek je uvedeno ve statickém výpočtu.

Ložiska jsou navržena na sílu 12000 kN od firmy Freyssinet typ:

TETRON CD/ GG - pro jednosměrně posuvná ložiska	3x na jednom mostu
TETRON CD/ GG - pro všesměrně posuvná ložiska	4x na jedno mostu
TETRON CD/ FX - pro pevná ložiska	1x na jedno mostu

3.6. Nosná konstrukce

Nosná konstrukce je tvořena dvěma samostatnými mostními konstrukcemi, které jsou totožné. Konstrukce je navržena jako betonová předepnutá lichoběžníková deska s náběhy v podélném směru. Rozpětí jednotlivých polí je 21+30+21 m a celková délka nosné konstrukce je 73,40 m.

V příčném řezu je deska tvořena lichoběžníkem, kde horní hrana je 14,60 m dlouhá, spodní hrana je 8,00m dlouhá a ramena desky mají délku 3,30 m na obě strany. V polích má deska a u krajních opěr šířku 0,50 m a postupně se rozšiřuje směrem k vnitřním podpěrám až na šířku 1,25 m. Ramena lichoběžníku se nerozšiřují po délce (jsou konstantní po celé délce mostu). Na koci desky (u opěr) jsou provedeny ztužující příčníky o výšce 1,0 m a šířce 1,35 m, nas vnitřními podpěrami jsou příčníky uvažovány jako skryté o šířce 1,33 m.

Nosná konstrukce je ve sklonu 2,5 % směrem na vnější hranu mostu. A v podélném sklonu 0,6 %.

Předpětí je provedeno pomocí 17 kabelů tvořenými 12 lany z předpínací oceli Y1860 S7 – 15,7-A

3.7. Mostní závěr

Mostní závěry na obou koncích mostní konstrukce jsou navrženy jako hřebenové od firmy Freyssinet typ: CIPEC WP

3.8. Římsy

Na obou stranách mostu jsou navrženy římsy monolitické s římsovými prefabrikáty. Na vnitřní straně mostů je navržena římsa délky 0,8m na vnější straně mostů jsou navrženy římsy šířky 1,8 m. Římsová prefabrikát je výšky 0,60 m a tloušťky 0,15 m. Římsy jsou do nosné konstrukce kotveny pomocí ocelových kotev po vzdálenostech 2,0m. Římsy jsou uloženy na celoplošné hydroizolaci, na které je umístěna ochranná izolace.

3.9. Mostní vybavení

Na kratších římsách jsou umístěna zábradelní svodidla od firmy OMO typ ZMS4/H2 s úrovní zadržení H2, výškou svodnice 0,75m a výškou zábradlí 1,2m.

Na delších římsách je umístěno svodidlo od firmy OMO typ MS4/H2 s úrovní zadržení H2, výškou svodnice 0,75m, svodidlo lícuje s hranou římsy. Na těchto římsách je umístěno také zábradlí v osové vzdálenosti 0,3m od kraje římsy. Zábradlí má nosné sloupky po 2,0 m kotveny do římsy a výplň zábradlí tvoří svislé ocelové tyče a výška madla je 1,1 m.

3.10. Odvodnění mostu

Odvodnění nosné konstrukce je zajištěno podélným a příčným sklonem konstrukce, ale z důvodu velké délky mostu jsou navrženy odvodňovače 500x300 u podpěr mostů, kde povede odvodňovací svod DN 150 podél pilíře až na zpevnění pod pilíři.

Odvodnění opěr je provedeno pomocí PVC roury umístěné za opěrou na betonovém zárodku, do jehož výše je provedena těsnící vrstva. Dále je trouba vyvedena přes konstrukci na přilehlé svahy.

3.11. Úpravy pod mostem

Všechny svahy budou ve sklonu 1:1,5 a budou zatravněny. Pod mostem je vytvořena revizní lavička z kamenné dlažby šířky 0,7m. k lavičce na každé straně mostu povede revizní schodiště šířky 0,75m. K revizní lavičce bude zhotoveno přístupové schodiště 0,75 m, tak aby byl přístup k ložiskům i z komunikace pod mostem. Svahy pod mostem budou zpevněny provedením kamenné dlažby. Zpevnění bude rozšířeno na obě strany o 0,6 m za hranu mostu. U opěr 4 bude zhotoven odvodňovací příkop pro odvodnění svahů mostu, tak i pro odvodnění svahů silnice II 464.

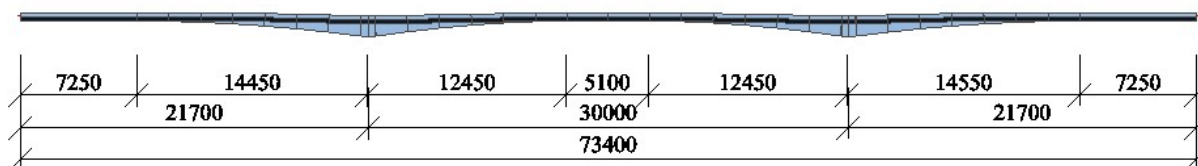
4. Statický výpočet

4.1. Výpočtové modely

4.1.1. Prutový model

Pro vytvoření geometrie nosné konstrukce byl model rozdělen v místě náběhů po vzdálenosti 2 m a byl modelován pomocí střednice prvku. Předpětí bylo vnášeno pomocí ekvivalentního zatížení.

Prutový model byl vytvořen pro předběžné stanovení geometrie a velikosti předpětí v konstrukci. Pro tyto účely byl model zatížen pouze ostatním stálým zatížením a vlastní tíhou, a volba geometrie a velikosti předpínací síly byla určena tak, aby ohybové momenty od předpětí vyrovnaly 80-100% ohybových momentů a od stálých zatížení.



4.1.2. Deskostěnový model

Model odpovídá skutečnému tvaru desky, avšak zanedbává se příčný i podélný sklon mostu. Předpětí bylo modelováno pomocí kabelů, které umožňuje modelovat program Scia Engineer.

Na tomto modelu byly stanoveny hodnoty vnitřních sil od všech zatížení. Dále byl model také zatížen jejich kombinacemi, vytvořených dle platných norem a byly zjištěny vnitřní síly pro posouzení mezních stavů únosnosti MSÚ a mezních stavů použitelnosti MSP, a to pro ohybové i smykové namáhání



4.2. Zatížení a kombinace-ohyb

Zatížení a kombinace zatížení byly stanoveny dle ČSN-EN.

4.2.1. Zatížení stálé

Vlastní tíha: Vlastní tíha byla automaticky generována a vypočtena programem

Ostatní stálé zatížení: Skládá se z tíhy říms, vozovky a mostního vybavení. V tíze vozovky byla použita nejméně příznivá hodnota γ_{sup} , nikoliv γ_{inf} .

Nerovnoměrné sednutí podpor: Toto zatížení se projeví posunem podpor ve svislém směru. V této práci je uvažováno sednutí podpor 6 mm a to na jakékoli podpoře v jakékoli jejich kombinaci. Výsledky od sednutí podpor jsou vykreslovány vždy v obálce.

4.2.2. Zatížení proměnné

Zatížení dopravou: jsou uvažovány 3 zatěžovací modely a jsou vždy rozmístěny tak aby vyvozovali nejnejpříznivější vnitřní síly pro posudky na ohyb.

Model zatížení (LM1 – TS, UDL)

Model zatížení (LM3 – zvláštní vozidlo 1800/200)

Model zatížení (LM3 – zvláštní vozidlo 3000/240)

Zatížení teplotou: Stanovuje se na základě rozdílové složky teploty s uvážením lineárního průběhu po průřezu konstrukce.

4.2.3. Předpětí

Předpětí bylo modelováno pomocí předpínacích kabelů v programu Scia engineer. Počet a geometrie kabelů byla stanovena na prutovém modelu a do deskostěnového modelu byly převzaty, a bylo kontrolováno, zda účinky předpětí vyrovnají 80-100% stálého zatížení.

Krátkodobé ztráty předpětí byly stanoveny programem a dlouhodobé ztráty byly odhadnuty na 10%

4.3. Mezní stav únosnosti-ohyb

4.3.1. Únosnost v ohybu-podélný směr

Posouzení bylo provedeno pro konstrukci na konci životnosti ve třech nejvíce namáhaných řezech v polovinách rozpětí polí a nad vnitřní podporou.

Posouzení bylo provedeno na dimenzační momenty ve směru x (m_{xD}) a na jejich maximální hodnoty.

Konstrukce v prvním poli vyhověla až po přidání tlačené výztuže. Nad podporou vyhověla po přidání tažené i tlačené výztuže a v polovině středního pole konstrukce vyhověla po přidání tlačené výztuže.

4.3.2. Únosnost v ohybu-příčný směr

Posouzení bylo provedeno pro konstrukci na konci životnosti v řezu nad podporou, protože zde vznikají největší ohybové momenty v příčném směru.

Posouzení bylo provedeno na dimenzační momenty ve směru y (m_{yD}) a na jejich maximální hodnoty v daných řezech.

Konstrukce vyhověla po návrhu betonářské výztuže na spodní i horní okraj konstrukce.

4.4. Zatížení a kombinace-smyk a kroucení

Zatížení a kombinace zatížení byly stanoveny dle ČSN-EN.

4.4.1. Zatížení stálé

Zatížení stálé se použilo totožné jako pro ohyb.

4.4.2. Zatížení proměnné

Zatížení teplotou bylo použito taktéž stejné jako pro ohyb.

Zatížení dopravou: jsou uvažovány 3 zatěžovací modely a jsou vždy rozmístěny tak aby vyvozovali nejnepříznivější vnitřní síly smykové ($\max V_{ed}$) a kroučící ($\max T_{ed} = M_{xyD}$)

4.5. Mezní stav únosnosti-smyk a kroucení

Posouzení bylo provedeno na běžný metr. Se stanovením ideálních charakteristik jednotlivých průřezů.

Konstrukce byla rozdělena na jednotlivé řezy a v každém řezu byl stanoven průběh napětí po řezu a bylo zjištěno místo vzniku trhlin.

Následně byly posouzeny všechny průřezy se vznikem i bez vzniku trhlin podle MSÚ a byla navržena smyková výztuž.

4.6. Posouzení překlopení konstrukce

Zde bylo prokázáno, že i při nejnepříznivější kombinaci pro MSÚ nevznikne v žádné podpoře záporná reakce a konstrukce se tedy nepřeklopí.

4.7. Posouzení lokálního namáhání pod ložisky

Konstrukce byla posuzována pro krajní podpory a pro vnitřní podpory za působení nejnepříznivější reakce vzniklé od kombinací zatížení pro MSÚ.

Posouzení bylo provedeno na soustředný tlak a lokální příčné tahy.

Bylo prokázáno že za předpokladu navrženého vyztužení nedojde k porušení konstrukce vlivem lokálního namáhání pod ložisky.

4.8. Posouzení kotevních oblastí

Konstrukce byla posuzována pro jeden předpínací kabel na maximální hodnotu napětí ve výztuži.

Posouzení bylo provedeno na soustředný tlak a lokální příčné tahy pod kotvou.

Bylo prokázáno že za předpokladu navrženého vyztužení nedojde k porušení konstrukce vlivem lokálního namáhání pod kotvami.

4.9. Posouzení příčníků

Pro posouzení příčníků byly vytvořeny dva S & T modely nad krajní podporou a nad vnitřní podporou. Nad krajní podporou se posuzoval klasický příčník a nad vnitřní podporou se posuzoval skrytý příčník.

Pro oba příčníky byl vytvořeny specifické modely S & T u kterých se posuzovali vzpěry, táhla a uzlové oblasti.

V konečném důsledku po navržení výztuží příčníky vyhoví na MSÚ.

4.10. Mezní stav použitelnosti

4.10.1. Omezení napětí

Omezení napětí se posuzovalo pro podporový řez a pro řez středem konstrukce.

Posouzení bylo provedeno pro časy t_{∞} a t_0 .

Na obou řezech bylo vykresleno napětí po délce konstrukce od charakteristický, kvazistálých a častých kombinací.

Omezení napětí betonu v tlaku:

Byly kontrolovány podmínky překročení tlakového namáhání betonu.

$$|\sigma_c| \leq 0,6 f_{ck} \quad \dots \text{pro charakteristickou kombinaci}$$

$$|\sigma_c| \leq 0,45 f_{ck} \quad \dots \text{pro kvazistálou kombinaci}$$

Obě tyto podmínky byly splněny po celé konstrukci i v obou kontrolovaných časech.

Omezení napětí betonu v tahu:

Byly kontrolovány podmínky překročení tahového namáhání betonu.

$$\sigma_c \leq f_{ctm} \quad \dots \text{pro častou kombinaci}$$

Podmínka byla splněna po celé konstrukci v obou kontrolovaných časech.

Omezení napětí ve výztuži:

Omezení napětí se posuzovalo pro nejvyšší napětí v předpínací výztuži, které se vyskytne v čase t_0 po předepnutí konstrukce. V dalších časech je napětí sníženo vlivem ztrát.

Byla kontrolována podmínka překročení napětí ve výztuži.

$$\sigma_p < 0,75 f_{pk} \quad \dots \text{pro charakteristickou kombinaci}$$

4.10.2. Omezení přetvoření

Byl proveden výpočet a posouzení průhybu konstrukce v čase t_0 a t_∞ .

V čase t_0 byly zjištěny pružné průhyby od jednotlivých zatížení a následně byly sečteny. Výsledný průhyb byl porovnávám s hodnotou $L/350$ zadanou investorem a v tomto čase konstrukce vyhověla.

V čase t_∞ bylo nutno stanovit nepružné průhyby od jednotlivých zatížení a potom je sečíst s pružnými průhyby. Stanovení nepružných průhybů bylo provedeno pomocí součinitelů dotvarování. Jednotlivé složky pružných i nepružných přetvoření byly sečteny a tím byl stanoven celkový průhyb konstrukce. Tento průhyb byl opět porovnáván s hodnotou $L/300$ a konstrukce tento limit splnila.

5. Výstavba mostu

5.1. Postup a technologie výstavby

- 1) Skrývka ornice tl. 0,2m a odstranění dřevina křovin
- 2) Výstavba násypů a výkopové práce pro vytvoření pilotážních plošin
- 3) Vrtání a betonování pilot
- 4) Zhotovení výkopů pro základy pilířů a výstavba násypu pro základy opěr
- 5) Zajištění odvodnění stavebních jam a rýh
- 6) Provedení podkladní betonové vrstvy pro základy
- 7) Betonáž základů opěr a pilířů
- 8) Bednění a betonáž opěr a podpěr
- 9) Osazení ložisek a montáž skruže pro nosnou konstrukci
- 10) Betonáž mostu na pevné skruži
- 11) Předepnutí konstrukce
- 12) Odstranění skruže, úprava přechodových oblastí a tvorba závěrných zídek
- 13) Provedení izolace a osazení mostních závěrů
- 14) Provádění říms
- 15) Instalace mostního vybavení
- 16) Dokončovací práce pod mostem (schodiště, skluzby dlažba apod..)

5.2. Vliv stavby na životní prostředí

Je nutné dbát na úniky olejových látek do okolního prostředí a zamezit jejich rozšíření do okolního prostředí.

Jiné nebezpečné vlivy stavby na životní prostředí nejsou zaznamenány.

6. Požadavky na bezpečnost

Ochrana zdraví a bezpečnost práce při provádění stavebních prací musí být v souladu s vyhláškou č. 591/2006 Sb., další požadavky na bezpečnost práce stanovuje zhotovitel stavby. Bezpečný průběh stavebních prací zajišťuje navržené dopravní značení nebo jiné navržené prostředky či konstrukční úpravy.

Z hlediska požární bezpečnosti nejsou žádné zvláštní požadavky na tuto stavbu.

Žádné speciální požadavky na tuto stavbu nejsou kladeny.

7. Závěr

V diplomové práci byly vytvořeny čtyři varianty přemostění údolí. Z těchto variant byla vybrána varianta lichoběžníkové desky s podélnými náběhy. Tato varianta byla vymodelována v programu Scia Engineer aby následně byla posouzena dle mezních stavů únosnosti a použitelnosti dle platných norem.

Dále byla zpracována výkresová dokumentace včetně vizualizace a postupu výstavby. Mostní konstrukce vyhověla na mezní stavy únosnosti i použitelnosti. Konstrukce tedy vyhovuje z hlediska únosnosti i použitelnosti a také vyhovuje svým vzhledem dnešním moderním standardům.

Seznam použitých zdrojů

Literatura:

ČSN EN 1991-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou. Praha: Český normalizační institut, 2005.

ČSN EN 1992-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady. Praha: Český normalizační institut, 2007.

ČSN EN 1992-1-1. Navrhování betonových konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006, oprava 1, 0.7.09. a změna Z1 03.10

STRÁSKÝ J., Betonové mosty, ČKAIT, Praha, 2001

NEČAS R., Betonové mosty I – Zásady navrhování, Studijní opora VUT FAST Brno, Brno, 2014

Vzorové listy staveb pozemních komunikací. VL4 – Mosty. Pragoprojekt, a.s., Praha, 2010

Internet:

Podklady pro vybavení mostu:

[online]. STAVBY OMO, 2018 [cit. 2018-12-26]. Dostupné z: <http://www.svodidla-omo.cz>

Podklady pro ložiska a mostní závěry:

[online]. FREYSSINET CS [cit. 2018-12-26]. Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz>

Přednášky z předmětu BL 12 -betonové mosty I:

[online]. Ing. RADIM NEČAS, Ph.D [cit. 2018-12-26]. Dostupné z: <http://necasradim.cz/>

Podklady pro předpínací systémy:

[online]. VSL SYSTEMS, 2018 [cit. 2018-12-26]. Dostupné z: <http://www.vsl.cz>

Podklady k předmětu BL01:

[online]. Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D. [cit. 2018-12-26]. Dostupné z:

<https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/pdf/BL01/Tabulky.pdf>

Podklady pro cvičení:

[online]. Ing. Jan KOLÁČEK, Ph.D. [cit. 2018-12-26]. Dostupné z:

<https://www.fce.vutbr.cz/BZK/kolacek.j/Podklady.html>

Podklady pro studenty:

[online]. Ing. Laníková Ivana, Ph.D. [cit. 2018-12-26]. Dostupné z:

<https://www.fce.vutbr.cz/BZK/lanikova.i/>

Použitý software:

Autodesk Autocad 2016

Scia Engineer 18.0

Sketchup 2018

Seznam příloh:

- P1. Použité podklady a varianty řešení
- P2. Výkresy
- P3. Stavební postup a vizualizace
- P4. Statický výpočet