



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 NA SILNICI I/44

BRIDGE ON THE I/44 ROAD

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. David Majer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2018



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. David Majer
Název	Most na silnici I/44
Vedoucí práce	Ing. Josef Panáček
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

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

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
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 doporučená vedoucím diplomové práce.

Zásady pro vypracování

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

Podrobný návrh nosné konstrukce vybraného mostu provedete podle mezních stavů včetně zvážení vlivu její výstavby.

Statický výpočet zpracujete pro jeden most a přehledné výkresy pro oba mosty. Niveletu silnice a délku mostu můžete upravit, směrové a výškové uspořádání zachovejte, výluky na železnici lze připustit.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a studie 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 (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

Struktura diplomové práce

VŠKP vypracujete 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).

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je návrh a posouzení pětipolové mostní konstrukce přes železniční trať na trase Zábřeh - Šumperk a řeku Moravu. Pro každý směr bude zhotoven samostatný most, ve výpočtu je uvažován most pravý. Objekt leží na silnici I/44 na trase Mohelnice - Jeseník. Navrženy byly tři varianty - dva předpjaté komorové nosníky, jeden předpjatý komorový nosník s prefabrikovanými konzolami a konstrukce betonové desky spřažené se dvěma ocelovými nosníky. Pro posouzení byla po zhodnocení vybrána varianta první s délkou nosné konstrukce 235,6 m a maximální délkou rozpětí pole 60 m. Výpočet účinků zatížení byl proveden v programu Scia Engineering 2013 a posouzení konstrukce bylo provedeno na základě platných norem ručně dle mezních stavů včetně zvážení vlivu postupné výstavby. Dále byla zpracována výkresová dokumentace a názorná vizualizace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Komorový silniční most, most z předpjátého betonu, předpjatá betonová komora, pětipolový most, estakáda, půdorysně zakřivená konstrukce, TDA, časová analýza, fáze výstavby, statický výpočet, výkresová dokumentace, vizualizace.

ABSTRACT

The subject of this thesis is the design and analysis of five-span bridge construction across the railway on the route Zábřeh - Šumperk and the Morava river. There will be made separated bridge for each direction, only right bridge is considered in the thesis. Object is located to 1st class road I/44 on the route between Mohelnice and Jeseník. Three variants were designed - two prestressed chamber girders, one prestressed chamber girder with prefabricated consoles and construction of concrete slab mixed with two steel girders. After these variants were weigh up and the first one, with the length of cantilevered construction 235,6 m and maximum lenght of span 60 m, was chosen for analysis. Calculation of load effects was made by software Scia Engineering 2013 and the analysis was made according to current standards by manual calculation depending on limit states and their influence on the design as well. Drawing documentation and visualization are also part of the thesis.

KEYWORDS

Chamber road bridge, prestressed concrete bridge, prestressed concrete chamber girder, five-span bridge, flyover bridge, ground curved construction, TDA, time discretization analysis, construction phases, statical analysis, drawing documentation, visualization.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. David Majer *Most na silnici I/44*. Brno, 2018. 27 s., 172 s. příl. Diplomová práce.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných
konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Josef Panáček

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2018

Bc. David Majer
autor práce

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Panáčkovi za ochotný přístup v časově náročných situacích a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. V neposlední řadě také přítelkyni a rodině za podporu po celé studium.

Obsah

Úvod	9
1 Studie mostu	10
1.1 Varianta A	10
1.2 Varianta B	11
1.3 Varianta C	11
1.4 Zhodnocení variant	12
2 Průvodní zpráva	13
2.1 Identifikační údaje	13
2.2 Základní údaje o mostu	13
2.3 Zdůvodnění stavby	14
2.4 Situace širších vztahů	14
3 Technická zpráva	15
3.1 Charakteristika území a stavebního místa	15
3.1.1 Poloha a údaje o stavbě	15
3.1.2 Údaje o křížení překážek	16
3.1.3 Geologické a hydrogeologické poměry	16
3.1.4 Inženýrské sítě a jiné objekty	16
3.2 Stavebně technické řešení mostu	17
3.2.1 Zemní práce	17
3.2.2 Založení objektu a spodní stavba	17
3.2.3 Nosná konstrukce	18
3.2.4 Ložiska	18
3.2.5 Římsy	19
3.2.6 Svodidla a zábradlí	19
3.2.7 Mostní závěry	19
3.2.8 Vozovka	19
3.2.9 Odvodnění	19
3.3 Použité materiály	20
3.3.1 Beton	20
3.3.2 Betonářská výztuž	20
3.3.3 Předpínací výztuž	20
3.3.4 Materiály pro zásypy	20
3.4 Statické posouzení	21
3.5 Postup výstavby	23
3.5.1 Přípravné práce, spodní stavba	23
3.5.2 Nosná konstrukce	23
3.5.3 Mostní svršek a vybavení	24
3.5.4 Dokončovací práce	24
Závěr	25
Seznam použitých zdrojů	26
Seznam příloh	27

ÚVOD

V této diplomové práci je za cíl položen návrh a posouzení předpjatého betonového mostu na obchvatu obce Bludov na silnici I/44 na trase Mohelnice - Jeseník. Objekt překlenuje železniční jednokolejnou trať na trase Zábřeh - Šumperk a řeku Moravu. K tomuto zadání byla nejdříve vypracována studie tří možných variant, ze kterých byla po zhodnocení vybrána jako nosná konstrukce dodatečně předpjatý betonový komorový nosník o pěti polích. Na výpočet účinků zatížení byl použit program Scia Engineer 2013 a posouzení konstrukce bylo provedeno na základě platných norem uvedených v seznamu použité literatury dle metody mezních stavů únosnosti a použitelnosti včetně časově závislé analýzy TDA. Z hlediska zatížení byla při návrhu nosné konstrukce uvažována vlastní tíha, ostatní stálé zatížení, pokles podpor, staveništní zatížení, zatížení dopravou a teplotou. Samotný statický výpočet je obsahem přílohy P3.

1 STUDIE MOSTU

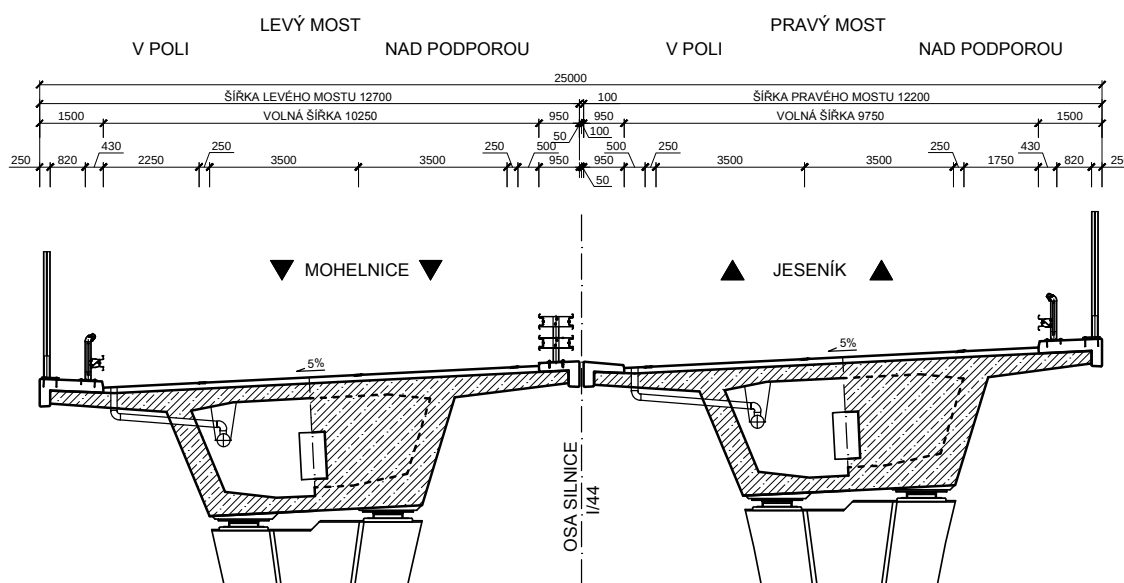
Před samotným výpočtem byla zpracována studie tří následujících variant. Všechny varianty se vyznačují přemostěním železniční trati, řeky Moravy a přilehlého inundačního území pomocí pětipolové estakády tvořené ze dvou mostů zvlášť pro každý směr. Rozpětí jednotlivých polí pravého mostu je 42 + 60 + 60 + 40 + 32 m, přičemž délka maximálního rozpětí pole 60 m vychází z nutnosti přemostit železniční trať, se kterou dochází ke křížení o velmi malém úhlu. Délka celkového rozpětí je 234,0 m. V půdorysu je most zakřivený s konstantní křivostí a poloměrem zakřivení 906,3 m (v ose pravého mostu) až do km 18,054 900, kde navazuje na přechodnici o parametru $A2 = 519,62$ m ($L2 = 300$ m). Niveleta nemá přímý průběh, v úseku mostu v 17,929 519 km se nachází vrcholový oblouk, podélný sklon je proměnný od 0,1 % do -0,7 %. Tato studie je součástí přílohy P1 - Použité podklady a studie řešení.

1.1 VARIANTA A

V první variantě je pro návrh nosné konstrukce uvažován dodatečně předepnutý komorový nosník, pro každý směr jeden. Vzdálenost levého mostu od osy komunikace je 6,25 m a pravého mostu 6,3 m. Komora má v ose mostu výšku 3,0 m, tloušťka spodní i horní desky je 0,35 m s náběhy směrem ke stěnám komory až do tloušťky 0,55 m. Stěny jsou zešíklené o 0,9 m a mají šířku 0,6 m. Šířka spodní desky je 5,0 m a krajní konzoly dosahují šířky 2,457 m. Celková šířka nosné konstrukce (pro pravý most) dosahuje 11,700 m. V podélném směru je spodní deska vnitřních polí vyspádovaná směrem k pilířům na délce $0,2 \cdot L$ příslušného rozpětí pole, spodní deska krajních polí potom $0,1 \cdot L$.

Kvůli půdorysnému zakřivení mostu je nutné uvažovat klopení. Je navržen jednostranný příčný sklon o hodnotě 5 %, což zároveň zajišťuje také odvodnění povrchu vozovky do kanálků u okraje levé římsy.

Nad podporami jsou zhotoveny příčníky o šířce 1,6 m s průleznými otvory o rozměrech 0,6 x 1,1 m. Uložení je provedeno pomocí dvojice ložisek na každém pilíři. Byla navržena ložiska hrncová o rozměrech 0,8 x 0,8 m.



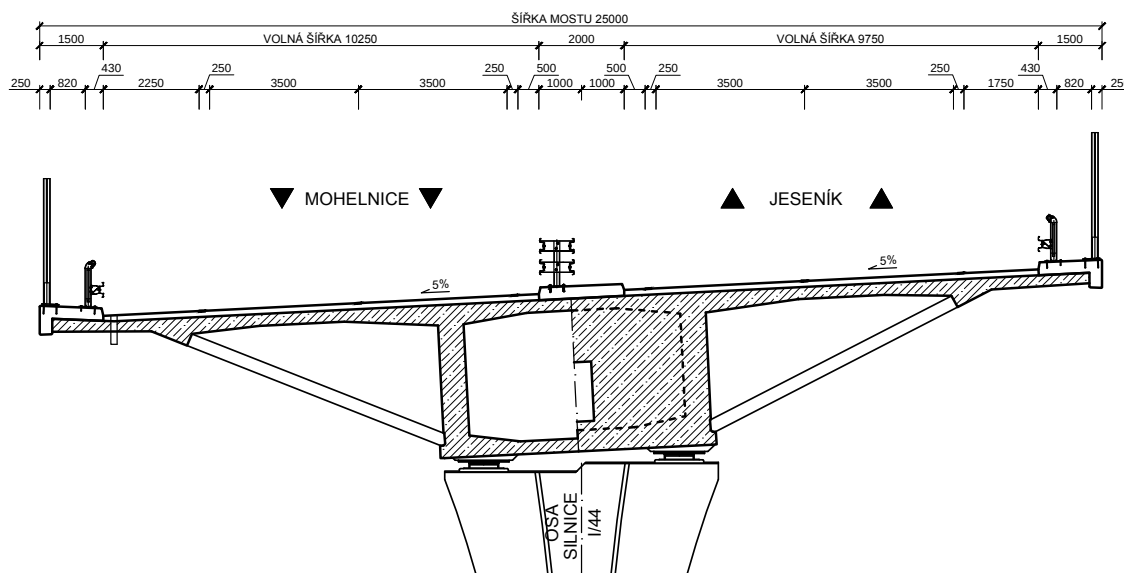
Obr. 1.1 Příčný řez - varianta A

1.2 VARIANTA B

Ve variantě druhé tvoří nosný systém pro oba směry jeden společný komorový nosník s velmi vyloženými konzolami, které jsou podepřené prefabrikovanými železobetonovými vzpěrami. Komora má v ose mostu výšku 3,6 m, tloušťka spodní desky je 0,3 m s náběhy směrem ke stěnám komory až do tloušťky 0,5 m. Tloušťka horní desky je proměnná od 0,28 m do 0,48 m v místě stěn. Stěny jsou kolmé na spodní desku a mají šířku 0,6 m. Šířka spodní desky je 6,5 m a krajní konzoly dosahují šířky 8,966 m. Celková šířka nosné konstrukce dosahuje 24,500 m. V podélném směru je spodní deska vnitřních polí vyspádovaná směrem k pilířům na délce $0,2 \cdot L$ příslušného rozpětí pole, spodní deska krajních polí potom $0,1 \cdot L$.

I v této variantě je navržen jednostranný příčný sklon o hodnotě 5 ‰, což zároveň zajišťuje také odvodnění povrchu vozovky do kanálků u okraje levé a středové římsy.

Uložení je provedeno pomocí dvojice ložisek na každém pilíři. Byla navržena ložiska hrncová o rozměrech 1,0 x 1,2 m.



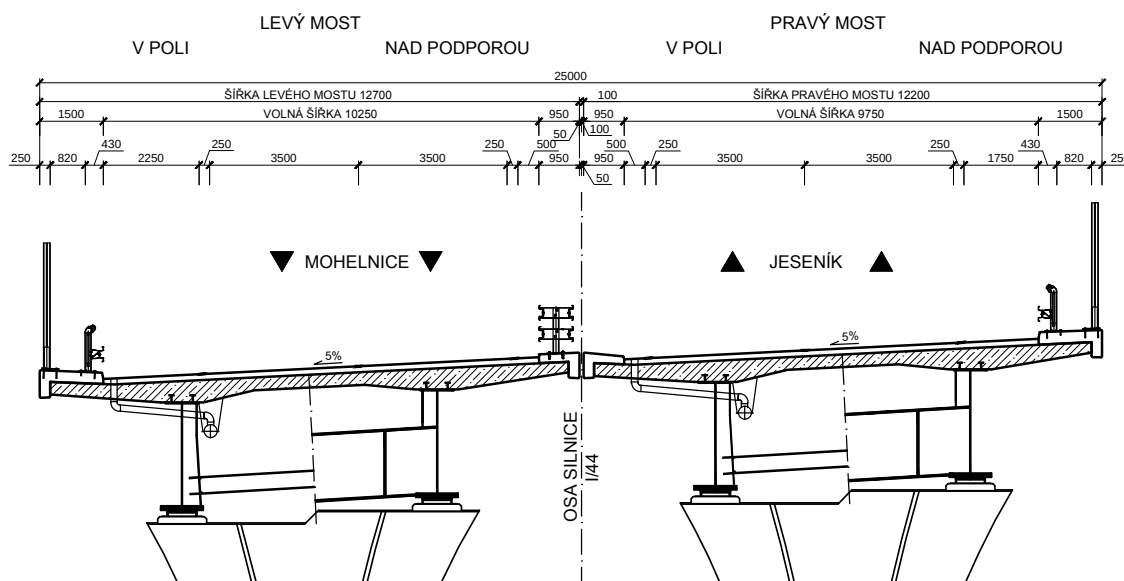
Obr. 1.2 Příčný řez - varianta B

1.3 VARIANTA C

Nosná konstrukce třetí varianty je tvořena betonovou deskou spřaženou se dvěma hlavními ocelovými nosníky pomocí spřahovacích trnů (pro jeden most). Deska má proměnnou tloušťku od 0,3 m do 0,5 m a šířku (pro pravý most) 11,7 m. Rozpětí mezi hlavními nosníky je 6,0 m, jsou vysoké 2,5 m. Horní pásnice má šířku 0,8 m, dolní pásnice 1,0 m. Šířka konzol desky je z obou stran 2,85 m. Nosná konstrukce je opatřena polovými příčnicí výšky 0,4 m po vzdálenostech $1/4$ rozpětí pole a také podporovými příčnicí v místě pilířů o výšce 1,6 m. Hlavní nosníky jsou opatřeny příčnými výztuhami po vzdálenostech 3,0 m. Vzdálenost levého mostu od osy komunikace je 6,4 m a pravého mostu 6,15 m.

Jako v předchozích variantách je navržen jednostranný příčný sklon o hodnotě 5 ‰, což zároveň zajišťuje také odvodnění povrchu vozovky do kanálků u okraje levé římsy.

Uložení je provedeno pomocí dvojice ložisek na každém pilíři. Byla navržena ložiska hrncová o rozměrech 0,8 x 0,8 m.



Obr. 1.3 Příčný řez - varianta C

1.4 ZHODNOCENÍ VARIANT

Jedním z rozhodujících faktorů pro výběr výsledné varianty řešení je výška mostu, která je omezená niveletou mostu a niveletou přemostřované koleje. Vzhledem k omezenému prostoro-rovému uspořádání připadá v úvahu jako nejvýhodnější varianta A dvou komorových nosníků nebo varianta B betonové desky spřažené s ocelovými nosníky, u kterých konstrukční výška nosné konstrukce dosahuje hodnoty 3,0 m. Tím zůstane dostatečná volná výška pod mostem pro volný mostní průřez VMP 3,0 a trakční vedení bez nutnosti upravovat výškový průběh nivelety. Naopak v případě varianty C, komorového nosníku s velmi vyloženými konzolami, u kterého konstrukční výška dosahuje 3,6 m, by bylo nutné provést vyšší násypy před a za mostem, což by se nepříznivěji projevilo nejen na výsledné ceně, ale také na estetické stránce konstrukce a celkovém rázu krajiny.

Výhodou první varianty dvou komorových nosníků je dále z hlediska statického působení jejich příznivý vliv v kroucení. Naopak nevýhodou může být vliv bludných proudů v nosné konstrukci kvůli bezprostřední blízkosti s železniční tratí. Dalším faktorem je cena konstrukce. U varianty C by se stavební práce prodražily také o komplikovanější a mohutnější spodní stavbu a v neposlední řadě také o výstavbu nosné konstrukce, která není v současnosti tak běžná jako např. výstavba klasického komorového nosníku. Co se ekonomického zhodnocení varianty spřažené desky týče, obecně jsou ocelové konstrukce dražší než betonové a tudíž nejlevnější řešení připadá variantě první, tedy dvěma komorovým nosníkům. Ani z estetického hlediska nemá spřažená deska s ocelovými nosníky výrazný náskok před komorovým průřezem. Příčné výztuhy hlavních nosníků rozmístěné po celé délce nosné konstrukce mohou působit rušivým dojmem.

Z výše uvedených důvodů byla pro další výpočet vybrána **varianta A - dva komorové nosníky**, přičemž statický výpočet se věnuje mostu pravému ve směru staničení.

2 PRŮVODNÍ ZPRÁVA

2.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Stavba:	Betonový most komorového průřezu
Název mostu:	Most na silnici I/44 na obchvatu obce Bludov
Kraj:	Olomoucký
Katastrální území:	Bludov, č. k. ú. 605816 Postřelmov, č. k. ú. 726176
Okres:	Šumperk
Obec:	Bludov Postřelmov
Investor:	MÚ, Bludov 789 61 Jana Žižky 195
Správce mostu:	MÚ, Bludov 789 61 Jana Žižky 195
Projektant:	Bc. David Majer
Pozemní komunikace (kat.):	Komunikace I/44 (S21,5/100)
Předmět přemostění:	železniční trať, řeka Morava
Staničení křížení:	km 17,992 640
Úhel křížení:	$\alpha = 21,3388^\circ$

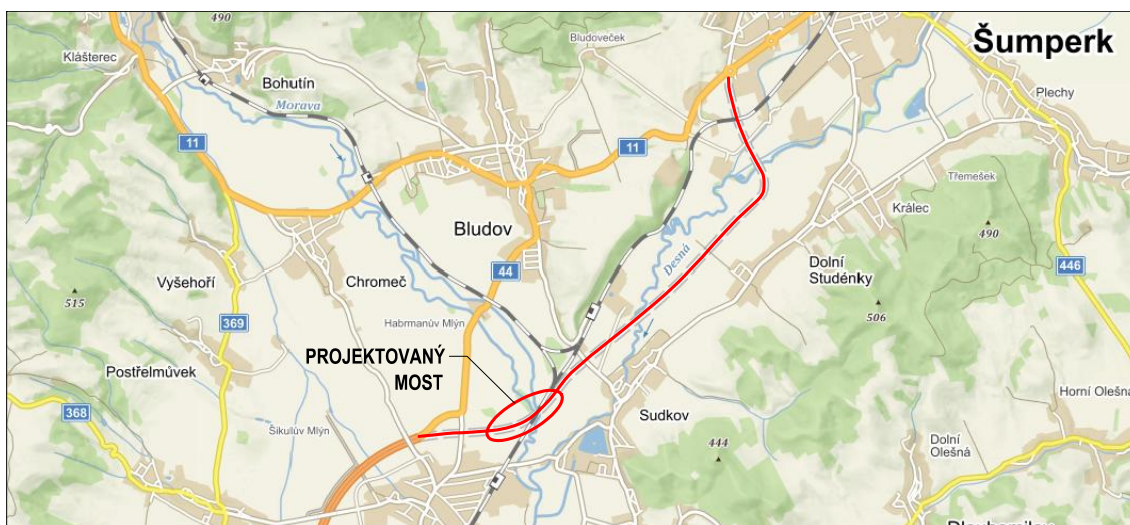
2.2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTU

	<u>Levý most</u>	<u>Pravý most</u>
Vzd. k ose komunikace:	6,250 m	6,300 m
Délka přemostění:	229,280 m	232,500 m
Délka mostu:	246,340 m	249,800 m
Délka nosné konstrukce:	232,340 m	235,600 m
Počet polí:	5	5
Šikmost (v uložení):	$\alpha = 100,0000^\circ$	$\alpha = 100,0000^\circ$
Šířka mezi svodidly:	10,250 m	9,750 m
Šířka říms:	1,500 m + 0,950 m	0,950 m + 1,500 m
Šířka nosné konstrukce:	12,200 m	11,700 m
Šířka chodníků L/P:	0,820 m/není	není/0,820 m
Šířka mostu:	12,700 m	12,200 m
Konstrukční výška v ose mostu:	3,000 m	3,000 m
Volná výška mostu (2. pole):	7,134 m	7,611 m
Stavební výška mostu (vč. průhybu):	3,140+X m	3,140+X m
Výška mostu:	10,007 m	10,484 m
Plocha mostu:	3128,520 m ²	3047,560 m ²
Plocha nosné konstrukce:	2834,550 m ²	2756,520 m ²
Zatížení mostu (dle ČSN EN 1991-1-2):	skupina 1	skupina 1
Poloha mostovky:	horní	horní

2.3 ZDŮVODNĚNÍ STAVBY

V rámci výstavby zamýšleného obchvatu navazujícího na silnici I/44 kolem obce Bludov a napojení na I/11 před obcí Šumperk bude nutné překonat stávající železniční trať, která již nyní v uvažovaném místě křížení probíhá přes drážní most nad řekou Moravou. Navržený most přemostuje estakádově jak tuto železniční trať, tak řeku Moravu a související inundační území na celkové délce mostu 249,800 m.

2.4 SITUACE ŠIRŠÍCH VZTAHŮ



Obr. 2.1 Situace zamýšleného obchvatu u obce Bludov



Obr. 2.2 Umístění projektovaného mostu

3 TECHNICKÁ ZPRÁVA

3.1 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ A STAVEBNÍHO MÍSTA

3.1.1 POLOHA A ÚDAJE O STAVBĚ

Zájmové území je situováno v extravilánu katastrálních území obcí Bludov a Postřelmov. Vzdálenost vzdušnou čarou k nejbližší zastavěné ploše je přibližně 1,1 km a nehrozí tedy významné zhoršení životních podmínek obyvatel žijících v okolí. V dané oblasti je zamýšlena výstavba obchvatu obce Bludov, který se napojí na stávající komunikaci I/44 u obce Postřelmov a odkloní dopravu až k obci Šumperk, kde se zpět napojí na stávající komunikaci I/11. V rámci výstavby obchvatu bude mimo jiné nutné v km 17, 992 640 přemostit stávající železniční jednokolejnou trať, která sama o sobě přemostňuje v daném místě řeku Moravu. Celkový ráz krajiny je v této oblasti výrazně rovinný a území je využíváno k zemědělským účelům.

Most je navržen tak, aby navazoval na návrhovou kategorii S21,5/100 silnice I/44. Bude tvořen dvěma samostatnými konstrukcemi. Z hlediska směrového řešení leží most v levostranném oblouku o poloměru $R = 900$ m (v ose komunikace), jenž navazuje na přechodnice o parametrech $A1 = 424,26$ m ($L1 = 200$ m) a $A2 = 519,62$ m ($L2 = 300$ m). V podélném směru trasa zprvu roste v podélném sklonu 0,1 %, přejde do vrcholového oblouku a následně klesá až na -0,7 %. Most je navržen v jednostranném příčném sklonu 5,0 %.

NAVRŽENÉ ŠÍRKOVÉ USPOŘÁDÁNÍ:

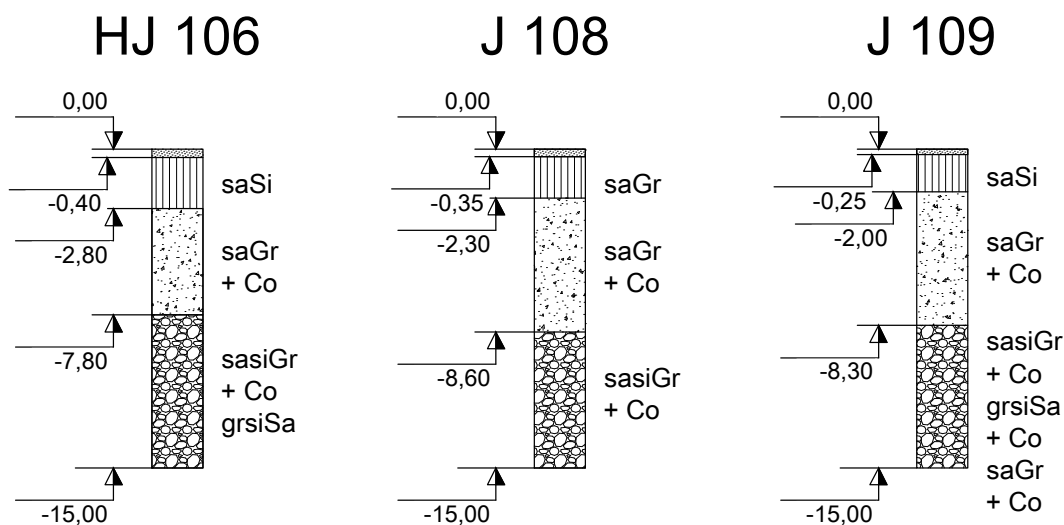
Stěna pro ochranu ptactva:	0,32 m
Chodník:	0,75 m
Svodidlo:	0,43 m
Zpevněná krajnice:	2,25 m
Vodící proužek:	0,25 m
Jízdní pruh:	3,50 m
Jízdní pruh:	3,50 m
Vodící proužek:	0,25 m
Zpevněná krajnice:	0,50 m
Římsa se svodidly:	0,95 m
Zrcadlo:	0,10 m
Římsa:	0,95 m
Zpevněná krajnice:	0,50 m
Vodící proužek:	0,25 m
Jízdní pruh:	3,50 m
Jízdní pruh:	3,50 m
Vodící proužek:	0,25 m
Zpevněná krajnice:	1,75 m
Svodidlo:	0,43 m
Chodník:	0,75 m
Stěna pro ochranu ptactva:	0,32 m
Celkem:	25,0 m

3.1.2 ÚDAJE O KŘÍŽENÍ PŘEKÁŽEK

Most kříží železniční trať na trase Záhřeb - Šumperk a zároveň řeku Moravu. Úhel křížení s železnicí je $\alpha = 21,3388^\circ$, volná výška pod mostem v místě křížení je 7,134 m. Normální úroveň hladiny řeky Moravy od terénu je v místě křížení 1,132 m.

3.1.3 GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Pro zjištění mocnosti jednotlivých vrstev základové půdy a získání informací o geologických a hydrogeologických poměrech byl zhotoven během přípravných prací inženýrsko-geologický průzkum. Za tímto účelem byly zhotoveny tři vrtané sondy hloubky 15 m a průměru 2,4 m. Ornice zasahovala do hloubky až 0,4 m. Geologické profily půdy jsou následující:



Obr. 3.1 Geologické profily vrtaných sond

POJMENOVÁNÍ ZEMIN:

saSi	písčítý prach (hlína)
saGr + Co:	písčítý štěr s valouny
sasiGr + Co:	štěr písčito-hlinitý s valouny
grsiSa:	písek hlinito-štěrkovitý

3.1.4 INŽENÝRSKÉ SÍTĚ A JINÉ OBJEKTY

V blízkosti stavby se nevyskytují žádné jiné stavební objekty. Co se týče inženýrských sítí, jejich výčet udává následující seznam:

INŽENÝRSKÉ SÍTĚ:

Plynovod RWE:	km 18,065 900	(nutno přeložit)
Plynovod RWE:	km 18,075 874	(nutno přeložit)
Sdělovací kabel ČD:	km 18,091 513	
Sdělovací kabel SŽDC:	km 18,098 896	

3.2 STAVEBNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU

3.2.1 ZEMNÍ PRÁCE

V souladu s platnými předpisy bude při realizaci mostu sejmuta ornice v tl. 0,35 m. Následně se vykopou základové jámy pro vybetonování základových patek a zhotoví se vrtané piloty. Základové jámy se rozšíří na každou stranu o 0,8 m více, než je příslušný rozměr základové patky, a jejich stěny budou ve sklonu 1:1. V místě opěr se nejdříve zbudují násypy, ve kterých se zhotoví také vrtané piloty se základovými pasy a podkladním betonem. Opěry se následně zasypou nenamrzavou a propustnou zeminou, hutněnou po max. 0,3 m.

3.2.2 ZALOŽENÍ OBJEKTU A SPODNÍ STAVBA

V rámci výstavby bude nutné každý z mostů založit na 4 podpěrách a 2 krajních společných opěrách. Založení podpěr je realizováno jako hlubinné, pomocí 12 vrtaných železobetonových pilot o průměru $R = 0,9$ m z betonu třídy C25/30 pro každou podpěru. Piloty jsou hluboké 14,5 m a dosahují do únosné vrstvy základové půdy. Nad nimi je vybetonována základová patka z betonu tř. C30/37 o půdorysných rozměrech 4,6 x 7,5 m a výšce 1,6 m, uložená na podkladní beton tl. 0,15 m z betonu tř. C12/15. Horní povrch je kvůli odvodnění vyspádován ve sklonu 10 % směrem k okrajům.

Také opěry jsou založeny na skupině pilot stejných rozměrů. Základové pasy vybetonované nad nimi mají rozměry 4,15 x 17,6 m s výškou 1,5 m z tř. betonu C30/37 a jsou uloženy na podkladní beton tl. 0,15 m z tř. betonu C12/15.

Na základové pasy opěr navazují samotné opěry, které jsou navrženy jako monolitické, masivní, gravitační z železobetonu C30/37 XF2. Délka opěr je 17,6 m a šířka 3,15 m.

Na opěrách jsou nasazeny úložné prahy z železobetonu C30/37 o šířce a délce opěr, tloušťky 0,8 m. Horní povrch je ve sklonu 4,0 % kvůli odvodu vody do žlábků u vetknutí závěrné zídky do úložného prahu. Případné nerovnosti vyrovnávají úložné bloky, na které jsou osazena ložiska. Závěrná zídka má výšku 3,4 m a tloušťku také 0,8 m. U horního povrchu je rozšířená kvůli umístění mostního závěru. Pomocí vrubového kloubu je do ní také uchycena přechodová deska z betonu tř. C25/30, délky 5,5 m, tloušťky 0,3 m a sklonu 1:10 na podkladní beton C12/15.

Mostní křídla jsou zavěšená, tvarem lichoběžníková, monoliticky spojená s opěrami, z železobetonu třídy C25/30 XF2 a jejich tloušťka je 0,50 m.

Odvodnění rubu opěr je zprostředkováno pomocí drenážní trubky DN200 uložené do ŠP 0-32 mm na podkladní beton tl. 100 mm. Rub opěr je také opatřen izolačními nátěry. Přechodový klín za opěrou je vytvořen ze zásypu ŠD 0-32 mm, hutněného max. po 0,3 m.

V příčném směru má dřík podpěr u základové patky šířku 3 m a směrem k hornímu povrchu se rozšiřuje o poloměru 34,210 m až na šířku 4,995 m. Ve směru podélném má šířku 2 m a s poloměrem 31028 m se rozšiřuje až na 2,396 m. Hrany jsou zaobleny poloměrem 0,9 m. Na povrchu je po celé jejich výšce zhotoveno vybrání o hloubce 0,1 m, které kopíruje celkový design dříku. Na jedné straně je dále provedeno další vybrání 0,2 x 0,2 m, ve kterém bude umístěna odvodňovací trubka. Horní povrch je vyspádován ve sklonu 4 %. Podpěry jsou z třídy betonu C30/37 XF2.

3.2.3 NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosná konstrukce pravého mostu je navržena jako spojitá, monolitická, dodatečně pře-depnutá konstrukce komorového průřezu z železobetonu třídy C35/45 XC4, XD1, XF2. V po-délném směru jsou rozpětí jednotlivých polí 42 + 60 + 60 + 40 + 32 m. Délka nosné konstrukce tak dosahuje 235,600 m. Předepnutí bude realizováno pomocí předpínacích lan Y1860-S7-15,7-A a k vyztužení betonářskou výztuží bude použita třída B500B.

Komora má v ose mostu výšku 3,0 m, tloušťka spodní i horní desky je 0,35 m s náběhy směrem ke stěnám komory až do tloušťky 0,55 m. Stěny jsou zešikmené o 0,9 m a mají šířku 0,6 m. Šířka spodní desky je 5,0 m a krajní konzoly dosahují šířky 2,457 m. Celková šířka nosné konstrukce dosahuje 11,700 m. V podélném směru je spodní deska vnitřních polí vyspádovaná směrem k pilířům na délce 0,2·L příslušného rozpětí pole, spodní deska krajních polí potom 0,1·L.

Nad podporami jsou zhotoveny příčníky o šířce 1,6 m s průleznými otvory o rozměrech 0,6 x 1,1 m.

Je navržen jednostranný příčný sklon o hodnotě 5 ‰, což zároveň zajišťuje také odvodnění povrchu vozovky do kanálků u okraje levé římsy.

Niveleta prochází v místě mostu v 17,929 519 km vrcholovým obloukem, podélný sklon je tudíž proměnný od 0,1 ‰ v 1. poli do -0,7 ‰ v 5. poli.

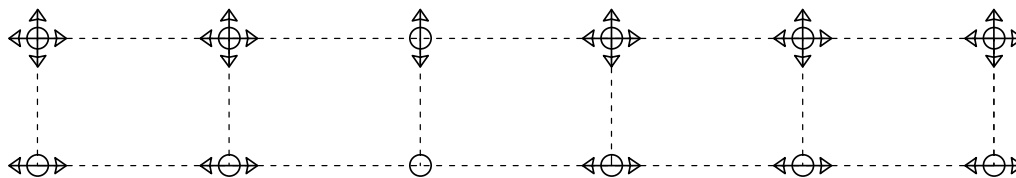
3.2.4 LOŽISKA

Nosná konstrukce pro jeden most bude uložena na 12 hrncových ložiskách na 2 opěrách a 4 podpěrách. Ložiska jsou navržena typu TETRON CD® od firmy Freyssinet. Parametry jednotlivých typů jsou uvedeny níže.

HRNCOVÁ LOŽISKA TETRON CD® FREYSSINET:

Typ ložiska	Pohyblivost	Rozměry [mm]	Hmotnost	Max. síla	Max. posun
FX 12000-600	pevné	835x865x162	565 kg	12/0,6 MN	-
GL 12000-50-20	všesměrné	795x855x169	595 kg	12 MN	50/20 mm
GG 12000-600-50	jednosměrné	820x860x184	675 kg	12/0,6 MN	50 mm

Na opěře č. 1 a č. 2 a na druhé, třetí a čtvrté podpěře bude na návodní straně ložisko všesměrně posuvné a na povodní straně podélně posuvné. Na druhé podpěře bude na návodní straně ložisko posuvné v příčném směru a na povodní straně ložisko pevné.



Obr. 3.2 Rozmístění ložisek

3.2.5 ŘÍMSY

Římsy jsou prefabrikované, železobetonové, z betonu C30/37 XF4, XD3. Tloušťka říms je 250 mm, výška vnějších částí je 650 mm a šířka horní části 950 mm (levá) a 1500 mm (pravá). Horní povrch říms je vyspádovaný sklonem 4,0 % směrem do vozovky. Oproti povrchu vozovky jsou římsy vyvýšené o 0,15 m.

Kvůli rozhledovým poměrům bylo nutné umístit oboustranné svodidlo na pravou římsu levého mostu. Na pravém mostu je tak osazena zábradelním svodidlem pouze římsa pravá, dále je osazena stěnou pro ochranu ptactva o výšce 3 m. Mezi touto stěnou a zábradelním svodidlem je navržen revizní chodník o šířce 0,75 m.

3.2.6 SVODIDLA A ZÁBRADLÍ

Jako záchytné zařízení mostu bylo navrženo zábradelní, ocelové svodidlo typu ZSNH4/H3 (úroveň zádržnosti svodidel H3, pro nárazovou rychlost $v \leq 100$ km/h pro osobní automobily do 0,9 t a pro $v \leq 80$ km/h pro nákladní automobily do 16 t). Sloupky budou rozmístěny po 2 m.

3.2.7 MOSTNÍ ZÁVĚRY

Mostní závěry jsou navrženy na začátku i na konci nosné konstrukce jako povrchové, hřebenové závěry typu CIPEC WP200 od firmy Freyssinet. Nutné vybrání závěrné zídky a nosné konstrukce je na šířku 235 mm a na výšku 350 mm od povrchu vozovky. Navržený mostní závěr umožňuje dilataci od 160 do 360 mm.

3.2.8 VOZOVKA

Skladba vozovky byla navržena dle ČSN 73 6242 *Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací* jako třívrstvá. Na nosnou konstrukci mostu bude použit adhezní nátěr z nízkoviskózních modifikovaných asfaltů doplněný skelnou mřížovou textilií.

SKLADBA VOZOVKY:

Asfaltový beton pro obrusnou vrstvu:	ACO 11+	40 mm	ČSN 73 6242
Spojovací postřík asfaltovou emulzí:	PS-E	0,35 kg/m ²	ČSN 73 6129
Asfaltový beton pro podkladní vrstvu:	ACP 16+	50 mm	ČSN 73 6242
Spojovací postřík asfaltovou emulzí:	PS-E	0,40 kg/m ²	ČSN 73 6129
Asfaltový mastix pro ochrannou vrstvu:	MA 16+ IV	40 mm	ČSN 73 6242
Adhezní nátěr z modifik. asfaltů:		10 mm	ČSN 73 6242

Celkem:

140 mm

3.2.9 ODVODNĚNÍ

Odvod vody z povrchu vozovky je zajištěn pomocí příčného sklonu 5 % (římsy 4,0 %) a podélného sklonu 0,1 až -0,7 %. Prosáklá voda z konstrukčních vrstev vozovky bude svedena po hydroizolaci ke krajům do kanálků z drenážního plastbetonu šířky 100 mm, odtud pomocí odvodňovacích trubek pod nosnou konstrukci mostu. Povrchová voda bude odvedena dešťovými vpustěmi (ACO HSD-2 300x500 mm) osazenými v rigolu, vybavenými přípojovacími trubkami (DN100) na odtokové potrubí (DN200). Součástí vpustí jsou také lapače splavenin.

3.3 POUŽITÉ MATERIÁLY

3.3.1 BETON

Konstrukční prvek	Třída	Třída prostředí	f_{ck} [MPa]	f_{ctm} [MPa]	E_{cm} [GPa]
Podkladní beton	C 12/15	XC1	12	1,6	26
Základové pasy	C 30/37	XC2, XA1	30	2,9	32
Základové patky	C 30/37	XC2, XA1	30	2,9	32
Mostní křídla	C 25/30	XC4, XD2, XF2	25	2,6	30
Piloty	C 25/30	XC2, XA1	25	2,6	30
Opěry	C 30/37	XC4, XD1, XF2	30	2,9	32
Úložné bloky	C 30/37	XC4, XD1, XF2	30	2,9	32
Nosná konstrukce	C 35/45	XC4, XD1, XF2	35	3,2	34
Římsy	C 30/37	XC4, XD3, XF4	30	2,9	32

3.3.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

Betonářská výztuž žebírková bude vyrobena z oceli třídy B500B. Stanovení minimálního krytí je součástí statického výpočtu v příloze P3.

3.3.3 PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ

Jako předpínací systém bude použit systém VSL 0,6", předpínací lana ocelová sedmidrátová, kotvy typu VSL-E a kruhové kabelové kanálky typu Plyduct z polyethylénu. V místech pracovních spar jsou použity pevné kabelové spojky VSL typu K a ve vzdálenosti 2 m za nimi jsou pro použity kluzné kabelové spojky VSL typu V. Počet lan v každém kabelu bude 22.

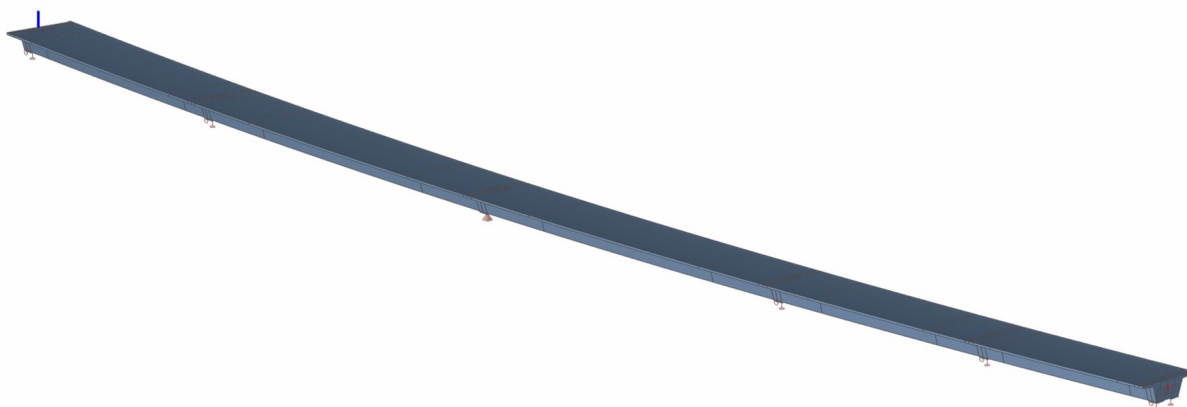
Předpínací lana	f_{pk} [MPa]	$f_{p0,1k}$ [MPa]	E_p [GPa]	A_{p1} [mm ²]
Y1860-S7-15,7-A	1860	1640	195	150

3.3.4 MATERIÁLY PRO ZÁSYPY

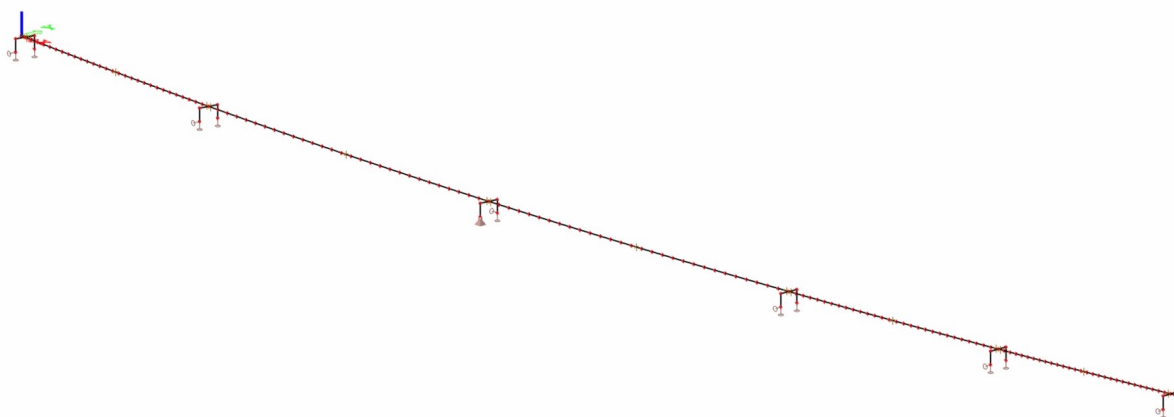
Materiály pro zásyp za mostními opěrami a přechodové oblasti z násypového tělesa na most se použijí v souladu s ČSN 73 6244 *Přechody mostů pozemních komunikací* a ČSN 73 6133 *Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*.

3.4 STATICKÉ PŮSOBENÍ

Analýza nosné konstrukce a účinky zatížení byly provedeny ve výpočetním programu Scia Enginner 2013. Byly namodelovány celkem tři statické modely - dva prutové a jeden deskostěnový. Pro určení statických veličin (ohybových a kroutících momentů, posouvajících sil, reakcí v ložiskách) v podélném směru byl vytvořen první prostorový prutový model, odpovídající střednici pravého mostu (vč. půdorysného a výškového zakřivení). Předpětí zde bylo zadáno pomocí ekvivalentního zatížení a zatížení dopravou pomocí modulu *pohyblivé zatížení*. Nepřímé uložení je realizováno pomocí nekonečně tuhých ramen v místě podpěr, kterým byla zadána nulová objemová hmotnost a vysoký modul pružnosti.

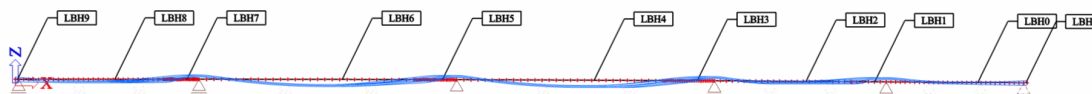


Obr. 3.3 Model č. 1 - renderovaný model

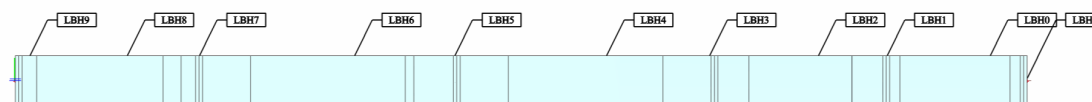


Obr. 3.4 Model č. 1 - střednice

Druhý prutový model slouží k výpočtu fázované výstavby a časové analýzy pomocí modulu TDA. V tomto modelu byly předpínací kabely zadány v modulu *předpětí*. Model je vytvořen jako rovinný rám v rovině XZ, přičemž výškové zakřivení bylo zohledněno.

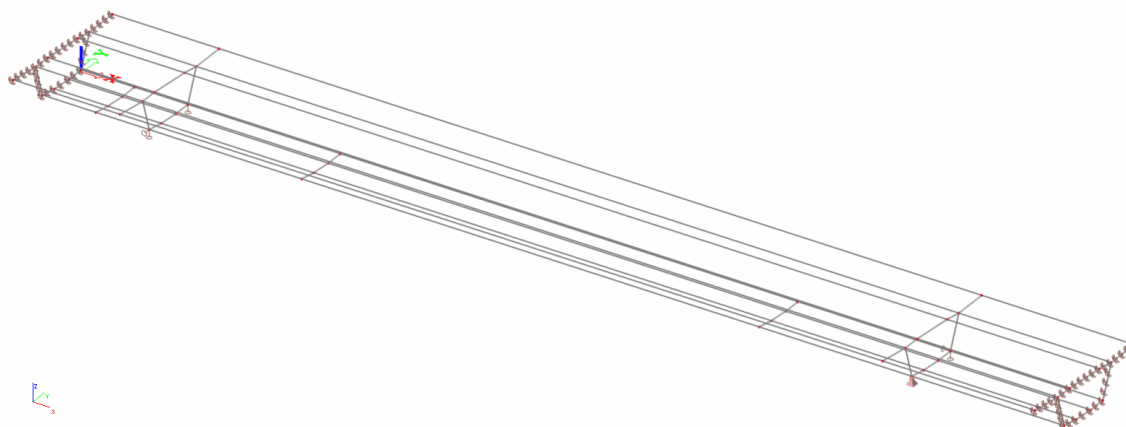


Obr. 3.5 Model č. 2 - střednice

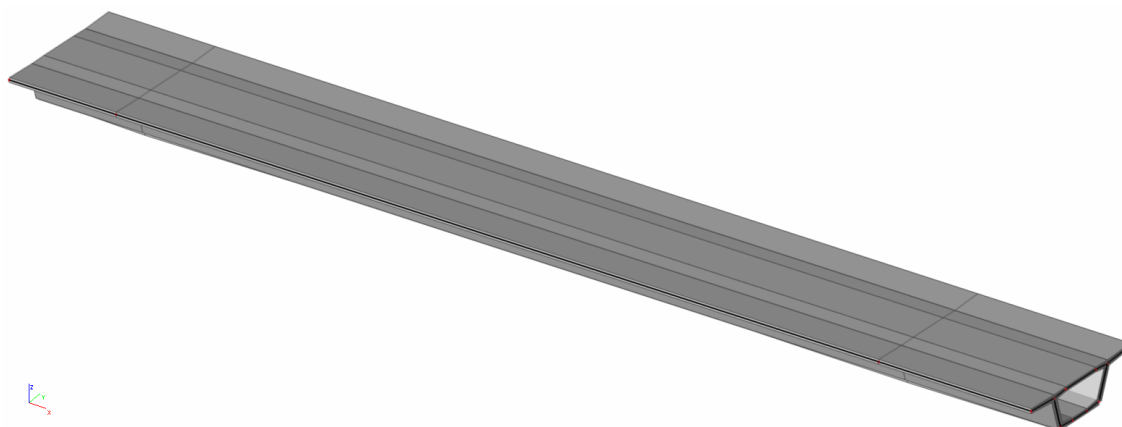


Obr. 3.6 Model č. 2 - půdorys

Třetí model, deskostěnový, o délce druhého pole s přesahy $0,2 \cdot L$ na obou stranách, byl vytvořen za účelem analýzy příčného směru.



Obr. 3.7 Model č. 3 - střednicové roviny



Obr. 3.8 Model č. 3 - renderovaný model

3.5 POSTUP VÝSTAVBY

3.5.1 PŘÍPRAVNÉ PRÁCE, SPODNÍ STAVBA

Nejdříve se provede skrývka ornice v hloubce 0,35 m. Následně se vytvoří na obou stranách budovaného mostu násypy pro dosažení projektované nivelety. Tyto násypy se v průběhu dalších prací částečně odtěží v rámci zhotovování opěr. Po vykopání stavebních jam pro základové patky podpěr a základové pasy opěr dojde k vyvrtání velkopřůměrových pilot hloubky 14,5 m. Piloty se osadí armovacím košem a zabetonují, v hlavách pilot se zhotoví podkladní beton tl. 0,15 m a na něm se vyztuží a vybetonují základové patky a základové pasy opěr, dále potom dříky pilířů, opěr a mostní křídla. Následně dojde ke zřízení drenážních trubek a hydroizolací a prostor za rubem opěr se zasype a zhutní vhodnou zeminou až po úroveň úložného bloku. Základové patky podpěr se zasypou a zhutní vhodnou zeminou do finálního stavu a do vzdálenosti 2,5 m od pilíře se terén zpevní kamennou dlažbou osazenou do betonu. Na úložné prahy se osadí skrze úložné bloky ložiska a následovně se zhotoví nosná konstrukce, po jejímž předepnutí se dobetonují závěrné zídky a prostor za nimi se zasype a zhutní až po horní povrch zídky. Poté se vybetonují přechodové desky na podkladním betonu v celé šíři za opěrami.

3.5.2 NOSNÁ KONSTRUKCE

Vzhledem k možnosti výluky na železnici proběhne betonáž nosné konstrukce na pevné skruži v celkem 5 fázích, po jednotlivých polích s částečnou konzolou v poli následujícím. V těchto místech bude provedena pracovní spára. Postup prací je vhodné provádět ve stoupání, tedy proti směru staničení, ve sklonu 0,7 % až 0 % v místě vrcholového oblouku.

V první fázi bude betonováno 5. pole na montážních podpěrách. Pracovní spára bude zhotovena ve 4. poli, a to 8,0 m od osy pilíře č. 4. Ve spáře bude zakotvena polovina předpínacích kabelů po 7 dnech od vybetonování. Dvě montážní podpěry zůstanou ponechány, zbytek skruže se posune do 4. pole.

V druhé fázi bude betonováno 4. pole obdobným způsobem. Pracovní spára bude umístěna ve vzdálenosti 12,0 m od osy pilíře č. 3. Betonáž proběhne po 14 dnech od betonáže první fáze a po dalších 7 dnech se dopne druhá polovina kabelů první fáze a ponechané montážní podpěry v 5. poli se odstraní. Po předepnutí druhé fáze se ponechají dvě montážní podpěry ve 4. poli.

Ve třetí fázi bude betonováno 3. pole. Pracovní spára bude umístěna ve vzdálenosti 10,0 m od osy pilíře č. 2. Betonáž proběhne po 14 dnech od betonáže druhé fáze a po dalších 7 dnech se dopne druhá polovina kabelů druhé fáze a ponechané montážní podpěry v 4. poli se odstraní. Po předepnutí třetí fáze se ponechají dvě montážní podpěry ve 3. poli.

Ve čtvrté fázi bude betonováno 2. pole. Pracovní spára bude umístěna ve vzdálenosti 8,4 m od osy pilíře č. 1. Betonáž proběhne po 14 dnech od betonáže třetí fáze a po dalších 7 dnech se dopne druhá polovina kabelů třetí fáze a ponechané montážní podpěry v 3. poli se odstraní. Po předepnutí čtvrté fáze se ponechají dvě montážní podpěry ve 2. poli. Betonáž 2. pole ve čtvrté fázi vyžaduje výluky na železniční trati.

V páté fázi bude betonováno 1. pole. Betonáž proběhne po 14 dnech od betonáže čtvrté fáze a po dalších 7 dnech se dopne druhá polovina kabelů čtvrté fáze a ponechané montážní podpěry v 2. poli se odstraní. Po předepnutí páté fáze se ponechají dvě montážní podpěry v 1. poli po dobu 14 dnů. Po této době se dopne zbývajících polovina kabelů v 1. poli.

Montážní podpěry jsou umisťovány rovnoměrně v každém poli ve třetinách rozpětí. Celková doba výluky na železniční trati bude 3 týdny.

3.5.3 MOSTNÍ SVRŠEK A VYBAVENÍ

Po zhotovení nosné konstrukce se položí na celé její ploše hydroizolace, osadí se prefabrikované římsy, na které se připevní svodidla a stěny pro ochranu ptactva. Dále se osadí mostní vpusti a odvodňovací trubky. Po dokončení úprav povrchu nosné konstrukce se zhotoví kryt vozovky.

3.5.4 DOKONČOVACÍ PRÁCE

V poslední řadě se zhotoví obslužná schodiště na obou stranách mostu, revizní lávky a odvodňovací skluzy. Na krytu vozovky se provede vodorovné a svislé dopravní značení. Na závěr se provede ohumusování potřebných ploch náspů a objekt se uvede do provozu.

ZÁVĚR

V této práci byl navržen mostní objekt na silnici I/44 Mohelnice - Jeseník na obchvatu obce Bludov přes řeku Moravu a jednokolejnou železniční trať na trase Záhřeb - Šumperk. V rámci studie byly navrženy tři varianty, ze kterých byla po zhodnocení vybrána varianta spojitého, pětipolového mostu průřezu dvou jednokomorových nosníků. Statická analýza se dále zabývala pouze mostem pravým. V programu Scia Engineer 2013 byly vytvořeny 2 prutové a 1 deskostěnový model mostu pro získání statických veličin v podélném a příčném směru s uvážením postupné výstavby. Posouzení konstrukce bylo provedeno na základě platných norem uvedených v seznamu použité literatury dle metody mezních stavů únosnosti a použitelnosti včetně časově závislé analýzy TDA. K danému mostu byl zpracována průvodní a technická zpráva, statický výpočet, přehledné výkresy a názorná vizualizace.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

LITERATURA:

- [1] NAVRÁTIL J. *Předpjaté betonové konstrukce*. 2. vyd. Brno, Cerm 2008. ISBN 978-80-7204-561-7.
- [2] STRÁSKÝ J., NEČAS R. *Betonové mosty I - modul M01 - Základní principy navrhování*. Brno, 2006.
- [3] KLUSÁČEK L. *Betonové mosty I - modul M02 - nosné konstrukce mostů*. Brno, 2006.
- [4] PANÁČEK J. *Betonové mosty I - modul M03 - spodní stavba a příslušenství mostních objektů*. Brno, 2006.

NORMY:

- [5] ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha, ČNI 2005.
- [6] ČSN EN 1991-2 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha, ČNI 2005.
- [7] ČSN EN 1992-2 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. Část 2: Betonové mosty - navrhování a konstrukční zásady*. Praha, ČNI 2007.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

- [8] Mapová aplikace. *Česká geologická služba*. [online] Naposled změněno 3. 5. 2016 (cit. 2. 7. 2017). Česky. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>
- [9] BL12 - Betonové mosty I. *Ústav betonových a zděných konstrukcí*. [online] (cit. 2. 7. 2017). Česky. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/kolacek.j/BL12.html>
- [10] Freyssinet CS, a.s. *Freyssinet*. [online] (cit. 2. 7. 2017). Česky. Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/>
- [11] Odvodnění mostů ACO *Stavební prvky*. [online] (cit. 2. 7. 2017). Česky. Dostupné z: <http://www.aco.cz/70-mostni-odvodneni.html>
- [12] Mapy.cz. [online]. 10.1.2016 [cit. 1. 7. 2017]. Česky. Dostupné z: <http://www.mapy.cz>

SEZNAM PŘÍLOH

P1 Použité podklady a studie řešení

P1.1 Podklady	
P1.2 Studie	(M 1:100, 1:250)

P2 Přehledné a podrobné výkresy, detaily

P2.1 Půdorys	(M 1:250)
P2.2 Podélný řez A-A'	(M 1:250)
P2.3 Příčný řez B-B'	(M 1:50)
P2.4 Příčný řez C-C'	(M 1:50)
P2.5 Výkres betonářské výztuže	(M 1:25)
P2.6 Výkres předpínací výztuže	(M 1:50, 1:10)

P3 Stavební postup a vizualizace

P3.1 Postup výstavby	(M 1:250)
P3.2 Vizualizace	

P4 Statický výpočet

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP

Popisný soubor závěrečné práce