



# 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

## ESTAKÁDA NA SILNICI I/57

FLYOVER BRIDGE ON THE I/57 ROAD

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vladimír Paleček

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

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. Vladimír Paleček
Název	Estakáda na silnici I/57
Vedoucí práce	Ing. Josef Panáček
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**

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 vyhodnotíte je.

Podrobný návrh nosné konstrukce vybraného mostu provedte podle mezních stavů včetně zvažování vlivu její výstavby.

Niveletu silnice a délku mostu můžete upravit. Směrové a šířkové uspořádání vozovky na mostě a úhly křížení s překážkami zachovejte. Výluky na železniční trati 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 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).

## **ABSTRAKT**

Cíl diplomové práce je návrh spojitě mostní konstrukce o pěti polích ve směru Město Albrechtice – Opava. Most překonává místní komunikaci a železniční trať a je součástí obchvatu Města Albrechtice. Ze tří navržených variant byla k podrobnému řešení vybrána dodatečně předpjatá dvoutrámová konstrukce a ta je posouzena dle mezních stavů a zahrnuje i vlivy postupné výstavby. Dále je vypracována podrobná výkresová dokumentace.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Dvoutrámová konstrukce, předpjatý beton, postupná výstavba, betonový silniční most, výkresová dokumentace.

## **ABSTRACT**

The aim of the diploma thesis is the design of a continuous bridge construction of five fields in the direction of the town Albrechtice - Opava. The bridge overcame local roads and railway tracks and is part of the bypass of Albrechtice. From the three proposed variants, a pre-stressed two-beam structure was selected for the detailed solution and it is assessed according to the limit states and includes the effects of gradual construction. Further detailed drawings are drawn up.

## **KEYWORDS**

Two-beam construction, prestressed concrete, construction process, concrete road bridge, drawing documentation.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Vladimír Paleček *Estakáda na silnici I/57*. Brno, 2019. 21 s., 55 s. příl.  
Diplomová 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 diplomové práce s názvem *Estakáda na silnici I/57* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11. 1. 2019

---

Bc. Vladimír Paleček  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Estakáda na silnici I/57* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2019

---

Bc. Vladimír Paleček  
autor práce

### Poděkování:

Zde bych rád poděkoval především svému vedoucímu, Ing. Josefu Panáčkovi, za skvělé vedení mé práce, trpělivost, vstřícnost při konzultacích a za věnovaný čas.

Dále chci poděkovat své rodině a své přítelkyni za oporu, kterou mi byli během celého studia.



# 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

## ESTAKÁDA NA SILNICI I/57

FLYOVER BRIDGE ON THE I/57 ROAD

## PRŮVODNÍ ZPRÁVA

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vladimír Paleček

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2019





## Obsah

1. ÚVOD.....	10
2. STUDIE A VARIANTY ŘEŠENÍ.....	11
2.1. Varianta A .....	11
2.2. Varianta B .....	12
2.3. Varianta C.....	13
2.4. Výběr finální varianty .....	13
3. PARAMETRY MOSTU .....	14
3.1. Umístění mostu .....	14
3.2. Nosná konstrukce.....	14
3.3. Převáděná komunikace .....	14
3.4. Šířkové uspořádání.....	14
3.5. Skladba vozovky.....	15
3.6. Překážky.....	15
3.7. Geologické poměry .....	15
3.8. Založení.....	15
3.9. Spodní stavba.....	16
3.10. Mostní vybavení .....	16
3.11. Použité materiály .....	17
4. POSTUP VÝSTAVBY.....	17
5. POZNÁMKY K NÁVRHU A STATICKÉMU VÝPOČTU.....	18
5.1. Filozofie návrhu .....	18
5.2. Předběžný návrh.....	18
5.3. Použitý software a přesný návrh.....	18
6. ZÁVĚR .....	19
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	20
8. SEZNAM PŘÍLOH.....	21



## 1. ÚVOD

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a posoudit dodatečně předpjatý betonový most, který křížuje místní komunikaci a železnici. Mostní konstrukce se nachází u Města Albrechtice na silnici I/57 vedoucí na Opavu.

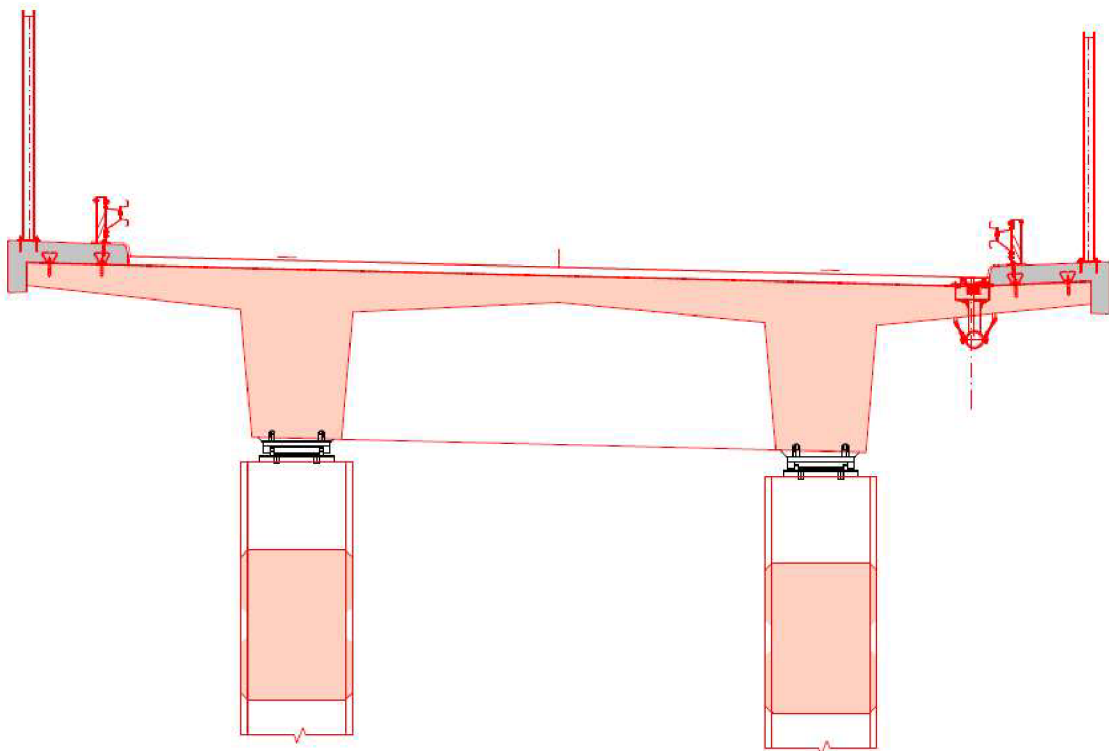
Pro zadané příčné uspořádání, charakter terénu, překážek a podloží byly vypracovány tři varianty řešení (viz níže). Jako výsledná varianta pro podrobnou analýzu byla vybrána varianta A – dvoutrámová mostní konstrukce.

Pro tuto variantu byla provedena podrobná statická i konstrukční analýza podle mezních stavů se zahrnutím účinků postupné výstavby. Součástí práce je také výkresová dokumentace, postup výstavby a průvodní zpráva.

## 2. STUDIE A VARIANTY ŘEŠENÍ

Níže budou popsány jednotlivé předběžné varianty řešení. Vzhledem k parametrům zadání a charakteristikám přemostovaných překážek, bylo nutno navrhnout řešení s co nejnižší konstrukční výškou. Každá z variant má vypracován schematický předběžný návrh, ty jsou k dispozici v příloze P1.

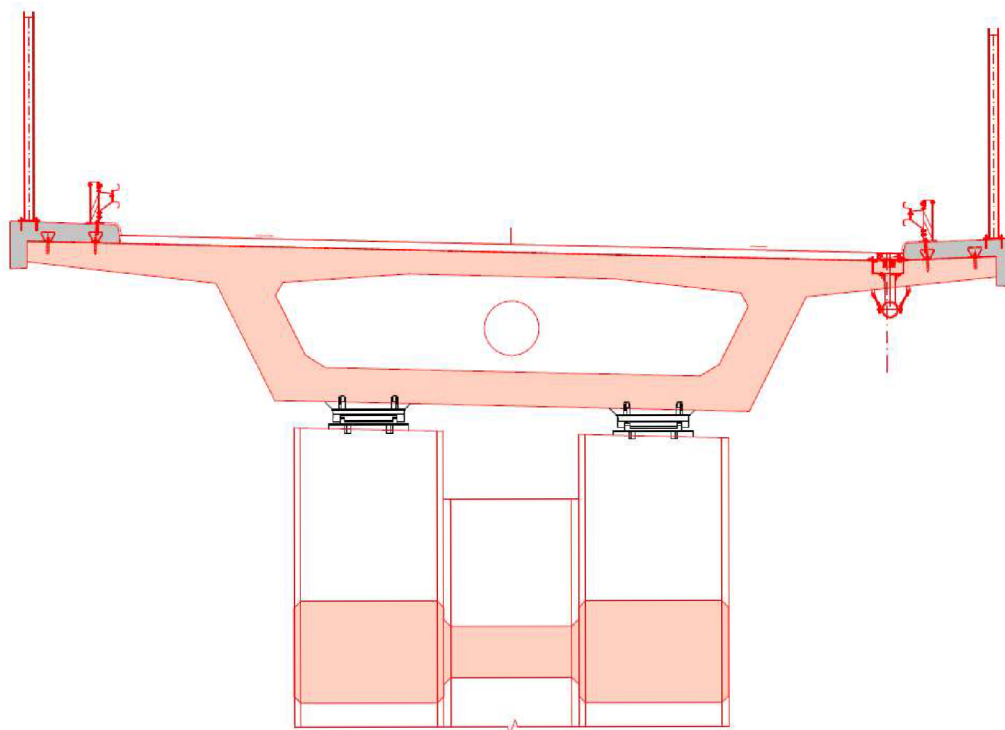
### 2.1. Varianta A



Obrázek 1 - Dvoutrámová varianta

Jedná se o dvoutrámovou variantu konstantního průřezu po celé délce. Toto řešení je efektivní při rozpětí cca 45 m. Navrhuji proto tuto variantu jako spojitý nosník o pěti polích se světlostí 32+45+45+45+32 m. Celková délka NK je poté 201 m. Výška trámu byla odhadnuta na 2,25 m a sklon horní desky kopíruje spád vozovky. Podepření je navrženo jako přímé pod trámy v místě příčník. Most je tvořen jednou mostní konstrukcí a při těchto rozpětích polí je jeho návrh ekonomický. Jednou z výhod je též jednoduchá geometrie umožňující snadné provedení bednění.

## 2.2. Varianta B

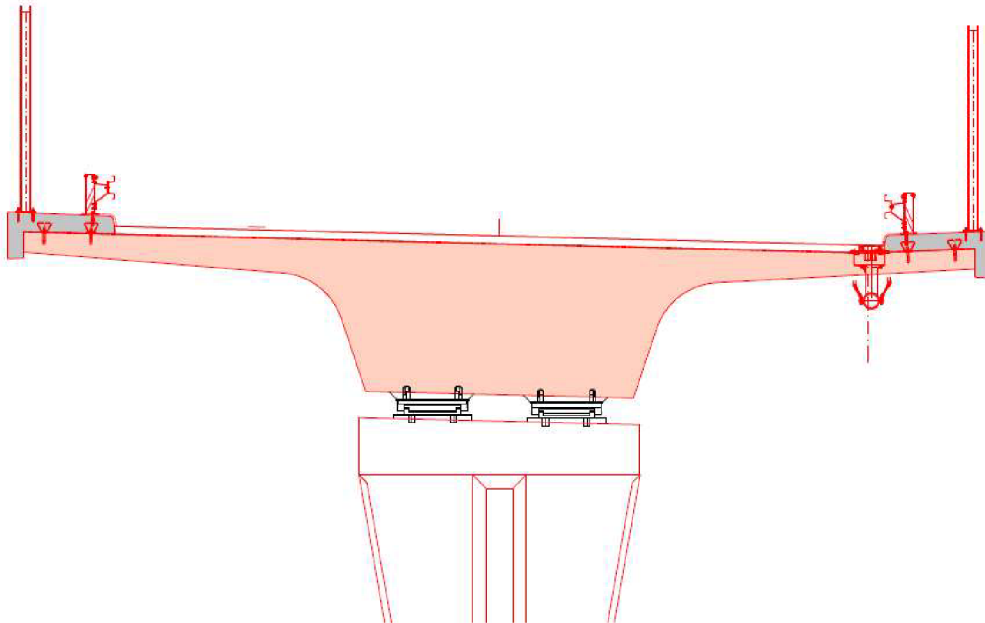


Obrázek 2 - Komorová varianta

Zde se jedná o komorovou konstrukci konstantního průřezu po celé délce.

Výška nosné konstrukce byla odhadnuta na 2,25 m. Rozpětí polí a délka nosné konstrukce je stejná jako v předchozí variantě. Uložení je zde nepřímě v místě příčnicku. Zde bych jako nevýhodu viděl nutnost masivní opěry a složité technologie výstavby. Dále vzhledem k tomu kde se most nachází si myslím, že by nezapadl do okolního terénu.

### 2.3. Varianta C



Obrázek 3 - Jednotrámová varianta

Jde o jednotrámovou variantu s páteřním nosníkem. Vzhledem k rozpětí polí bylo nutno tuto variantu navrhnout s náběhy. V tomto případě je most stejně jako předchozí varianty pětipolový s identickým rozpětím polí a délkou NK. Výška nosníku byla odhadnuta na 1,5m v poli a na 2,25 m nad podporou. Výhodou tohoto řešení je dostatečný prostor na kabely a relativně snadné provedení. Nevýhodou je velké rozpětí polí a tím i veliké rozměry samotné konstrukce, která se tak stává neekonomickou a také kvůli hraničnímu rozpětí by zde mohl nastat problém s dimenzováním.

### 2.4. Výběr finální varianty

K dalšímu zpracování jsem po uvážení typu komunikace, charakteru terénu a přemostovaných překážek a technologii výstavby, vybral variantu A. Dle mého názoru je tato varianta nejekonomičtější, nejlépe zapadne do okolního terénu a díky její jednoduchosti se bude dobře provádět.



### 3. PARAMETRY MOSTU

#### 3.1. Umístění mostu

Most se nachází na silnici I/57 na obchvatu Města Albrechtice ve směru Město Albrechtice – Opava. Účelem stavby je převedení silnice I/57 přes místní komunikaci a železniční trať.

#### 3.2. Nosná konstrukce

Délka mostu:	214,781 m
Délka NK:	201,0 m
Délka přemostění:	197,0 m
Rozpětí polí:	32+45+45+45+32 m
Šikmost mostu:	most v oblouku R=600m
Šířka mostu:	14,7 m
Šířka mezi svodidly:	11,5 m
Šířka služebního chodníku:	0,75 m na obou stranách
Výška mostu nad terénem:	cca 8,8 m
Stavební výška:	2,37 m
Celková šířka mostu:	14,7 m
Šířka nosné konstrukce:	14,2 m

Zatížení mostu uvažováno pro pozemní komunikace 1. Skupiny dle ČSN EN 1991-2

#### 3.3. Převáděná komunikace

Komunikace je projektována jako S11,5/90 s oboustrannými revizními chodníky. Niveleta je klesající a to ve sklonu 2,1%, příčný sklon je jednostranný 3,5% na mostě a 4,0 % za mostem. Komunikace je vedena ve směrovém oblouku R=600 m. Sklon chodníku je 4,0%.

#### 3.4. Šířkové uspořádání

PHS a přesah římsy:	0,35 m
Revizní chodník:	0,75 m
Zábradelní svodidlo:	0,5 m



Odstavný pruh:	2,0 m
Vodící proužek:	0,25 m
Jízdní pruh:	3,5 m
Jízdní pruh:	3,5 m
Vodící proužek:	0,25 m
Odstavný pruh:	2,0 m
Zábradelní svodidlo:	0,5 m
Revizní chodník:	0,75 m
PHS a přesah římsy:	0,35 m
Celková šířka mostu je:	14,7 m

### 3.5. Skladba vozovky

Asfaltový beton mastixový	SMA 11 S	40 mm
Asfaltový beton	ACL 16 S	50 mm
Litý asfalt	MA 11 IV	35 mm
Stříkaná izolace	PU, PMMA	5 mm

Kotevní impregnační nátěr

### 3.6. Překážky

Překážku tvoří dvě místní komunikace a to ve staničení km 1,594 60 a km 1,634 57 a železniční trať ve staničení km 1,689 57.

### 3.7. Geologické poměry

Byl vypracován inženýrsko-geologický průzkum pomocí jádrových vývrtů a ten odhalil převážně hlinité a štěrkovité podloží.

### 3.8. Založení

Založení je navrženo na velkopřůměrových pilotách o průměru 900 mm pod opěrami a 1200 mm pod pilíři. Pod každou opěrou se nachází 12 pilot délky 10 m a pod každým pilířem je 10 pilot o délce 14 m.

### 3.9. Spodní stavba

Opěry jsou navrženy jako železobetonové tížné opěry. Obě opěry jsou umístěny na násypu a jsou do nich vetknuta mostní křídla pomocí rozšíření opěry. V místech trámů jsou umístěny úložné prahy s podložiskovými bloky, tyto prahy splňují požadavek min. výšky 400 mm. Ložiska budou hrncová.

V poli jsou potom navrženy železobetonové pilíře s rozměry 2,0x1,5 m pod každým trámem samostatně, pilíře mají podélné vybrání na delší straně a zkosené hrany. Pilíře jsou pak založeny na společném základě o rozměrech 4x10,5x2m ten je pak podepřen pilotami.

### 3.10. Mostní vybavení

Římsy:

Jsou navrženy z betonu C30/37-XF4 a oceli B550B. Římsy jsou rozšířeny o revizní chodník. Na vnější straně říms je kotvena PHS a jejich přesah přes NK činí 250 mm. Dále je do říms kotveno mostní ocelové svodidlo a samotné římsy jsou kotveny pomocí kotev do nosné konstrukce. Římsy mají celkovou šířku 1400 mm a příčný sklon 4% směrem do vozovky.

Záchytné systémy:

Na mostě se počítá s mostním ocelovým svodidlem s min. úrovní zadržení H2, jeho výška je 0,6 m a je kotveno do říms pomocí šroubů. Vzdálenost sloupků svodidla bude 2 m a bude ukončeno v místě mostního závěru, kde na něj naváže ocelové silniční svodidlo s min. úrovní zadržení N2. Na vnější straně jsou chodníky ochráněny protihlukovou stěnou.

Ložiska:

Ložiska jsou hrncová. Na opěrách a podpěrách 2,4,5 jsou ložiska navržena ve směru staničení takto: na pravé straně podélně posuvné na levé straně všesměrná. U podpěry 3 je na pravé straně pevné ložisko a na levé příčně posuvné. Konstrukce bude dilatovat na obě strany.

Dilatační závěry:

Na obou stranách je navrhnut mostní závěr s roznášecím roštovým mechanismem.

Izolace mostu:

Izolace mostovky bude provedena celoplošně, natavovanými izolačními pásy na pečetící vrstvě.



Odvodnění izolace:

Dešťová voda bude svedena pomocí mostních odvodňovačů. Ty budou umístěny vždy v místech podpěr a polovině polí. Jako svod bude trubka DN 150, která bude svedena po podpěře do příkopy. Odvodnění z polí bude zajištěno horizontální trubkou.

### 3.11. Použité materiály

Beton:

Nosná konstrukce: C40/50 – XF2, XC4, XD3

Římsy: C30/37 – XF4

Podpěry: C30/37 – XF2, XA1

Základ: C30/37 – XA1

Podkladní beton: C16/20 – XC0

Piloty: C25/30 – XA1

Ocel:

Betonářské výztuž B550B

Předpínací výztuž:

Podélná: Y 1860 S7 – 15,7 – A

## 4. POSTUP VÝSTAVBY

Stavba bude zahájena nejspíš někdy z jara a bude trvat celkem 267 dní. Více informací viz příloha P3.

Stavba započne sejmutím ornice a přípravou staveniště na to plynule navážou zemní práce a stavba základů, opěr a podpěr. Tato fáze bude trvat 90 dní.

Poté bude stavěna nosná konstrukce mostu, ta bude mít pět fází a bude prováděna na pevné skruži. Betonáž začne u opěry 6 a bude probíhat proti směru staničení. Po vybetonování se konstrukce po deseti dnech předepne a odskrúží (krom dvou montážních podpěr) a přejde se na přípravu další fáze. Každá fáze by měla trvat 20 dní.

Po dokončení NK budou provedeny izolace, stavba závěrných zdí, říms, osazení svodidel atd. Na tuto fázi je i s předáním vyhrazeno 71 dní.

## 5. POZNÁMKY K NÁVRHU A STATICKÉMU VÝPOČTU

V této kapitole bych chtěl nastínit, jak jsem postupoval při návrhu konstrukce.

### 5.1. Filozofie návrhu

Jako svou diplomovou práci jsem chtěl zpracovat zadání, které by mě mohlo potkat po dokončení školy v praxi. Proto jsem zvolil dvoutrámovou konstrukci, kde jsem si chtěl vyzkoušet jak, se tato konstrukce chová pod vlivem zatížení, předpětí i postupné výstavby a jak tato konstrukce bude celkově vycházet v mezních stavech.

### 5.2. Předběžný návrh

Výpočet jsem začal předběžným zjednodušeným návrhem předpětí pomocí metody vyrovnání stálých zatížení. To se úspěšně povedlo a já pak mohl přistoupit k přesnějšímu výpočtu pomocí statického softwaru.

### 5.3. Použitý software a přesný návrh

Přesné statické výpočty jsem dělal v programu SCIA Engineer 18.1, kde jsem vytvořil dva modely. První model prutový pro zahrnutí vlivu postupné výstavby, reologických jev a přesněji navrženého předpětí (to jsem importoval ze ZWCADu) a trasování. Druhý model jsem vymodeloval jako desko-prutový model, na němž jsem určoval účinky kroucení na konstrukci a také vnitřní síly pro návrh příčného směru. Tyto vnitřní síly jsem použil pro posouzení konstrukce na mezní stavy a příčný směr. Posudky byly provedeny „ručně“ za pomoci excelu.

Seznam použitého softwaru:	SCIA Engineer 18.1
	ZWCAD 2019
	Microsoft Word 2007
	Microsoft Excel 2007



## 6. ZÁVĚR

V průvodní zprávě jsou popsány základní i podrobné údaje o mostě, okolí a převáděné komunikaci. Dále zde byly představeny možné varianty řešení, ze kterých byla vybrána jedna k dalšímu podrobnějšímu zpracování a posouzení na mezní stavy použitelnosti a únosnosti. V příloze P1 naleznete zadání a předběžné varianty řešení, v příloze P2 pak výkresovou dokumentaci, v P3 postup výstavby a časový harmonogram a v příloze P4 statický výpočet.



## 7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

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

ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. 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 1992-1-5. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou. Praha: Český normalizační institut, 2005.

ZICH Miloš a kolektiv. Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů. Praha: Dashöfer, 2010

NAVRÁTIL, Jaroslav. Předpjaté betonové konstrukce, Vydání 2 Brno, Akademické nakladatelství CERM, 2008

VSL SYSTEMY CZ. VSL SYSTÉMY CZ [online]. Praha: VSL SYSTEMY CZ, 2016. Dostupné z: <http://www.vsl.cz/>

STRÁSKÝ,J.; NEČAS,R., Betonové mosty II – Technologie výstavby mostů, Brno, 2007

Zápisky z přednášek z předmětu BL11 – předpjatý beton

Vzorové listy pozemních komunikací – VL4 Mosty, 2015



## 8. SEZNAM PŘÍLOH

### P1. POUŽITÉ PODKLADY A STUDIE ŘEŠENÍ

- 1.1 ZADÁNÍ DP – SITUACE
- 1.2 ZADÁNÍ DP – PODÉLNÝ ŘEZ
- 1.3 ZADÁNÍ DP – PŘÍČNÝ ŘEZ
- 2.1 VARIANTA A – DVOUTRÁM – PŘÍČNÝ ŘEZ
- 2.2 VARIANTA A – DVOUTRÁM – PODÉLNÝ ŘEZ
- 2.3 VARIANTA B – KOMORA – PŘÍČNÝ ŘEZ
- 2.4 VARIANTA B – KOMORA – PODÉLNÝ ŘEZ
- 2.5 VARIANTA C – JEDNOTRÁM – PŘÍČNÝ ŘEZ
- 2.6 VARIANTA C – JEDNOTRÁM – PODÉLNÝ ŘEZ

### P2. PŘEHLEDNÉ VÝKRESY

- 1.1 SITUACE
- 1.2 PODÉLNÝ ŘEZ
- 1.3 PŘÍČNÉ ŘEZY
- 1.4 PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ
- 1.5 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ
- 1.6 KONSTRUKČNÍ DETAIL

### P3. STAVEBNÍ POSTUP

- 1.1 ČASOVÝ HARMONOGRAM
- 1.2 SCHÉMA STAVEBNÍHO POSTUPU

### P4. STATICKÝ VÝPOČET