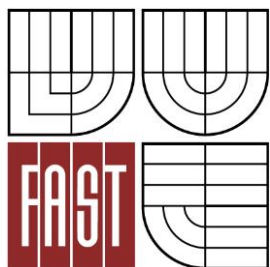




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

MOST NA RAMPĚ

BRIDGE ON A RAMP

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ PÁTEČEK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2015



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

Diplomant Bc. Tomáš Páteček

Název Most na rampě

Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Panáček

**Datum zadání
diplomové práce** 31. 3. 2014

**Datum odevzdání
diplomové práce** 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

.....
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 varianty řešení a zhodnotíte je.

Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu provedete podle mezních stavů včetně vlivu postupné výstavby.

Preferujete jednobodové uložení vnitřních podpor.

V krajních polích můžete provést úpravu terénu.

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 (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

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

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....
Ing. Josef Panáček
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením nosné konstrukce mostu na rampě. Mostní konstrukce je součástí mimoúrovňové křižovatky, které připojuje rychlostní silnici R35 na dálnici D1. Byly vypracovány tři studie. Most je řešen jako spojitý nosník o šesti polích. Výsledný návrh byl proveden z předpjatého betonu dle platných norem. Při výpočtu byla zohledněna fázovaná výstavba.

Klíčová slova

Most, spojitý nosník, trémový most, předpjatý beton, fázovaná výstavba

Abstract

The object of this diploma thesis is the design and review of a bridge on a ramp. The bridge is part of a junction between the expressway R35 and the highway D1. Three case studies were made. The bridge construction is solved as continuous beam with six spans. The resulting design was made of prestressed concrete according to valid standards. The gradual construction was taken into consideration.

Keywords

Bridge, continuous beam, girder bridge, prestressed concrete, gradual construction

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Tomáš Páteček *Most na rampě*. Brno, 2014. 17 s., 217 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 16. 1. 2015

.....
podpis autora
Bc. Tomáš Páteček

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Panáčkovi za jeho ochotu, trpělivost a rady při konzultování diplomové práce. Také všem ostatním za jakoukoliv pomoc.

Obsah

Úvod	9
1. Identifikační údaje	9
2. Varianty řešení	9
2.1 Varianta A - Jednotrámová konstrukce	9
2.2 Varianta B - Dvoutrámová konstrukce	9
2.3 Varianta C - Komorová konstrukce	10
3. Základní parametry mostu a jeho umístění	10
3.1 Základní parametry.....	10
3.2 Charakter převáděné komunikace	10
3.3 Charakter překonávané překážky.....	11
3.4 Územní podmínky.....	11
3.4 Geologické poměry.....	11
4. Materiály	11
4.1 Beton	11
4.2 Betonářská výztuž.....	11
4.3 Předpínací výztuž.....	11
4.4 Specifikace kotev a spojek.....	11
5. Stavebně technické řešení	12
5.1 Zemní práce	12
5.2 Založení.....	12
5.3 Spodní stavba	12
5.4 Nosná konstrukce.....	12
5.5 Příslušenství.....	12
6. Statické posouzení	13
7. Výstavba mostu	14
8. Omezení provozu	14
9. Bezpečnost a ochrana	15
10. Vliv stavby na životní prostředí	15
Závěr	15
Seznam použitých zdrojů	16
Seznam příloh	17

Úvod

Cílem diplomové práce je návrh nosné konstrukce mostu. Úkolem je vytvořit tři varianty návrhu, zhodnotit je a zvolit si jednu z nich. K vybrané variantě bude zhotovena průvodní zpráva, podrobné a přehledné výkresy, vizualizace a statický výpočet včetně vlivu postupné výstavby. A další náležitosti požadované v rámci zadání diplomové práce.

1. Identifikační údaje mostu

Název mostu:	Objekt 217, most na rampě Olomouc – Ostrava před dálnici D1
Kraj:	Olomoucký
Okres:	Přerov
Katastrální území:	Trnávka u Lipníka nad Bečvou Bohuslávky
Investor:	Ředitelství silnic a dálnic ČR Na Pankráci 56 140 00 Praha 4
Uvažovaný správce:	Ředitelství silnic a dálnic ČR Wolkerova 24a 779 11 Olomouc
Projektant:	Bc. Tomáš Páteček

2. Varianty řešení

2.1 Varianta A - Jednotrámová konstrukce

Nosná konstrukce je navržena jako jednotrámový nosník konstantního průřezu o šesti polích. Rozpětí jednotlivých polí je 26,098m – 36,550m – 37,570m – 41,900m – 34,262m – 25,000m. Výška nosné konstrukce je 1,750m, šířka nosné konstrukce je 13,500m. Konstrukce je uložena na středních podpěrách jednobodově a na krajních opěrách dvoubodově pomocí příčnicku. Výhodou této konstrukce je jednoduchý tvar, rychlost výstavby, nízká konstrukční výška. Nevýhodou je menší tuhost konstrukce, která bude problematická vzhledem k jednobodovému uložení, který umožňuje zachycení kroucení pouze v krajních podporách. Z důvodu nízké konstrukční výšky a jednoduchému tvaru byla pro podrobné řešení zvolena tahle varianta.

2.2 Varianta B - Dvoutrámová konstrukce

Nosná konstrukce je navržena jako dvoutrámový nosník konstantního průřezu o šesti polích. Rozpětí jednotlivých polí je 26,098m – 36,550m – 37,570m – 41,900m – 34,262m – 25,000m. Výška nosné konstrukce je 2,200m, šířka nosné konstrukce je 13,500m. Konstrukce je uložena pomocí příčnicků na středních podpěrách jednobodově a na krajních opěrách dvoubodově. Průřez je složitější, větší konstrukční výška, která je výhodnější vzhledem k trasování předpínacích kabelů. Pro dané rozpětí by tahle varianta vhodnější, ale vzhledem k potřebě nízké světlé výšce byla zvolena jiná varianta.

2.3 Varianta C - Komorová konstrukce

Nosná konstrukce je navržena jako dvoukomorový nosník konstantního průřezu o šesti polích. Rozpětí jednotlivých polí je 26,098m – 36,550m – 37,570m – 41,900m – 34,262m – 25,000m. Výška nosné konstrukce je 2,100m, šířka nosné konstrukce je 13,500m. Konstrukce je uložena na středních podpěrách jednobodově a na krajních opěrách dvoubodově. Výhodou tohoto průřezu je tuhost v kroucení. Nevýhodou je složitý průřez a konstrukční výška a tím i doba výstavby a cena konstrukce

3. Základní parametry mostu a jeho umístění

3.1 Základní parametry

Typ mostu:	Spojité betonový most o šesti polích jednostránového průřezu v oblouku velkého poloměru.
Délka mostu:	212,918m
Délka nosné konstrukce:	202,180m
Délka přemostění:	200,580m
Celkové rozpětí:	201,380m
Počet polí:	6
Rozpětí jednotlivých polí:	26,098m – 36,550m – 37,570m – 41,900m – 34,262m – 25,000m
Celková šířka mostu:	14,150m
Šířka komunikace:	11,750m
Příčný sklon mostu:	3,2%
Podélný sklon mostu:	+2,40% a -0,80%
Stavební výška:	1,890m
Výška mostu nad terénem:	2,24m – 7,61m
Překonávané překážky:	křížení s dálnicí D1 staničení: km 98,590 21, úhel křížení: 22,6780°

3.2 Charakter převáděné komunikace

Most je součástí mimoúrovňové křižovatky, která připojuje rychlostní komunikaci R35 na dálnici D1. Převáděná komunikace je jízdní pás rychlostní komunikace R35 ze směru od Olomouce. V půdoryse je komunikace v oblouku o poloměru $R = 1906\text{m}$ a v podélném směru se nachází ve výškovém oblouku o poloměru $R = 15000\text{m}$, ve stoupání o sklonu + 2,4% a po-té klesá ve sklonu - 0,8%.

- Šířkové uspořádání:

Krajnice:	0,500m
Vodící proužek:	0,500m
Jízdní pruh:	3,750m
Jízdní pruh:	3,750m
Vodící proužek:	0,250m
Krajnice:	3,000m
Šířka mezi obrubami:	11,750m

3.3 Charakter překonávané překážky

Most překonává ve druhém poli dvoupruhový kolektor s kategorií šířkou 8,00m. Ve třetím poli jízdní pás dálnice D1 ve směru na Brno a ve čtvrtém poli jízdní pás dálnice D1 ve směru na Ostravu s dílčí volnou šířkou dopravního prostoru 11,25m. Překonávané komunikace jsou v jednostranném sklonu s výškou průjezdního prostoru 4,80m.

3.4 Územní podmínky

Mimoúrovňová křižovatka je situována v extravilánu. Je umístěna se v rovinném terénu přibližně 275m.n.m.. V blízkosti se nachází několik menších obcí. Okolí je převážně tvořeno zemědělsky využívanou půdou.

3.5 Geologické poměry

Pro potřeby založení mostu bylo provedeno 7 vrtů do hloubky až 26m. Na základě získaných informací bylo navrženo založení mostního objektu.

- vrty:

Opěra 01	PS530
Podpěra 02	J531
Podpěra 03	J532
Podpěra 04	J533
Podpěra 05	J534
Podpěra 06	J535
Opěra 07	PS536

4. Materiály

4.1 Beton

Nosná konstrukce:	C35/45 – XF2 + XD1
Římsy:	C30/37 – XF1
Úložný práh:	C25/30 – XF2
Dřík opěry:	C25/30 – XF2
Podkladní beton:	C8/10
Přechodová deska:	C25/30 – XF1
Křídlo:	C25/30 – XF2
Základ:	C25/30 – XF3
Piloty:	C25/30 – XA1

4.2 Betonářská výztuž

Na celé konstrukci bude použita betonářská výztuž B500B.

4.3 Předpínací výztuž

Na celé konstrukci bude použita předpínací výztuž Y1860 – S7 – 15,7 – A.

4.4 Specifikace kotev a spojek

Aktivní kotva VSL typ GC, 6 – 19, ks 30

Pevná kabelová spojka VSL typ K, 6 – 19, ks 38

Plovoucí kabelová spojka VSL typ V, 6 – 19, ks 37

5. Stavebně technické řešení

5.1 Zemní práce

Na všech místech výkopu bude sejmuta ornice do hloubky 200mm. Odtěžená zemina bude použita při výstavbě násypů a zbylá odvezena. Dočasné výkopy budou provedeny se sklony svahů 1 : 1 nebo budou paženy pomocí ocelových štětovnic a po-té zasypány.

5.2 Založení

Most je založen na pilotách průměru 1200mm v délkách od 11m do 18m. Pod Opěrami je umístěno 11 pilot a pod podpěrami 8 pilot. Na nich na podkladním betonu umístěn plošný základ tloušťky 1,50m o rozměrech 5,00 x 8,00m pod podpěrami a 4,40 x 13,50m pod opěrami.

5.3 Spodní stavba

Podpěry jsou tvořeny pravidelným osmiúhelníkem o délce strany 0,75m a výšky dle umístění od 3,25m do 9,90m. Opěry jsou obdélníkového tvaru 2,85 x 13,50m a výšky 2,79m a 2,99m. Za opěrou se nachází přechodová oblast tvořená přechodovou deskou tloušťky 0,30m a délky 4,80m a přechodovým klínem. Dále pak vodorovnými křídly tloušťky 0,80m a délky 3,70m.

5.4 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce z monolitické betonu betonovaná po jednotlivých polích na pevné skruži. V příčném směru se jedná o jednorámovou konstrukci. Celková šířka nosné konstrukce je 13,50m a šířka spodní části je 3,60m. Tloušťka desky je proměnná od 0,35m do 1,75m. Průřez je umístěn v příčném sklonu 3,2%. V podélném směru se jedná o spojitý nosník o šesti polích o rozpětích jednotlivých polí 26,098m – 36,550m – 37,570m – 41,900m – 34,262m – 25,000m. V půdoryse v oblouku o poloměru 1906m. Pracovní spáry jednotlivých fází výstavby jsou umístěny v přibližně v pětinách rozpětí a je zde kotvena přibližně polovina kabelů. Konstrukce je vyztužena předpínací výztuží, která je předpínána po jednotlivých polích a betonářskou výztuží.

- Šířkové uspořádání:	
Monolitická římsa - levá:	1,550m
Vozovka:	11,750m
<u>Monolitická římsa - pravá:</u>	<u>0,850m</u>
Celková šířka:	14,150m

5.5 Příslušenství

- Ložiska

Opěra 1	2 x Všesměrné (v průběhu výstavby 1 x pevné, 1 x všesměrné)
Podpěra 2	1 x Jednosměrné
Podpěra 3	1 x Jednosměrné
Podpěra 4	1 x Pevné
Podpěra 5	1 x Jednosměrné
Podpěra 6	1 x Jednosměrné
Opěra 7	2 x Všesměrné

- Mostní závěry

Na obou koncích nosné konstrukce bude umístěn povrchový mostní závěr. Pro opěru 01 navržena na dilataci 122mm a pro opěru 07 navržena na dilataci 121.

- Vozovka

Vozovka je v jednostranném sklonu 3,2%.

Název:	Tloušťka:
Obrusná vrstva SMA 11+ S	40mm
Ložní vrstva ACL 16 S	60mm
Ochranná izolace MA 11 IV	35mm
<u>Izolace AIP</u>	<u>5mm</u>
CELKEM:	140mm

- Římsy

Na mostě jsou umístěny monolitické římsy. Na levé straně šířky 1,55m a na pravé 0,85m v příčném sklonu 4%.

- Svodidla a zábradlí

Zábradelní svodidlo minimální výšky 1,10m a úrovně zadržení H2

Mostní svodidlo minimální výšky 0,75m a úrovně zadržení H2

Ocelové zábradlí minimální výšky 1,10m

- Odvodnění mostu

Odvodnění mostu je řešeno pomocí příčného a podélného sklonu, který odvádí vodu do odvodňovačů, které jsou umístěny na jedné straně vozovky, dále pak pomocí svodů do kanalizace. Na začátku a konci mostní konstrukce jsou umístěny skluzy, které jsou tvořeny příkopovými tvárnici. Ty odvádějí vodu do příkopů umístěných podél překonávaných kominikací.

6. Statické posouzení

Výpočtový model byl vytvořen v Programu Scia Engineer 14 jako prutový model. Pro zjednodušení byl most modelován jako přímý, protože se nachází v oblouku velkého poloměru. Byli vytvořeny dva modely, jeden v prostoru pro výpočet kroucení a jeden v rovině pro výpočet fázované výstavby včetně vlivu dotvarování a smršťování, protože uvedený software tento typ výpočtu umožňuje pouze v rovině. Do modelů bylo vnesena vlastní tíha, dále ostatní stálé zatížení, poklesy podpor, vliv teploty a modely proměnného zatížení LM1 a dna modely LM3. Byly vytvořeny kombinace zatížení, na jejichž základě byly předběžně a po-té přesně natrasovány kabely pro předpínací výztuž. Potom byl proveden výpočet fázované výstavby standardní a potom s vlivem dotvarování a smršťování a na základě těchto výpočtů byl optimalizován návrh jednotlivých předpínacích kabelů. Získané výsledky byly posouzeny podle mezních stavů použitelnosti a únosnosti a navržena betonářská výztuž.

7. Výstavba mostu

Celá konstrukce bude provedena dle platných norem ČSN EN v jejich platném znění.

Nosná konstrukce bude betonována v po jednotlivých polích na pevné skruži. Stavba bude realizována dle časového harmonogramu uvedeného v příloze P3.2.

- Přípravné práce: sejmutí ornice, příprava staveniště, zemní práce, stavba základů, stavba opěr a podpěr
- 1. Fáze
betonáž 1. pole
předepnutí kabelů 1. fáze
odskružení
ponechání montážních podpěr 1. pole
- 2. Fáze
betonáž 2. pole
předepnutí kabelů 2. fáze
odskružení
ponechání montážních podpěr 2. pole
odstranění montážních podpěr 1. pole
- 3. Fáze
betonáž 3. pole
výměna ložisek
předepnutí kabelů 3. fáze
odskružení
ponechání montážních podpěr 3. pole
odstranění montážních podpěr 2. pole
- 4. Fáze
betonáž 4. pole
předepnutí kabelů 4. fáze
odskružení
ponechání montážních podpěr 4. pole
odstranění montážních podpěr 3. pole
- 5. Fáze
betonáž 5. pole
předepnutí kabelů 5. fáze
odskružení
ponechání montážních podpěr 5. pole
odstranění montážních podpěr 4. pole
- 6. Fáze
betonáž 6. pole
předepnutí kabelů 6. fáze
odskružení
odstranění montážních podpěr 5. pole
- Ostatní práce stavba závěrných zdí, mostních křídel, říms, vozovky, dokončovací práce,...
- Uvedení do provozu

8. Omezení provozu

Jedná se o novostavbu, která bude prováděna současně se stavbou daného úseku dálnice D1. Daná dopravní omezení budou souviset s výstavbou celé mimoúrovňové křižovatky.

9. Bezpečnost a ochrana

Během výstavby je nutno zabezpečit bezpečnost pracovníků a strojů, požární ochranu a hygienu při práci. Déle je nutno dodržovat všechny předpisy a normy týkající se bezpečnosti práce.

10. Vliv stavby na životní prostředí

Při stavebních pracích může dojít k úniku pohonných hmot, olejů nebo jiných prostředků a chemikálií. Při úniku uvedených látek musí být zabráněno jejich šíření do okolního prostředí.

Závěr

V práci byly vypracovány tři varianty řešení, byla zvolena varianta jednostránového mostu. Tento návrh byl dále podrobně řešen. Statické modely byly vytvořeny pomocí programu Scia Engineer 14. Tyto modely byly zatíženy stálým zatížením, proměnným zatížením, teplotou a poklesem podpor. Na základě získaných hodnot byly metodou vyrovnání účinků stálého zatížení předběžně natrasovány kabely, tento návrh byl posouzen z hlediska mezního stavu použitelnosti. Po-té byl proveden přesný návrh tras kabelů, do kterého byl započítán vliv postupné výstavby a vliv dotvarování a smršťování. Následovalo posouzení na mezní stav použitelnosti pro omezení napětí v betonu pro jednotlivé fáze výstavby a provozu, dále pro omezení napětí ve výztuži a omezení deformací. V mezním stavu únosnosti byla konstrukce pouze na únosnost v ohybu a ve smyku, jak v podélném, tak i v příčném směru a posouzení napětí v betonu nad ložiskem. Nakonec byla vypracována výkresová dokumentace dle zadání diplomové práce, postup výstavby a vizualizace.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů
- [2] ČSN 73 6241 Navrhování betonových mostních konstrukcí
- [3] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí (včetně změny A1)
- [4] ČSN EN 1991-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [5] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [6] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Navrhování betonových konstrukcí: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [7] ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [8] Navrátil J.: Předpjaté betonové konstrukce, 2008
- [9] Prof. Ing. Jiří Stráský, CSc.: Betonové mosty, 2001
- [10] Scia CZ, s.r.o.: Referenční_příručka_csy.pdf, 2010
- [11] Scia CZ, s.r.o.: Faze_vystavby_csy.pdf, 2010
- [12] VSL SYSTÉMY (CZ), s.r.o.: Post-Tensioning solutions EN.pdf, 2014

Seznam příloh

P1 - Použité podklady a varianty řešení

P1.1 – Poklady - Příčný řez

P1.2 – Podklady - Půdorys

P1.3 – Podklady - Podélný řez

P1.4 – Varianta A – Jednotrámový průřez

P1.5 – Varianta B – Dvoutrámový průřez

P1.6 – Varianta C – Komorový průřez

P2 – Výkresy – Přehledné, podrobné a detaily

P2.1a – Příčný řez na opěrou

P2.1b – Příčný řez na podpěrou

P2.2 – Půdorys

P2.3 – Podélný řez

P2.4 – Výkres předpínací výztuže

P2.5 – Výkres betonářské výztuže

P3 – Stavební postup a vizualizace

P3.1 – Schéma stavebního postupu

P3.2 – Časový harmonogram výstavby

P3.3 – Vizualizace

P4 – Statický výpočet