



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 KŘIŽOVATKY V BRNĚ

BRIDGE ON A RAMP INTERCHANGE IN BRNO

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

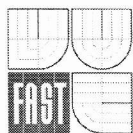
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAN NOVOTNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

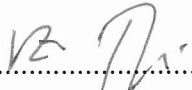
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

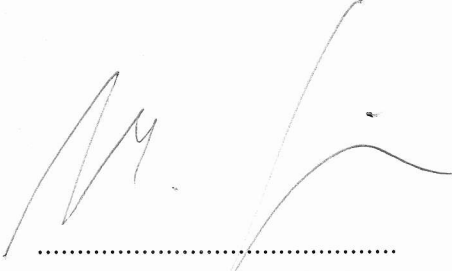
ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Jan Novotný
Název	Most na rampě křižovatky v Brně
Vedoucí diplomové práce	Ing. Josef Panáček
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013

V Brně dne 31. 3. 2012




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


.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Podklady:

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 doporučena vedoucím diplomové práce.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

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

Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu provedete podle mezních stavů.

Pro výstavbu mostu preferujete provedení naráz na pevné skruži.

S ohledem na velký poloměr směrového oblouku můžete pro statické řešení nosnou konstrukci napřímit.

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)

Licenční smlouva poskytovaná k výkonu práva užit školní dílo (3x), Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (3x), Popisný soubor závěrečné práce

Diplomová práce bude odevzdána 1x v listinné podobě a 2x 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 uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Josef Panáček
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Práce se zabývá řešením půdorysně zakřiveného mostu na rampě v Brně. Navrženou nosnou konstrukcí je spojitý nosník tvořený dvoukomorou. Na tuto konstrukci jsou uvažovány účinky dopravy dle normy ČSN EN 1991-2. Na základě výsledných namáhání je konstrukce dimenzována.

Klíčová slova

Dvoukomorový nosník, předpjatý beton, studie řešení, vyztužení, model zatížení LM3, půdorysné zakřivení.

Abstract

Thesis deals with horizontally curved bridge on the ramp in Brno. Designed structure is continuous beam formed by bicameral shape, on which are considered the effects of traffic according to ČSN EN 1991-2. Based on the results of stress the structure is designed.

Keywords

Bicameral beam, prestressed concrete, studies of design, reinforcing, load model LM3, horizontally curved.

...

Bibliografická citace VŠKP

NOVOTNÝ, Jan. *Most na rampě křižovatky v Brně*. Brno, 2013. 19 s., 90 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 11.1.2013

.....
podpis autora
Jan Novotný

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Josefu Panáčkovi za připomínky, cenné rady, trpělivost a obětovaný čas při konzultacích, mnohdy i nad rámec svých povinností, během psaní této diplomové práce.

Děkuji i své rodině za podporu během celého studia.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Studie řešení.....	9
3. Identifikační údaje mostu.....	10
4. Základní parametry mostu	11
5. Překonávané překážky a převáděná komunikace.....	11
6. Geologické poměry	12
7. Technické řešení mostu.....	12
8. Statické řešení	14
9. Výstavba mostu.....	15
10. Bezpečnost práce.....	16
11. Závěr.....	17
12. Seznam použitých zdrojů	18
13. Seznam příloh.....	19

1. Úvod

Cílem diplomové práce je návrh tří variant konstrukčního řešení silničního mostu z předpjatého betonu spojující ostravskou radiálu a silnici 373 na ulici Jedovnická. Jedinou překonávanou překážkou je tramvajová trať MHD v Brně. Pro nejvýhodnější z variant dále vypracovat podrobné statické a konstrukční řešení, zhotovit průvodní a textovou zprávu, výkresovou dokumentaci a vizualizaci

2. Studie řešení

Varianta 1. – Jednotrámový nosník

Nosná konstrukce je tvořena jednotrámovým nosníkem o třech polích rozpětí 32-42-32 m. Trám má po celé délce konstrukční výšku 2,3 m, pouze v prostředním poli je s náběhem na 1,6 m, šířka trámu je 6,8 m. Konstrukce je uložena jednobodově.

Konstrukce z hlediska náročnosti výstavby a ekonomického aspektu se jeví jako velmi vhodná. Podepření tvoří menší počet podpor, dalším kladem je prostor pro snadné uložení předpínací výztuže. Hlavním negativem a také rozhodujícím prvkem pro vyřazení z dalšího řešení je stavební výška. Stavební výška je velká a konstrukce tak vzbuzuje robustní dojem a stala by se tak nechtěnou dominantou okolí.

Varianta 2. – Jednokomorový nosník

Nosná konstrukce je tvořena jednoduchou komorou o třech polích rozpětí 32-42-32 m. Komora má po celé délce konstrukční výšku 2,0 m, šířka nosné konstrukce 6,8 m, vyložení konzol 0,9 m, šířka spodní desky 0,4 m, šířka horní desky 0,35 m. V rámci studie byly navrženy dva druhy podepření jednobodové i dvoubodové.

Tato varianta je vhodná i pro větší rozpětí, z toho pramení menší počet podpěr. Negativem je větší náročnost výstavby, také tvar samotné konstrukce není vhodný pro zástavbu v městském intravilánu. Proto byla tato varianta vyloučena z dalšího řešení.

Varianta 3. – Dvoukomorový nosník

Nosná konstrukce je tvořena dvoukomorovým nosníkem o čtyřech polích rozpětí 24-29-29-24 m. Komora má po celé délce konstrukční výšku 1,5 m šířku 6,8 m. Konstrukce je uložena jednobodově.

Varianta 3 je v závislosti na provádění nejnáročnější i díky složité výrobě bednění. Kladem je plynulost a čistota tvaru, malá stavební výška, ta je pro městské prostředí velmi vhodná. Estetické klady převažují nad ekonomickými zápory, proto bude tato varianta vybrána k dalšímu řešení.

3. Identifikační údaje mostu

Název mostu:	Most na rampě křižovatky v Brně
Katastrální území:	Brno
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Brno-město
Obec:	Brno
Investor:	Ředitelství silnic a dálnic ČR Na Pankráci 56 145 05, Praha 4
Uvažovaný správce mostu:	Ředitelství silnic a dálnic ČR Šumavská 33 659 77, Brno
Projektant:	VUT FAST Brno Ústav betonových a zděných konstrukcí Veveří 95 602 00, Brno

4. Základní parametry mostu

- Spojitý betonový most dvoukomorového průřezu o čtyřech polích.
- Most spojuje ostravskou radiálu a silnici 373 vedoucí ulicí Jedovnická.
- Jedinou překonávanou překážkou je tramvajová trať MHD v Brně ve staničení 0,050 200 km a 0,071 100 km.
- Konstrukce je v půdorysném oblouku, konstantní výšky a šířky.
- Vložení na vnějších opěrách dvoubodově, na vnitřních jednobodově.
 - Délka mostu- 118,85 m
 - Délka nosné konstrukce- 107,60 m
 - Celkové rozpětí- 106,00 m
 - Délka přemostění- 104,80 m
 - Počet polí- 4
 - Délky polí- (24,29,29,24) m
 - Podélný sklon- 3,15 %
 - Příčný sklon- 2,5 %
 - Průměr půdorysného oblouku- 354,5 m
 - Půdorysný oblouk- 34,5°
 - Stavební výška- 1,640 m
 - Výška mostu nad temenem- 2,326-7,055 m
 - Skupina pozemní komunikace- 1

5. Překonávané překážky a převáděná komunikace

Most spojuje silnici 373 na ulici Jedovnická a ostravskou radiálu, která je tvořena silnicí typu R24,5/80. Rampa je jednosměrná komunikace o jednom pruhu šířky 3,5 m. Most je v půdorysném oblouku poloměru 177,25 m. Celá konstrukce je v podélném sklonu 3,17 %, příčný sklon je 2,5 %, též konstantní, pravostranný. Celá konstrukce leží v nadmořské výšce přibližně 230 m.n.m.

Šířkové uspořádání vozovky na mostě:

- Jízdní pruhy: $1 \times 3,5 \text{ m} = 3,5 \text{ m}$
- Vodící proužky: $2 \times 0,25 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$
- Zpevněná krajnice: $1 \times 0,75 \text{ m} = 0,75 \text{ m}$
- Zpevněná krajnice: $1 \times 1,25 \text{ m} = 1,25 \text{ m}$
- Volná šířka mezi svodidly: 6,0 m

6. Geologické poměry

Na základě provedených vrtů, jejichž výstupy jsou proměnné, avšak základní parametry pro návrh mostu jsou totožné. Půda je únosná, ulehlá a stálá hladina podzemní vody se nachází ve výšce 10,0 m pod hladinou terénu. Na základě těchto údajů jsou uvažovány dva zatěžovací stavy od poklesu podpor 1.ZS pokles podpor a 2.ZS pokles podpor. V obou případech se uvažuje pokles podpor 5mm, jedná o stavy, které vyvolají nejnepříznivější situace.

7. Technické řešení mostu

Zemní práce

Při zemních pracích bude postupováno podle TKP 4: Zemní práce. V místě výkopů bude odtěžena ornice tloušťky 200 mm, odtěžená zemina bude použita při konstrukci násypů. Jámy budou odvodněny a viditelně značeny. Jámy opěr a pilířů budou sklonu 1:1.

Spodní stavba

Opěry a pilíře jsou založeny na hlubinných pilotách tloušťky 900 mm a hloubky 12 m. Ve všech podporách je 6 pilot, proměnné osové vzdálenosti (1900-2950 mm). Základ podpěr tvoří podkladní beton tl.200 mm. Základový blok nad opěrou 1 je rozměrů 8,2 m x 4,0 m, opěrou 2 je rozměrů 8,2 m x 3,55 m, nad pilíři 5,1 m x 4,0 m. Dříky opěr jsou šířky 2,6 m nad opěrou 1, 2,15 m nad opěrou 2, 1,3 m nad pilíři. Na kraji opěr jsou budovány mostní křídla dl. 5,5 m tloušťky 600 mm. Odvodnění úložného prahu je kanálky k boku opěry, práh je ve sklonu 4%. Na úložném prahu je nabetonován nálietek velikosti 900 x 900 mm pro uložení ložisek a stěna tloušťky 500 mm a výšky 1,8 m.

Pilíře mají tvar čtverce rozměru 1300 x 1300 mm se zaoblenými hranami. V oblasti k bodu uložení nabíhá příčný rozměr na délce 2 m, rozměr v uložení je 2625 x 1300 mm. Opěry jsou z materiálu C25/30 XF2.

Nosná konstrukce

Nosná konstrukce je tvořena dvoukomorovým nosníkem konstantního průřezu po celé délce konstrukce. Konstrukce má 4 pole délek 24,29,29,24 m. Podélný sklon je 3,17% klesající směrem do centra. Příčný sklon je pravostranný 2,5%. Spodní hrana průřezu je část kružnicového oblouku o $R = 6280$ mm a tloušťce 350 mm. Výška průřezu je 1500mm, nosná konstrukce je šířky 6800 mm. Střední trám je šířky 1800 mm, krajní trámy šířky 900 mm. Šířka otvoru je 1600 mm a při maximální výšce 695mm. Horní deska je tloušťky 400 mm. Uložení nad krajními opěrami je dvojbodové s roztečí 3000 mm, nad pilíři je uložení jednobodové. V oblasti krajních podpor jsou příčníky tloušťky 1500 mm tvořící plný průřez.

Předpětí konstrukce je umístěno ve středovém trámu, je tvořeno 8 kabeli po 19 lanech materiálu Y1860-S7-15,7-A. Materiál betonářské výztuže je z materiálu B500B. Konstrukce je z betonu C35/45 XD1.

Uložení konstrukce

Uložení je na krajních opěrách dvoubodové s roztečí 3000mm, na podporách v poli je uložení jednobodové. Pro uložení jsou užitá hrncová ložiska od společnosti Helmos.

Hybnost ložisek:

	Levé ložisko	Pravé ložisko
Opěra 1	jednosměrné	jednosměrné
Podpěra 1	všesměrné	
Podpěra 2	všesměrné	
Podpěra 3	všesměrné	
Opěra 2	pevné	všesměrné

Mostní závěry

Na konstrukci jsou navrženy mostní závěry od společnosti RW Primo M200 a M45. Závěry jsou umístěny na krajních opěrách, závěr opěry 1 musí přenést délkové změny od

účinku zatížení i teplotních změn. Závěr musí umožňovat výměnu i jeho přenastavení. Instalace bude prováděna dle pokynů výrobce.

Vozovka a izolace

- Asfaltový beton SMA-11: 40 mm
- Asfaltový beton ACL-22+: 60 mm
- Lítý asfalt modifikovaný: 35 mm
- Asfaltové modifikované pásy: 5 mm
- Celkem: 140 mm

Vozovka je v podélném sklonu 3,17% a příčném 2,5% pravostranném. Hydroizolace je tvořena asfaltovými pásy.

Římsy, svodidla, zábradlí, osvětlení

Na mostu se nacházejí jednostranná betonová svodidla se zábradelním madlem průměru 150 mm, tvar svodidla je modifikován pro estetičtější vzhled konstrukce. Svodidla jsou uložena na podkladní beton tl. 80 mm pomocí zapuštění kotevního třmenu do nosné konstrukce. Na svodidla jsou připevněny výložníkové stožáry po 20m osvětlující most, výšky 5,5 m.

Odvodnění mostu

Příčný 2,5 % sklon a podélný 3,17 % zajišťují odtok srážkové vody do odvodňovačů 500/500 Vltava, umístěných na každé podpěře, dále je voda odváděna potrubím DN150 výřezem v podpěře k patě podpory. V oblasti líce opěr tvoří odvodnění drenáž průměru 150 mm.

8. Statické řešení

Statické řešení práce zahrnuje výpočet dimenzačních veličin, následné posouzení a návrh výztuže. Dimenzační veličiny jsou získány za pomoci programu Scia Engineer 2011, bylo vytvořeno několik modelů pro různé části výpočtu. Pro podélný směr byl vytvořen prutový 2D model půdorysně zakřivený, ten byl vystaven účinkům vlastní tíhy a

nahodilého dlouhodobého i krátkodobého zatížení bez ohledu na polohu v příčném směru. Na tyto účinky bylo navrženo předpětí metodou vyrovnání zatížení. Následovalo posouzení mezních stavů. Pro řešení příčného směru byl vytvořen výsekový model. Vnitřní síly jsou stanoveny na výřezu délky 1m, návrh výztuže byl proveden na metr běžný.

9. Výstavba mostu

Vytyčení nosné konstrukce

Bude provedeno v souřadném systému S-JTSK a ve výškovém systému B.p.v. s pomocí vytyčovacích bodů osazených na konstrukci.

Požadavky na přesnost

- Přípustné tolerance provedení tvaru nosné konstrukce:
 - Směrově: 10 mm
 - Výškově: 5 mm
- Přípustné tolerance umístění ložisek:
 - Směrově: 20 mm
 - Výškově: 10 mm

Závazné podmínky

Veškeré práce a činnosti budou prováděny v souladu s projektovou dokumentací a s obecně závaznými předpisy a normami. Zhotovitel je povinen respektovat především „technické a kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací“.

Nosná konstrukce bude vybetonována v 1. fázi na pevné skruži po jednotlivých etapách, přesný harmonogram výstavby je detailněji uveden v příloze B.3.

10. Bezpečnost práce

Pro zajištění bezpečnosti práce je nutno v plném rozsahu respektovat následující předpisy:

- vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích č.324/1990 Sb.
- ustanovení bezpečnosti práce ze zákoníku práce
- vyhlášku ČÚBP č.42/82

Zhotovitel rozpracuje uvedené předpisy vzhledem pro podmínky daného mostního objektu se zvláštním přihlédnutím k:

- práci ve výškách
- práci pro svařování plamenem a řezání kyslíkem
- manipulaci s břemeny

Všichni pracovníci zhotovitele budou s předpisy prokazatelně seznámeni.

Vedoucí práce zhotovitele musí být držitelem „Vysvědčení o odborné zkoušce“ podle Směrnice pro organizování odborných zkoušek zaměstnanců OJ a VJ DDC a vedoucích pracovníků firem pracujících na dopravní cestě (č.j. 434/96-S6 DDC).

11. Závěr

V práci je řešena rampa na křižovatce v Brně. Práce vychází se snahy dodržení snahy výškových a směrových poměrů. Pro předběžný návrh byly vypracovány tři varianty řešení., z nichž byla vybrána pro podrobnější řešení varianta dvoukomorového nosníku o čtyřech polích. Zatížení působící na průřez bylo vyhodnoceno dle normy ČSN EN 1991-2. Samotná statická analýza byla provedena v programu Scia Engineer 2011. Na základě vyhodnocení bylo navrženo předpětí. Konstrukce byla posouzena na mezní stav použitelnosti a únosnosti, po nutných úpravách rozměru průřezu a předpětí v konstrukci byl nalezen stav, ve kterém konstrukce vyhověla všem požadovaným podmínkám jak v podélném, tak příčném směru. Z uvedeného vyplývá, že náplní práce byl zejména statický výpočet.

12. Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [2] ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou
- [3] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [4] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [5] ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [6] Navrátil J. Předpjaté betonové konstrukce, 2008
- [7] Stráský J., Nečas R., Panáček J., Klusáček L. – Betonové mosty I (VUT FAST Brno), 2006
- [8] Stráský J., Nečas R. – Betonové mosty II (VUT FAST Brno), 2007
- [9] Scia CZ, s.r.o.: Referenční_příručka_csy.pdf, 2010
- [10] www.vsl.cz/storage/File/brochures/Technicka_specifikace_VSL.pdf, 2012
- [11] www.necasradim.cz/ - Pedagogika – výukové materiály, 2012
- [12] www.helmos.cz – ložiska, 2012
- [13] <http://www.reisnerwolff.cz> – mostní závěry, 2012

13. Seznam příloh

- P.1 Použité podklady a varianty řešení
 - 1.1 Podklady – Podélný řez
 - 1.2 Podklady – Příčný řez
 - 1.3 Podklady – Situace
 - 1.4 Varianta 1 – Podélný řez
 - 1.5 Varianta 1– Příčný řez
 - 1.6 Varianta 2– Podélný řez
 - 1.7 Varianta 2– Příčný řez
 - 1.8 Varianta 3 – Podélný řez
 - 1.9 Varianta 3 – Příčný řez

- P.2 Výkresy
 - 2.1 Podélný řez
 - 2.2 Příčný řez
 - 2.3 Situace
 - 2.4 Předpínací výztuž
 - 2.5 Betonářská výztuž
 - 2.6 Detail – připojení sloupu osvětlení

- P.3 Stavební postup a vizualizace
 - 3.1 Schéma stavebního postupu
 - 3.2 Časový harmonogram výstavby
 - 3.3 Vizualizace

- P.4 Statický výpočet

V Brně dne 11. 1. 2013

Podpis diplomanta