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

TRÁMOVÝ MOST PŘES ŘEKU LUŽNICI

GIRDER BRIDGE OVER THE LUŽNICE RIVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE Klára Vaculíková
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. JOSEF PANÁČEK
SUPERVISOR

BRNO 2013

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Klára Vaculíková
Název	Trámový most přes řeku Lužnici
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Josef Panáček
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ fakulta stavební DĚKANÁT -1-

v. z.

.....	.....
prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Vedoucí ústavu	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 doporučená vedoucím diplomové práce.

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

Místo stávajícího mostního objektu zpracujte dvě až tři studie pro nový most o jednom poli. V práci se zaměřte na návrh betonové monolitické trámové konstrukce. Můžete zvýšit niveletu, změnit spodní stavbu a svršek mostu.
Dimenzování proveďte podle EN v rozsahu stanoveném vedoucím bakalářské práce.
Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Požadované výstupy:
Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)
Přílohy textové části:
P1. Podklady, studie a vizualizace
P2. Přehledné a podrobné výkresy zvoleného návrhu mostu
P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím bakalářské práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)
Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

Struktura bakalářské/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).

Panáček

.....

Ing. Josef Panáček
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce je návrh mostu přes řeku Lužnici u obce Halámky. Hlavní náplní je návrh a výpočet nosné mostní konstrukce o jednom poli. Byly zpracovány tři varianty, dvoutrámová konstrukce, deskotrámová konstrukce a varianta z předem předpjatých prefabrikovaných nosníků, ze kterých byla vybrána první varianta. Konstrukce je dodatečně předpjatá. Statický model a výpočet vnitřních sil od zatížení je proveden pomocí výpočetního software Scia Engineer 2012.0. Návrh předpětí a posudek konstrukce v podélném a příčném směru je počítán ručně podle Eurokódů. Výpočet je proveden bez vlivu dotvarování, smršťování a časové analýzy.

Klíčová slova

Předpjatý most, dvoutrámový most, předpjatý beton, jedno pole

Abstract

The subject of the Bachelor thesis is the design of the bridge across the river Lužnice. The main topic is the design and calculation of the supporting single-span bridge construction. Three options were developed, the beam constructions and the variant of prestressed prefabricate beams. There was chosen the first option. The structure is post-tensioned. The static model and analysis of the structure has been performed using Scia Engineer 2012.0. Simplified calculations has been done by hand according to Eurocode. The calculation is made without the influence of creep, shrink and time analysis.

Keywords

Pre-stressed bridge, beam bridge, pre-stressed concrete, single-span bridge

Bibliografická citace VŠKP

VACULÍKOVÁ, Klára. *Trámový most přes řeku Lužnici.* Brno, 2013. 17 s., 152 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Josef Panáček.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2013

.....

podpis autora

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Josefu Panáčkovi za účinnou odbornou pomoc, trpělivost a ochotu při konzultacích a také za skvělý přístup v průběhu zpracování této práce.

OBSAH:

1. ÚVOD

2. VŠEOBECNÁ ČÁST

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTU

3. MOST A JEHO UMÍSTĚNÍ

3.1. CHARAKTER PŘEVÁDĚNÉ KOMUNIKACE A PŘEKÁŽKY

3.2. ÚZEMNJÍ PODMÍNKY

3.3. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

3.4. INŽENÝRSKÉ SÍTĚ V MÍSTĚ A OKOLÍ STAVBY

4. STUDIE NOSNÉ KONSTRUKCE

4.1. STUDIE A

4.2. STUDIE B

4.3. STUDIE C

5. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU

5.1. SPODNÍ STAVBA

5.2. NOSNÁ KONSTRUKCE

5.3. VOZOVKA

5.4. ŘÍMSY

5.5. LOŽISKA

5.6. ODVODNĚNÍ

5.7. SVODIDLA A ZÁBRADLÍ

6. STATICKÉ ŘEŠENÍ

7. VÝSTAVBA MOSTU

7.1. TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

7.2. POSTUPY PŘÍPRAVNÝCH PRACÍ

7.3. POSTUPY VÝSTAVBY MOSTNÍHO OBJEKTU

3. ZÁVĚR

4. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

5. SEZNAM PŘÍLOH

1. ÚVOD

Cílem bakalářské práce je návrh nosné konstrukce mostu v zadané lokalitě. Most bude přemosťovat koryto řeky Lužnice. Pro návrh přemostění koryta řeky byly vypracovány 3 varianty - dvoutrámový monolitický předpjatý most, deskotrámový monolitický předpjatý most a most tvořený předem předpjatými nosníky se spřažující betonovou deskou. Dle zadání je preferován trámový most, konkrétně dvoutrámový most. Důraz je kladen na návrh a výpočet nosné konstrukce mostu. Dimenzování a posouzení je provedeno pro podélný a příčný směr pro nejnepříznivější účinky zatížení v souladu s Eurokódem. Pro účely této práce se zanedbává smršťování, dotvarování betonu a časová analýza.

2. VŠEOBECNÁ ČÁST

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Stavba:	Dvoutrámový předpjatý most	
Název mostu:	Halámecký most	
Kraj:	Jihočeský	
Katastrální území:	Halámky	
Obec:	Halámky	
Okres:	Jindřichův Hradec	
Investor:	Obec Halámky	
Uvažovaný správce mostu:	Ředitelství silnic a dálnic	
Projektant:	Klára Vaculíková	
	Sládkova 319, Jindřichův Hradec 377 01	
Úhel křížení:	-s řekou Lužnicí	$\alpha = 100{,}0000^g$
Volná výška pod mostem:	-s řekou Lužnicí	h = 3,962 m
Staničení opěry 1:	0,408 057 km	
Staničení opěry 2:	0,435 757 km	

2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTU

Délka přemostění:	24,500 m
Délka mostu:	37,310 m
Šikmost mostu:	kolmý, $\alpha = 100{,}0000^g$
Délka nosné konstrukce:	27,700 m
Rozpětí nosné konstrukce:	26,100 m
Šířka vozovky:	7,500 m
Šířka říms:	1,600 m
Celková šířka mostu:	9,100 m
Výška mostu:	3,280 m
Stavební výška:	1,620 m
Plocha mostu:	366,912 m^2
Zatížení mostu:	skupina pozemních komunikací 1 (ČSN EN 1991 - 2)

3. MOST A JEHO UMÍSTĚNÍ

3.1. CHARAKTER PŘEVÁDĚNÉ KOMUNIKACE A PŘEKÁŽKY

Most převádí pozemní komunikaci II/103 kategorie S7,5 ve směru Halámky-Dvory nad Lužnicí. Trasa komunikace na mostě je v přímé části. V příčném směru má vozovka střechovitý sklon 2,5% po celé délce mostu. Příčný sklon říms je 4,0%. Niveleta komunikace je vedena ve vzestupném konstantním sklonu 1,0% směrem k obci Halámky.

Šířkové uspořádání komunikace:

Betonová římsa	0,80m
Zpevněná krajnice	0,25m
Vodící proužek	0,25m
Jízdní pruh	3,25m
Jízdní pruh	3,25m
Vodící proužek	0,25m
Zpevněná krajnice	0,25m
Betonová římsa	0,80m

Překážku mostu tvoří řeka Lužnice. V daném místě má šířku asi 20m.

3.2. ÚZEMNÍ PODMÍNKY

Komunikace je vedena extravilánem v území lužních lesů. Na stávající stav mostu navazuje pouze komunikace II. třídy a je tedy možné měnit stávající situaci dle potřeby nového návrhu mostu. V případě přestavby mostu by mohly vzniknout problémy s dopravou - nutnost objízdných tras do obcí Dvory nad Lužnicí a Nová Ves nad Lužnicí.

3.3. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Byla provedena série průzkumných vrtů pro zjištění geologických poměrů v okolí stavby. Pomocí vrtů byla zjištěna mocnost ornice 0,25m, pod ní vrstva 1,5m štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy, následuje štěrk hlinitý o mocnosti 1,5 - 2,9m, dále už je poloskalní podloží.

3.4 INŽENÝRSKÉ SÍTĚ V MÍSTĚ A OKOLÍ STAVBY

V místě stavby a jeho okolí se nenacházejí inženýrské sítě.

4. STUDIE NOSNÉ KONSTRUKCE

Průjezdnost 6 metrů širokým původním obloukovým mostem přes Lužnici je jednosměrně omezena a rovněž hmotnost projíždějících vozidel je omezena do 2,8 tun. Z důvodu uvažovaného růstu obce je nutno upravit mostní konstrukci přes řeku tak, aby byl umožněn vjezd vozidlům o vyšší hmotnosti do obce.

4.1. STUDIE A (viz. příloha B.102) - ŘEŠENÁ VARIANTA

Nosnou konstrukci tvoří monolitická předpjatá dvoutrámová konstrukce o jednom poli. Trámy mají konstantní výšku 1,50m, šířka trámu u horních vláken je 1,70m, u dolních vláken 1,10m. Horní deska je tloušťky 0,30m. Most je tvořen prostým nosníkem s rozpětím pole 24,50m. Most je uložen dvoubodově na elastomerových ložiscích v osové vzdálenosti 4,50m. Trámy jsou vyztuženy podélnými předpínacími kabely.
Varianta je vhodná do rozpětí cca 35,00m a tím vyhovuje pro řešení daného mostu. Z hlediska pracnosti je jednoduše proveditelná.

4.2. STUDIE B (viz. příloha B.103)

Nosnou konstrukci tvoří monolitická náběhovaná deskotrámová konstrukce o jednom poli o rozpětí 24,50m. Trám má konstantní výšku 1,60m, šířka trámu je 4,00m a stěny jsou sešikmené v poměru asi 4:1. Přechází pak do horní desky proměnné tloušťky která má na konci 0,30m. Konstrukce je uložena dvoubodově s roztečí ložisek 2,50m. Trám je vyztužen podélnými předpínacími kabely.
Tato varianta je vhodná při konstantní tloušťce trámu pro rozpětí cca 25,00m, z tohoto důvodu byl tento návrh pro podrobný výpočet vyřazen. Z hlediska pracnosti je průřez nejjednodušší na provádění.

4.3. STUDIE C (viz. příloha B.104)

Nosnou konstrukci tvoří předem předpjaté prefabrikované VSTI nosníky, které jsou spřažené s železobetonovou deskou. Konstrukce je o jednom poli s rozpětím 24,50m. Nosníky mají výšku 1,20m, osová vzdálenost nosníků je 1,20m. Spřažená deska má tloušťku 0,20m. Konce nosné konstrukce jsou ztuženy koncovými příčníky o šířce 0,60m a výšce 1,60m, které jsou uloženy na elastomerových ložiscích.
Tato varianta je výhodná z hlediska rychlosti výstavby. Nevýhodou je doprava nosníků na místo stavby.

5. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MOSTU

5.1. SPODNÍ STAVBA

Spodní stavba je založena na původních pilotách o průměru 0,90m. Na jedné opěře bude použito 10 pilot uspořádaných ve 2 řadách s osovou vzdáleností 1,70m. Piloty jsou vetknuty do základového bloku o půdorysných rozměrech 7,80m x 6,50m, výška bloku je 0,70m. Krajní opěry jsou navrženy jako tížní opěrné zdi. Dříky opěr jsou tlusté 2,40m. Na krajních opěrách jsou vybetonována mostní křídla rovnoběžná s komunikací o délce 4,20m a tloušťce 0,70m. Dříky jsou vybetonovány z betonu C30/37 - XF2 a jsou proměnné výšky. Úložný práh je ve sklonu 4% směrem k odvodňovacímu kanálku, který spádem odvádí vodu z opěry. Na úložném prahu jsou vybetonovány závěrné zídky o tloušťce 0,5m a výšce 1,85m a nálitky 1x1m pro osazení ložisek.

5.2. NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosná konstrukce je tvořena jedním dodatečně předpjatým dvoutrámovým nosníkem o jednom poli. Průřez je po celé délce mostu konstantní. Výška průřezu je 1,50m a šířka nosné konstrukce je 8,50m. Horní deska je tloušťky 0,30m a k trámům je náběhovaná. Most je uložen bodově na trámech s roztečí 4,50m. Celá nosná konstrukce je z betonu C35/45 - XF2.
Podélný sklon konstrukce je konstantní vzestupný sklon 1,0% směrem k obci Halámky. Průřez je v oboustranném příčném sklonu 2,5%.
Hlavní předpínací kabely jsou situovány v trámech. Tvoří je osm 19-ti laných kabelů Y1860-S7-15,2-A. Napínání se děje z konce nosníku.
Betonářská výztuž je z materiálu B500B.

5.3. VOZOVKA

Skladba vozovkových vrstev:

Asfaltový koberec mastixový SMA-11	40 mm
Spojovací postřik z asfaltové emulze	
Asfaltový beton ACL-22+	40 mm
Spojovací postřik z asfaltové emulze	
Litý asfalt modifikovaný	35 mm
Asfaltové modifikované pásy	5 mm
Celkem	**120 mm**

Hydroizolaci nosné konstrukce tvoří asfaltové pásy. Vozovka je v oboustranném příčném sklonu 2,5% a v podélném sklonu 1,0%. Okraje nosné konstrukce tvoří betonové římsy.

5.4. ŘÍMSY

Římsy jsou monolitické s výškou 250mm z betonu C30/37 - XF2. Kraj římsy je zakončen obrubníkem ve sklonu 5:1 a výškou obruby 130mm. Délka říms je 800mm ve sklonu 4% směrem do vozovky.

5.5. LOŽISKA

Nosná konstrukce je uložena na každé straně na dvou elastomerových ložiscích. Ložiska jsou osmivrstvé a jejich rozměr je 400x600mm. Tloušťka jednotlivých vrstev je 12mm. Maximální únosnost jednoho ložiska je 5156 kN. Ložiska jsou osazena na podložiskové bloky 1000x1000x100. Mostní konstrukce bude dilatovat směrem k opěře č. 2. Ložisko vpravo je neposuvné, levé ložisko u opěry č. 2 je posuvné pouze v příčném směru. Ložisko vpravo u opěry č. 1 je posuvné pouze v příčném směru, ložisko vlevo je všesměrné.

5.6. ODVODNĚNÍ

Odvodnění povrchu mostu je zajištěno příčným oboustranným sklonem 2,5% a podélným konstantním sklonem 1,0% rostoucím směrem k obci Halámky. V blízkosti opěr jsou osazeny mostní odvodňovače 300x300 mm typ Morava od firmy VB Mosty, s.r.o. Voda je svedena trubkou DN150 podél opěry mimo spodní stavbu.

5.7. SVODIDLA A ZÁBRADLÍ

Most je osazen zábradelními svodidly po celé délce mostu se svislou výplní. Výška madla je 1,10m nad římsou.

6. STATICKÉ ŘEŠENÍ

Most je analyzován v programu Scia Engineer 2012.0. Bylo vytvořeno několik 3D modelů pro získání vnitřních sil na konstrukci, zvlášť pro podélný a příčný směr. Posouzení bylo provedeno ručně s pomocí programu Excel. Konstrukce byla posouzena na mezní stavy dle EUROKÓDŮ.

Statické řešení viz příloha B.4 Statický výpočet

7. VÝSTAVBA MOSTU

7.1. TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

Betonování konstrukce bude prováděno betonáží na pevné skruži a bude probíhat v jedné fázi.

7.2. POSTUPY PŘÍPRAVNÝCH PRACÍ

Práce, které nespadají do mostního objektu

-příprava území a skrytí ornice ve vrstvě 0,3m
-zřízení provizorní objížďky
-demolice stávající konstrukce

7.3. POSTUPY VÝSTAVBY MOSTNÍHO OBJEKTU

-propojení stávajících pilot se základovými pasy pro mostní opěry a jejich následná betonáž
-odvodnění a související úpravy
-bednění opěr a křídel a jejich následná betonáž
-zpětný zásyp
-montáž skruží a bednění nosné konstrukce
-montáž mostovky
-položení drenáže, dosypání a zhutnění prostoru za rubem opěr
-osazení mostního závěru a izolace na nosnou konstrukci a křídla
-betonáž říms a vybudování vozovky, těsnění spár
-připevnění svodidel a příslušenství
-dokončovací práce, úpravy terénů, revizní schodiště, úpravy pod mostem
-uvedení do provozu

3. ZÁVĚR

Byly navrženy 3 varianty přemostění řeky Lužnice u obce Halámky, z nichž byla vybrána varianta A - dvoutrámová nosná konstrukce. Konstrukce byla posouzena pro mezní stavy únosnosti a použitelnosti pro všechny návrhové situace dle Eurokódů. Výpočet vnitřních sil byl proveden v software Scia Engineer 2012.0, dimenzování a posudky byly spočítány ručně. Ve statickém výpočtu byla zanedbána časová analýza, vliv dotvarování a smršťování, zatížení teplotou, větrem a vodorovnými silami od dopravy. Součástí dokumentace je výkresová dokumentace v zadaném rozsahu a 3D vizualizace. Práce byla zaměřena především na statický výpočet nosné konstrukce.

V Brně dne 24. 5. 2013 ....
podpis

4. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

NORMY:

ČSN EN 1990: 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.
ČSN EN 73 6201: Projektování mostních objektů

LITERATURA A SKRIPTA:

NAVRÁTIL J. - Předpjaté betonové konstrukce
NEČAS R. - Betonové mosty I

INTERNET:

www.vsl.cz - VSL Předpínací systémy
www.freyssinet.cz - FREYSSINET CS, a.s. - elastomerové ložiska
www.vbmosty.cz - VB Mosty, s.r.o. - mostní odvodňovače

5. SEZNAM PŘÍLOH

B.1 POUŽITÉ PODKLADY A VARIANTY ŘEŠENÍ

01. Použité podklady	M1:100, M1:50	8A4
02. Studie A	M1:100, M1:40	6A4
03. Studie B	M1:100, M1:40	6A4
04. Studie C	M1:100, M1:40	6A4

B.2 PŘEHLEDNÉ A PODROBNÉ VÝKRESY

01. Přehledné výkresy - Situace	M1:100	10A4
02. Přehledné výkresy - Podélný řez	M1:50	16A4
03. Přehledné výkresy - Příčný řez	M1:40	8A4
04. Výkres předpínací výztuže	M1:25, M1:20	14A4
05. Výkres betonářské výztuže	M1:25	14A4

B.3 VIZUALIZACE 4A4

B.4 STATICKÝ VÝPOČET 60A4