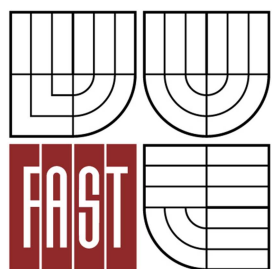




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

DESKOVÁ KONSTRUKCE V OBCI STARÉ MĚSTO

SLAB BRIDGE IN STARÉ MĚSTO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KAREL PEJČOCH

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN KOLÁČEK, Ph.D.

BRNO 2015



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	Karel Pejčoch
Název	Desková konstrukce v obci Staré Město
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Jan Koláček, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2014
Datum odevzdání bakalářské práce	29. 5. 2015
V Brně dne 30. 11. 2014	

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

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

Podklady a literatura

1. Příčný řez
2. Podélný řez
3. Geotechnické poměry

ČSN EN 1991-2 Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí - Obecná pravidla

ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí - Betonové mosty

Literatura doporučená vedoucím bakalářské práce.

Zásady pro vypracování

Zadání a cíle práce:

Z předběžného návrhu možných typů mostních konstrukcí preferujte předpjatou deskovou mostní konstrukci o jednom poli. V práci se zaměřte především na návrh betonové nosné konstrukce mostu. Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Požadované výstupy:

- Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic)
- Přílohy textové části:
 - P1) Použité podklady
 - P2) Statický výpočet
 - P3) Výkresová dokumentace
- 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).

.....

Ing. Jan Koláček, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je návrh mostní konstrukce přes řeku Krupá v obci Staré Město. Nosnou konstrukci tvoří předpjatá železobetonová deska o jednom poli. Statický výpočet byl proveden ve dvou verzích, které byly následně porovnány mezi sebou. Pro výpočet první verze byl použit software Scia Engineer a druhá verze byla zpracována ručně pomocí zjednodušené metody spolupůsobících šířek. Výpočty byly prováděny dle platných norem EN.

Klíčová slova

Deskový most, předpjatý beton, změny předpětí, mezní stav použitelnosti, mezní stav únosnosti

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to design of bridge construction over the river of Krupá located near the city of Staré Město. The load bearing system is composed from one prestressed concrete span. The structural design was made in two variants, which were compared between them. For calculations of first way was used the software of Scia Engineering and second way was calculated by simplified manual method of effective width. All calculations were performed according to actual standard EN.

Keywords

Slab bridge, prestressed concrete, changes in prestressing, serviceability limit state, ultimate limit state.

Bibliografická citace VŠKP

Karel Pejčoch *Desková konstrukce v obci Staré Město*. Brno, 2015. 21 s., 79 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Koláček, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 21.5.2015

.....
podpis autora
Karel Pejčoch

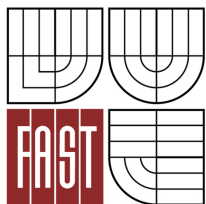
PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 21.5.2015

.....
podpis autora
Karel Pejčoch



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Jan Koláček, Ph.D.

Autor práce Karel Pejčoch

Škola Vysoké učení technické v Brně

Fakulta Stavební

Ústav Ústav betonových a zděných konstrukcí

Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby

Studijní program B3607 Stavební inženýrství

Název práce Desková konstrukce v obci Staré Město

Název práce v anglickém jazyce Slab bridge in Staré Město

Typ práce Bakalářská práce

Přidělovaný titul Bc.

Jazyk práce Čeština

Datový formát elektronické verze

Anotace práce Předmětem této bakalářské práce je návrh mostní konstrukce přes řeku Krupá v obci Staré Město. Nosnou konstrukci tvoří předpjatá železobetonová deska o jednom poli. Statický výpočet byl proveden ve dvou verzích, které byly následně porovnány mezi sebou. Pro výpočet první verze byl použit software Scia Engineer a druhá verze byla zpracována ručně pomocí zjednodušené metody spolupůsobících šířek. Výpočty byly prováděny dle platných norem EN.

Anotace práce v anglickém jazyce The aim of this bachelor thesis is to design of bridge construction over the river of Krupá located near the city of Staré Město. The load bearing system is composed from one prestressed concrete span. The structural design was made in two variants, which were compared between them. For calculations of first way was used the software of Scia Engineering and second way was calculated by simplified manual method of effective width. All calculations were performed according to actual standard EN.

Klíčová slova Silniční most, deskový most, předpjatá železobetonová konstrukce, konstrukce o jednom poli, změny předpětí, mezní stav použitelnosti, mezní stav únosnosti

**Klíčová slova v
anglickém
jazyce** Slab bridge, prestressed concrete, changes in prestressing, serviceability limit
state, ultimate limit state.

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Janu Koláčkovi Ph.D. za cenné rady a připomínky v průběhu zpracování mé práce.

Dále bych chtěl poděkovat mé rodině, za to že mi umožnili studovat a za podporu v mém dosavadním studiu.

Děkuji

Obsah

Úvod	12
Průvodní zpráva	
1. Identifikační údaje o mostu.....	13
2. Základní údaje o mostu.....	13
3. Umístění mostu.....	13
3.1. Charakter překážky a převáděné komunikace.....	13
3.2. Šířkové uspořádání.....	13
3.3. Územní podmínky.....	14
4. Technické řešení mostu.....	14
4.1. Hlavní nosná konstrukce.....	14
4.2. Spodní stavba.....	14
4.2.1. Opěry.....	14
4.2.2. Mostní křídla.....	14
4.2.3. Úložný práh.....	14
4.2.4. Závěrná zídka.....	15
4.2.5. Podložiskový blok.....	15
4.3. Vozovka.....	15
4.4. Ložiska.....	15
4.5. Zábradlí.....	15
4.6. Římsy (chodníky).....	15
4.7. Dilatační závěry.....	16
4.8. Odvodnění.....	16
5. Materiály.....	16
5.1. Beton.....	16
5.2. Ocel.....	17
5.3. Předpínací výztuž.....	17
5.4. Kabelové kanálky.....	17
5.5. Kotvení kabelů.....	17
6. Časový harmonogram výstavby.....	17
7. Ukládání výztuže.....	17
7.1. Betonářská výztuž.....	17
7.2. Předpínací výztuž.....	18
Závěr.....	19
Použitá literatura.....	20
Přílohy.....	21

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem předpjaté deskové mostní konstrukce o jednom poli přes řeku Krupou v obci Staré Město, která převádí pozemní komunikaci kategorie S 7,5. Při návrhu a následném posouzení jsem uvažoval délku rozpětí mostu 18,0 m (tj. bez přesahů 0,45 m za osou ložiska na každé straně konstrukce).

Zabýval jsem se rozbořem zatížení, návrhem a změnou předpětí, posouzením konstrukce na mezní stav únosnosti a použitelnosti.

Navrhl jsem jednu variantu, s kterou jsem následně pracoval v dalších fázích práce.

V místě projektu se nachází stávající železobetonový most, který už není v nejlepším technickém stavu. Alespoň podle vizuální prohlídky.

1. Identifikační údaje o mostu

Název mostu	Most přes řeku Krupou v obci Staré město
Obec	Staré Město
Kraj	Olomoucký
Investor	Staré Město
Správce mostu	Staré Město
Projektant	Karel Pejčoch
Úhel křížení	90°
Kategorie komunikace	S 7,5/50

2. Základní údaje o mostě

Délka přemostění	17,3 m
Délka mostu	25,905 m
Délka hlavní nosné konstrukce	18,9 m
Šikmost mostu	kolmá
Šířka vozovky mezi obrubníky	7,5 m
Stavební výška	0,85 m
Výška mostu	3,650 m
Šířka hlavní nosné konstrukce	10,0 m
Šířka mostu	10,6 m
Výška hlavní nosné konstrukce	0,75 m

3. Umístění mostu

3.1 Charakter překážky a převáděné komunikace

Typ překážky je řeka Krupá.

Převáděnou komunikaci jsem zvolil S7,5/50. Trasa na mostní konstrukci je v přímé jak ve směrovém, tak výškovém řešení. Příčný sklon komunikace je navržen střežovitý ve spádu 2,5%. Podélný sklon v ose komunikace je navržen jako minimální sklon 0,5% proti směru staničení.

3.2 Šířkové uspořádání na mostě

Z leva:	
Římsa	1550 mm
Zpevněná krajnice	500 mm
Vodící proužek	250 mm
Jízdní pruh 2x	3000 mm
Vodící proužek	250 mm
Zpevněná krajnice	500 mm
Římsa	1550 mm

3.3. Územní podmínky

Most se nachází v Obci Staré Město v zastavěné oblasti vedle železničního nádraží. Nadmořská výška mostu je 525 m.

4. Technické řešení mostu

4.1. Hlavní nosná konstrukce

Hlavní nosná konstrukce deskového mostu je tvořena v idealizovaném případě obdélníkovým konstantním průřezem po celé délce konstrukce. V reálném případě je spodní líc rovný, horní líc kopíruje spády vozovky a říms. Skládá se z jednoho pole. Deska je podepřená elastomerovými ložisky ELV 2 typ 3 na dvou protilehlých okrajích.

Maximální tloušťka nosné konstrukce zvolena 750 mm v podélném směru. Vypočteno z doporučených rozměrů deskových mostů $(1/12 - 1/32) \times L = 1,5 - 0,56$ m. Metodou vyrovnání ploch jsem zjistil průměrnou výšku 702,3 mm, kterou jsem kvůli zjednodušení při výpočtech zaokrouhlil na 700 mm.

Materiál hlavní nosné konstrukce jsem zvolil beton pevnostní třídy C35/45, třída prostředí XF3

4.2. Spodní stavba

Most je založen na betonových pilotách o průměru 900 mm. Na nichž leží základ o výšce 1200 mm, který podpírá masivní opěry z monolitického betonu s dilatovaným mostním křídlem. Obě opěry jsou v zářezu. Ovšem tyto prvky nebyly předmětem této bakalářské práce. Proto jsem se je snažil navrhnout pouze podle konstrukčních zásad.

4.2.1. Opěry

Spodní stavba tvořena masivními opěrami z betonu C 20/25 stupně prostředí XC2. Dřík opěry má tloušťku 1,15 m. Dřík opěry je vetknut do základového pasu, který má výšku 1,2 m. Piloty jsou navrženy o průměru 0,9 m a podélných osových vzdálenostech 2,0 m.

4.2.2. Mostní křídla

Mostní křídla jsou navržena jako dilatovaná. Křídla jakoby kopírují svým tvarem svah o sklonu 1:1,5. Hloubka zapuštění pod tento pomyslný svah je 0,8 m. Křídlo přesahuje přes vyústění svahu na vozovku o 0,75 m. Beton C 25/30 stupně prostředí XC2.

4.2.3. Úložný práh

Úložný práh je navržen v tloušťce 0,4 m. Horní sklon úložného prahu je 4% směrem k závěrné zdi. V nejnižším místě je zřízen žlab pro odvod vody. Úložný práh je z betonu třídy C 35/45 stupně prostředí XF2.

4.2.4. Závěrná zídka

Závěrná zídka je vetknuta do úložného prahu. Její výška je 1,0 m, tloušťka zídky je 0,3 m. Závěrná zídka je z betonu C 35/45 třídy prostředí XF2.

4.2.5. Podložiskový blok

Rozměry bloku vychází z rozměrů ložiska. Blok je rozšířen o 100 mm na každou stranu od líce ložiska. V podélném směru má délku 600 mm, v příčném směru 400 mm. Výška podložiskového bloku v podélném směru v ose je 100 mm. Blok je ze stejného betonu jako úložný práh.

4.3. Vozovka

Vozovka je umístěna přímo na horní povrch mostovky. Navržena byla jako netuhá vozovka. Na nosnou betonovou konstrukci bude proveden nástřik pečetící vrstvy o maximální tloušťce 1 mm. Následuje vrstva hydroizolace z natavovaných asfaltových izolačních pásů o maximální tloušťce 10 mm.

Další vrstva je ACL – asfaltový beton ložný, tloušťky 40mm.

Jako finální vrstva bude ACO – asfaltový beton obrušný, tloušťky 50 mm.

Celková tloušťka skladby vozovky je 100 mm.

4.4. Ložiska

Návrh ložisek nebyl předmětem bakalářské práce, konstrukčně jsem je navrhl jako vrstvené elastomerové ložiska ELV 2 typ 3 umožňující pohyb. Půdorysný rozměr 200x400mm, tloušťka 101mm. Výrobce: firma HELMOS (www.helmos.cz). Na každé straně konstrukce se nachází 10 ložisek v osových vzdálenostech 1,0 m. Krajní ložiska jsou uložena osově 0,5 m od boční strany opěry. Celkově tedy využívám 20 ložisek.

4.5. Zábradlí

Na mostní konstrukci je umístěno zábradlí po obou stranách říms. Je použito ocelové zábradlí o výšce 1100 mm nad úroveň chodníku se svislou výplní o maximální osově rozteči 120 mm.

4.6. Římsy

Římsy po obou stranách slouží jako chodníky pro pěší. Na každé římse se nachází jeden pruh pro pěší šíře 0,75 m a bezpečnostní odstup od vozovky 0,5 m. Římsy budou z prefabrikovaného betonu pevnosti C 35/45 XD3. Levá i pravá římsa jsou tloušťky 0,2 m. Jejich šířka je 1,55m. Jsou ve sklonu 2,5% směrem do vozovky ukončeny silničním obrubníkem. Každá římsa přesahuje nosnou konstrukci desky o 300 mm. Výška římsy na vnější straně je 600 mm. Na vnější straně je římsa opatřena okapnímnosem. Na římsách bude uchyceno mostní zábradlí šíře 0,1 m ve vzdálenosti 0,2 m od vnější hrany římsy.

4.7. Dilatační závěry

Dilatační závěr jsem konstrukčně navrhl MAURER typ D80. Podélný dilatační posun 0 až 80 mm, příčné pohyby ± 40 mm. Závěr je vyráběný firmou MAURER SÖHNE. www.maurer.eu

4.8. Odvodnění

Odvodnění v příčném směru je zajištěno pomocí střechovitého sklonu pozemní komunikace (2,5%). Podélné odvodnění je zajištěno podélným sklonem 0,5%. Odváděná voda je svedena do řeky.

5. Materiály

5.1. Beton

Pro návrh hlavní nosné mostní konstrukce byla zvolena pevnost betonu C 35/45 XF3

Úložný práh C 35/45 XF2

Závěrná zídka C 35/45 XF2

Křídlo C 25/30 XC2

Opěra C 20/25 XC2

Základ C 20/25 XC2

Římsy C 35/45 XD3

Charakteristické vlastnosti betonu třídy pevnosti C 35/45

$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$

$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$

$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$

$E_{cm} = 34 \text{ GPa}$

Návrhové hodnoty

$\alpha_{cc} = 0,9$

$\gamma_{cc} = 1,5$

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_{cc} = 21 \text{ MPa}$

5.2. Ocel

Betonářská výztuž zvolena B 500 B

Charakteristické hodnoty

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

Návrhové hodnoty

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 434,783 \text{ MPa}$$

5.3. Předpínací výztuž

Y 1860-S7-15,2-A, vícelanný systém VSL

Charakteristické hodnoty

$$f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$$

$$f_{p0,1,k} = 1600 \text{ MPa}$$

$$A_{p1} = 140 \text{ mm}^2$$

$$E_p = 195 \text{ GPa}$$

5.4. Kabelové kanálky

Trubky s žebry z vysokohodnotného polyetylenu HDPE, systém VSL PT''

5.5. Kotvení kabelů

Aktivní kotvy VSL typ E

6. Časový harmonogram výstavby

t_0 = 28 dní, předepnutí nosníku po vybetonování

t_g = 7 měsíců, zatížení svrškem mostu

t_q = 9 měsíců, uvedení mostu do provozu

t_{00} = 100 let, životnost konstrukce

7. Ukládání výztuže

7. 1. Betonářská výztuž

Podélná i příčná betonářská výztuž je navržena konstrukčně. Spodní i horní výztuž má průměr 12 mm. Horní výztuž kopíruje horní tvar hlavní nosné konstrukce. Spodní výztuž taktéž kopíruje tvar konstrukce, zde je ovšem konstrukce rovná. Podélná výztuž je osově vzdálená 166 mm od sebe, příčná 200 mm od sebe. Spodní podélná výztuž je z 50% dovedena do podpory, zbylých 50% je pomocí ohybů dovedeno k hornímu povrchu nosné konstrukce. Nutná přídatná výztuž kvůli mezi

únosnosti je dle rady vedoucího již zahrnuta v této konstrukční výztuži. Bylo totiž potřeba přidat menší množství výztuže, než je mnou navržená konstrukční výztuž.

7. 2. Předpínací výztuž

Vedení předpínací výztuže je zaručeno vodícími mřížkami, které jsou umístěny v hlavních bodech výškové změny kabelu a také tak, aby vzdálenosti mřížek nepřesahovaly 1,25 m.

Krytí předpínací výztuže je navrženo 60 mm.

Závěr

Úkolem této práce bylo navrhnout hlavní nosnou konstrukci deskového mostu. Zvolil jsem dodatečně předpjatou desku o jednom poli s prostým podepřením elastomerovými ložisky ELV 2 typ 3. Pro výpočet zatížení jsem využíval metody spolupůsobících šířek a deskového modelu v programu SCIA ENGINEER.

Při porovnání výsledků z obou metod bylo zjištěno malých nepřesností. Tyto odchylky byly u rozhodujících kombinací momentů maximálně v řádu jednotek procent. Co se týče posouvajících sil, tak ty už byly méně přesné. Výsledné rozhodující kombinace se lišily o hodnotu v rozmezí 4 - 6%.

Konstrukce vyhověla na všechny posudky, které jsem ji podrobil, a tím se prokázala správnost navrženého předpětí. Posuzoval jsem konstrukci na mezní stavy použitelnosti a únosnosti. Prokázal jsem, že dle podmínky napětí v čase t_{∞} u časté kombinace, je splněna podmínka pro dekompresi.

V mezním stavu únosnosti jsem navrhnul malé množství betonářské výztuže, tak aby společně s předpjetím konstrukce bezpečně přenesla daný moment. V podélném a příčném směru jsem konstrukčně navrhl betonářskou výztuž, viz kapitola 7.1.1.

Desková konstrukce vyhověla na účinky posouvajících sil, a proto jsem spony navrhl pouze konstrukčně.

Musím říci, že toto téma je náročnější než jsem původně předpokládal. Při řešení bakalářské práce jsem se potýkal s mnohými problémy. Většinou odpověď na jeden problém vyvolala sérii dalších otázek, na které jsem se snažil najít odpověď. Průběžně jsem přepočítával různé části práce s tím, jak jsem pomalu pronikal do problematiky předpjatých konstrukcí. Byl to takový nekonečný koloběh přepočítávání a opravování statického výpočtu. Musím říci, že na zpracování této práce bylo potřeba široké spektrum teoretických, ale hlavně praktických znalostí od stavební mechaniky, železobetonu až po předpjatý beton. Ovšem předpjatý beton, nebo spíše mostní konstrukce mě fascinují a chtěl bych se jimi zabývat i v budoucnosti.

Použitá literatura:

- [1] ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [2] NEČAS, KOLÁČEK, PANÁČEK. *Betonové Mosty I: Zásady navrhování*. Brno 2014, 240 s, ISBN 978-80-214-4979-4
- [3] NAVRÁTIL. *Předpjaté betonové konstrukce*. Brno 2008, 186 s, ISBN 978-80-7204-561-7
- [4] ŠAFÁŘ, ČECH, BÁRTOVÁ. *BETONOVÉ MOSTY 2 Návrh předpjatého mostu podle Eurokódů*. Praha 2010, 241 s, ISBN 978-80-01-04433-9

Seznam příloh:**P1) Použité podklady**

- P 1.1. Podélný řez – stávající
- P 1.2. Příčný řez – stávající
- P 1.3. Předběžný návrh – podélný a příčný řez

P2) Statický výpočet

- P 2.1. Ruční statický výpočet
- P 2.2. Statický výpočet pomocí Scia Engineer

P3) Výkresová dokumentace

- P 3.1. Situace
- P 3.2. Podélný řez
- P 3.3. Příčný řez C'-C
- P 3.4. Příčný řez B-B'
- P 3.5. Výkres betonářské výztuže
- P 3.6. Výkres předpínací výztuže