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

PŘEDPJATÝ SILNIČNÍ MOST V OBCI BUDIŠOV NAD BUDIŠOVKOU

PRESTRESSED BRIDGE IN BUDIŠOV NAD BUDIŠOVKOU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — PETRA TOPINKOVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. JAN KOLÁČEK, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2016

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	Petra Topinková
Název	Předpjatý silniční most v obci Budišov nad Budišovkou
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Jan Koláček, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2015
Datum odevzdání bakalářské práce	27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

.....	.....
prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
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 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: na základě doporučení vedoucím práce

Zásady pro vypracování

Jako protinávrh vůči stávajícímu mostnímu objektu o jednom poli zpracujte dvě až tři studie mostu včetně jejich zhodnocení. Dále preferujte návrh monolitické konstrukce z předpjatého betonu. Dimenzování proveďte podle EN v rozsahu stanoveném vedoucím práce. Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:
Textová část (obsahuje 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 práce)
Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)
Popisný soubor závěrečné práce (1x)
Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

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).
3.

.....

Ing. Jan Koláček, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem hlavní nosné konstrukce betonového mostu o jednom poli přes řeku Budišovku. Délka konstrukce je 18,8m. Byly vypracovány tři studie a z nich vybrána jedna varianta pro další výpočet. Vybraná varianta, deska z předpjatého betonu, byla posouzena na mezní stavy podle platných evropských norem. Práce je doplněna vizualizací a přehlednými výkresy

Abstract

This paper proposes main load-bearing structure for simple span concrete bridge across Budišovka river. Length of the construction is 18.8m. Three studies have been proposed and one of those was chosen for further processing. Selected study, prestressed concrete slab, was evaluated for ultimate and serviceability limit state according to recent European standards. Paper also includes visualizations and drawings.

Klíčová slova

deskový most, silniční most, jedno pole, předpjatý beton, mezní stav únosnosti a použitelnosti, pohyblivé zatížení, betonová deska, šikmost

Keywords

slab bridge, road bridge, simple span, prestressed concrete, ultimate and serviceability limit state, moving load, concrete slab, skew

Bibliografická citace VŠKT

Petra Topinková: *Předpjatý silniční most v obci Budišov nad Budišovkou*. Brno, 2016. 12 s., 111 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 zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

.....

Petra Topinková

V Brně dne 26. května 2016

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu své bakalářské práce, Ing. Janu Koláčkovi, Ph.D., za zodpovězené otázky a poskytnutí materiálů.

Obsah

1 Úvod **2**

2 Průvodní zpráva **3**
2.1 Všeobecná část . . . 3
2.1.1 Identifikační údaje mostu . . . 3
2.1.2 Objekty stavby a vztah k území . . . 4
2.2 Stavební a technické řešení mostu . . . 5
2.2.1 Založení mostu a spodní stavba . . . 5
2.2.2 Nosná konstrukce . . . 5
2.2.3 Uložení mostu . . . 5
2.2.4 Vybavení a příslušenství . . . 5
2.2.5 Římsy . . . 6
2.2.6 Odvodnění . . . 6
2.2.7 Mostní závěr . . . 6
2.2.8 Zábradlí . . . 6
2.2.9 Revizní zařízení . . . 6
2.3 Výstavba . . . 6
2.3.1 Fáze výstavby . . . 6
2.3.2 Postup výstavby . . . 6
2.3.3 Závazné podmínky . . . 7
2.4 BOZP . . . 7
2.5 Statické řešení . . . 7

3 Závěr **8**

4 Seznam použitých zdrojů **9**

5 Seznam použitých symbolů **11**

6 Seznam příloh **12**

Kapitola 1

Úvod

Předmětem bakálářské práce bylo vypracovat protinávrh vůči stávajícímu mostu v obci Budišovka nad Budišovkou přes řeku Budišovku. Stávající konstrukce nevyhovuje z hlediska narušení statiky, dále byl zadán požadavek o zkapacitnění koryta řeky. Z tohoto důvodů je koryto rozšířeno ze 7 m na 13,5 m. Bylo zpracováno více variant konstrukce, včetně jejich zhodnocení viz. P1. Zpráva se týká vybrané varianty, jež byla určena jako nejvýhodnější.

Preferovaná a dále zpracovaná je varianta předpjaté monolitické deskové konstrukce. Jedná se o konstrukci o jednom poli s lichoběžníkovými konzolami pod chodníky při šikmém rozpětí 18 m. Práce je zaměřena především na statický výpočet nosné konstrukce. Statický výpočet je doplněn výkresy.

Kapitola 2

Průvodní zpráva

2.1 Všeobecná část

2.1.1 Identifikační údaje mostu

Stavba	Most přes řeku Budišovku v obci Budišiv nad Budišovkou
Objekt	Most přes řeku Budišovku
Název mostu	Most přes řeku Budišovku
Kraj	Moravskoslezský
Katastrální území	Budišov nad Budišovkou
Obec	Budišov nad Budišovkou
Okres	Opava
Objednavatel	Ředitelství silnic a dálnic ČR Čerčanská, 2023/12, Praha 4, PSČ 140 00
Investor	Ředitelství silnic a dálnic ČR Čerčanská, 2023/12, Praha 4, PSČ 140 00
Nadřízený orgán	Ministerstvo dopravy ČR nábř. L. Svobody, 1222/12, Praha 1, PSČ 110 15
Uvažovaný správce mostu	Správa a údržba silnice Opava
Projektant	Petra Topinková, Klášterec nad Ohří, 431 51
Pozemní komunikace	S7,5
Úhel křížení	85°
Volná výška pod mostem	$1,675m$ při $Q100$

Délka přemostění	$17,200m$
Délka mostu	$23,835m$
Délka nosné konsturkce	$18,800m$
Šikmost mostu	pravá
Volná šířka mostu	$7,5m$
Šířka průchozího prostoru	$1,25m$
Šířka mezi zvýšenými obrubami	$7,5m$
Šířka mostu	$10,64m$
Stavební výška mostu	$0,892m$
Plocha nosné konstrukce	$200,3m^2$
Zatížení mostu	skupina pozemních komunikací 1

2.1.2 Objekty stavby a vztah k území

Most převádí směrově nerozdělenou komunikaci III. třídy S7,5/50. Most se nachází v obci, proto je opatřen oboustranými chodníky o šířce 1,250 m. Niveleta klesá ve směru staničení pod sklonem 0,5 % tak, aby navazovala na stávající komunikaci a zároveň bylo možné stavbu odvodnit. V příčném směru má komunikace střechovitý sklon 2,5 %.

Šířkové uspořádání komunikace

Vodící proužek	$2 \cdot 0,25m$
Zpevněná krajnice	$2 \cdot 0,5m$
Pruh	$2 \cdot 3m$
Celkem	$7,5m$

Komunikace je oddělena od chodníků obrubami o výšce 150 mm. Průchozí prostor pro chodce je 1250 mm.

Územní podmínky

Stavba je umístěna v nadmořské výšce 516 m n. m. v obci Budišov nad Budišovkou. V okolí stavby se nachází rovinaté až pahorkovité území. Komunikace je vedena údolím.

Stavba nezasahuje do ochranného pásma. V okolí stavby se nenacházejí inženýrské sítě ani jiné objekty. Řešení neleží na hlavním tahu městem a stavba nepředstavuje problém při omezení provozu.

V blízkosti stavby se nachází jeden geotechnický vrt, který udává informace o skladbě. Podloží je převážně tvořeno nezpevněným sedimentem (hlína, štěrk, kameny). Podzemní voda je uvažována ve výšce toku a je třeba navrhnout vhodná protivodní opatření.

2.2 Stavební a technické řešení mostu

2.2.1 Založení mostu a spodní stavba

Hlavní nosná konstrukce je uložená na gravitačních opěrách z betonu C30/37 pro XF2, XD2. Základ i dřík opěry je z prostého betonu. Úložný práh má výšku 540 mm a šířku 1300 mm. Je skloněný směrem ke korytu řeky pod 4% kvůli odvodnění. Úložný práh je železobetonový stejně jako závěrná zídka vysoká 965 mm a široká 360 mm. Křídla jsou také železobetonová, z betonu C25/30 pro XF2, XD2, zavěšená a rovnoběžná s komunikací. Založení je navrženo jako plošné, z betonu C30/37 pro XC2, XA1. Pod základy je podkladní beton tloušťky 100 mm. Přechodová oblast je řešena štěrkovým klínem frakce 0-32 zhutněným na 100 % dle Proctor standart. Spodní stavba je chráněna dvojicí geotextílií a PVC fólií. Také zatékání vody pod základ je zamezeno těsnící clonou z PVC. Odvodnění je zabezpečeno drenážním žebrem a perforovanou trubkou DN200.

2.2.2 Nosná konstrukce

Hlavní nosná konstrukce je tvořena monolitickou betonovou šikmou deskou o jednom poli. Deska je pro úsporu betonu pod chodníky tvořena lichoběžníkovými konzolami. Aby bylo možné navrhnout nižší výšku konstrukce, je deska ve střední části dodatečně předepnuta. Konzoly jsou vyztužené betonářskou výztuží. Průměrná tloušťka desky je 720 mm, v ose odvodnění 680 mm, v ose mostu 768 mm a na krajích 350 mm. Šikmé rozpětí mostu je 18,000 m. Deska je vyrobena se skloněným horním povrchem, není tak třeba vyrovnávací vrstva.

Deska je vyrobena z betonu třídy C35/45, stupeň vlivu prostředí XD1, XF2 a je vyztužena ocelí B500B. Střední část je předepnuta 28 šestilanými kabely Y 1860 S7-15,7-A. Kotvení je provedeno z důvodu rozložení štěpných sil ve dvou řadách nad sebou. Použity jsou aktivní kotvy VSL typ GC 6-7.

2.2.3 Uložení mostu

Konstrukce mostu bude uložena na čtyři hrncová ložiska. Ložiska jsou navržena na sílu 2500 kN a jsou uložena na podložiskových blocích. Pro umožnění dilatace je na opěře 1 ložisko pevné a jednosměrně posuvné. Na opěře 2 ložisko jednosměrně posuvné a dvousměrně posuvné. Rozměry ložisek jsou dány výrobcem.

2.2.4 Vybavení a příslušenství

Skladba vozovky

Navržena je dvouvrstvá vozovka viz. tabulka.

ACO 11	$40mm$
SPOJOVACÍ POSTŘIK	$0,2kG/m^2$
ACP 16	$70mm$
PEČETÍCÍ VRSTVA + IZOLAČNÍ PÁSY	$10mm$
VOZOVKA CELKEM	$120mm$

2.2.5 Římsy

Římsa je provedena jako monolitická, z železobetonu C30/37 pro třídu prostředí XF4, XD3. Římsa je stejná na obou stranách. Směrem do vozovky má sklon 2,5 %. Spodní líc římsy, který přesahuje nosnou vozovku, je opatřen okapovým nosem a je pod sklonem 4 %. Římsa je široká 1,550 m.

2.2.6 Odvodnění

Odvodnění je zajištěno příčným střechovitým sklonem 2,5 % k odvodňovacím proužkům a podélným sklonem 0,5 % k odvodňovači. Voda je vedena pastovou odvodňovací trubkou zapuštěnou v nosné konstrukci, která ústí přímo do vodního toku.

2.2.7 Mostní závěr

Na obou koncích je zřízen elastický mostní závěr. Pro odvodnění vody hromadící se před závěrem je určen drenážní kanálek (perforovaná trubka).

2.2.8 Zábradlí

Pro ochranu chodců je navrženo ocelové zábradlí o výšce 1100 mm se svislými výplňovými pruty o vzdálenosti 115 mm. Sloupky jsou od sebe vzdáleny 2000 mm a jsou kotveny přes patní desku čtyřmi šrouby.

2.2.9 Revizní zařízení

Na obou stranách břehu je zřízeno schodiště k reviznímu chodníku. Šířka chodníku mezi opěrou a korytem řeky je 900 mm.

2.3 Výstavba

2.3.1 Fáze výstavby

Doba ošetření: t_s= 7 dní
Čas předpětí: t_0= 28 dní
Doba ošetření: t_{g0}= 190 dní
Doba ošetření: t_q= 365 dní
Životnost: t_∞= 36525 dní

2.3.2 Postup výstavby

1. Demolice stávající konstrukce
2. Terénní úpravy a zemní práce
3. Betonáž spodní stavby
4. Zásyp přechodové vrsty a zhutnění zásypu

5. Montáž pevné skruže
6. Vázání výztuže
7. Betonování nosné konstrukce
8. Předepnutí konstrukce a zabetonování kotev
9. Betonáž závěrné zdi
10. Usazení na ložiska a odstranění skruže
11. Zasypání zbytku konstrukce
12. Povrchové úpravy, osazení závěru, osazení izolace
13. Vybetonování říms, pokládání vozovky, těsnění spár
14. Osazení příslušenství
15. Dokončovací práce
16. Uvedení do provozu

2.3.3 Závazné podmínky

Stavební práce budou provedeny dle projektové dokumentace a platných předpisů a norem. Směrové a výškové odchylky nesmí přesahovat přípustné meze.

2.4 BOZP

Je nutné dodržet všechny platné předpisy bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

2.5 Statické řešení

Výpočet vnitřních sil byl zjišťován v programu Scia Engeneer na 3D deskovém modelu uloženém na bodových podporách. Pro výpočet byla deska idealizovaná, tzn. horní povrch byl zarovnán a výška zprůměrována na 720 mm. Roznos zatížení byl proveden na střednici desky. Předpětí je určeno ručně včetně krátkodobých a dlouhodobých ztrát. Dále je konstrukce posouzena na MSÚ i MSP. Podrobněji je model popsán v příloze P3.

Kapitola 3

Závěr

Statický výpočet nosné konstrukce přes řeku Budišovku byl vypracován podle platných evropských norem a v rozsahu stanoveném vedoucím práce. Bylo uvažováno poze hlavní svislé zatížení. Vnitřní síly byly stanoveny v programu Scia Engineer a také ověřeny ručně. Výstupy jsou přehledně zpracovány v příloze P3. V hlavním podélném směru byla navržena a posouzena předpínací výztuž, včetně krátkodobých i dlouhodobých ztrát. Dále bylo třeba navrhnout a posoudit betonářskou výztuž v podélném směru na zbytkový ohybový moment, také v místě ložisek, kde vznikly velké smykové síly a v příčném směru v poli a nad podporou na ohybové momenty. Práce je doplněna přehlednými výkresy v příloze P2.

Kapitola 4

Seznam použitých zdrojů

Normy a předpisy:

- ČSN 73 6201. Projektování mostních objektů. Praha: ČNI, 2008.
- ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI, 2006.
- ČSN EN 1991-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou. Praha: ČNI, 2005.
- ČSN 73 6214. Navrhování betonových mostních konstrukcí.
- ČSN EN 1990 všetně změny A1: Zásady navrhování konstucký
- ČSN EN 1992-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - navrhování a konstrukční zásady. Praha: ČNI, 2007.

Odborné publikace:

- NEČAS, Radim, Jan KOLÁČEK a Josef PANÁČEK. BL12 - Betonové mosty I: zásady navrhování. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014. Studijní opory pro studijní programy s prezenční formou studia. ISBN 978-80-214-4979-4.

Katalogy a technické specifikace:

- VSL SYSTÉMY /CZ/, s.r.o. [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.vsl.cz/dodatecne-predpinani/2-kotvy/>
- FREYSSINET CS, a.s. [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/203-hrncova_mostni_loziska_tetron_cd>
- REKMA [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.rekma.net/index.php?id1=231\&m=228\&pg=_B_\&lg=cz>

Ostatní:

- Ředitelství silnic a dálnic [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://scitani2010.rsd.cz/pages/map/default.aspx>
- Český úřad zeměměřický a katastrální [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx>

- Česká geologická služba [online].[cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50\&y=517800\&x=1101800\&s=1>

Použitý software:

- AutoCAD 2016
- SCIA Engineer 15.3
- MS Office 2013
- Rhinoceros 5
- TeXstudio

Kapitola 5

Seznam použitých symbolů

Seznam je uveden přímo v příloze, ke které se vztahuje.

Kapitola 6

Seznam příloh

P PŘÍLOHY TEXTOVÉ ČÁSTI:

- **P1. Podklady, studie a vizualizace**
- **P2. Přehledné a podrobné výkresy zvoleného návrhu mostu**
- **P3. Statický výpočet**